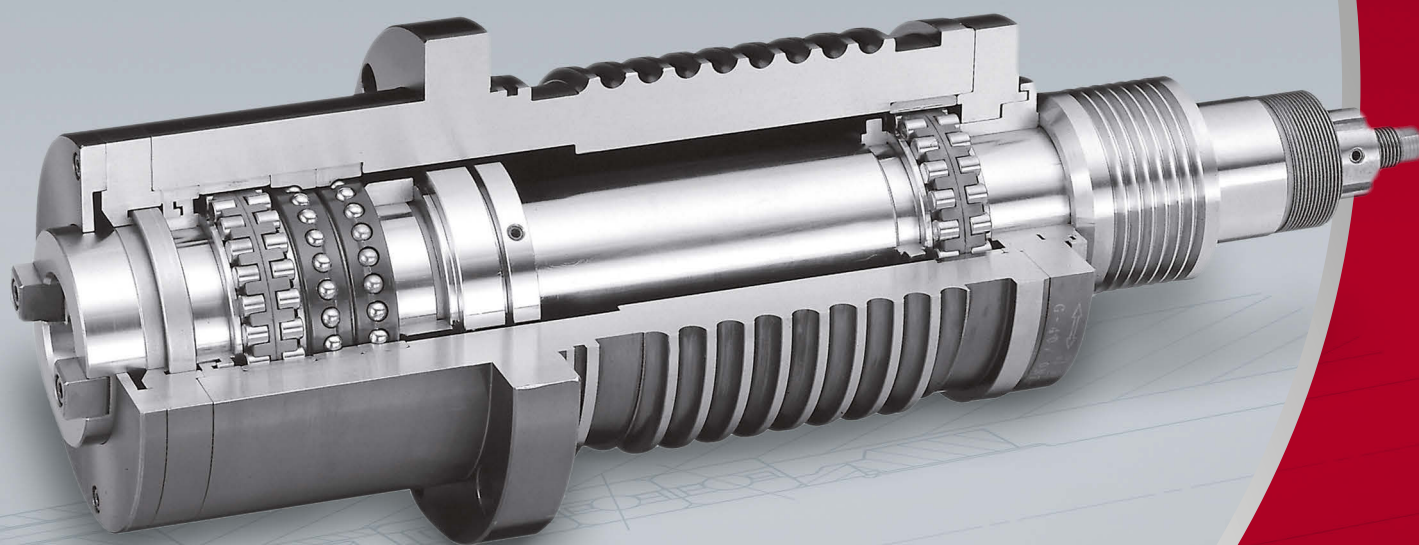


PRZEWODNIK DOBORU I MONTAŻU ŁOŻYSK WRZECION OBRABIAREK

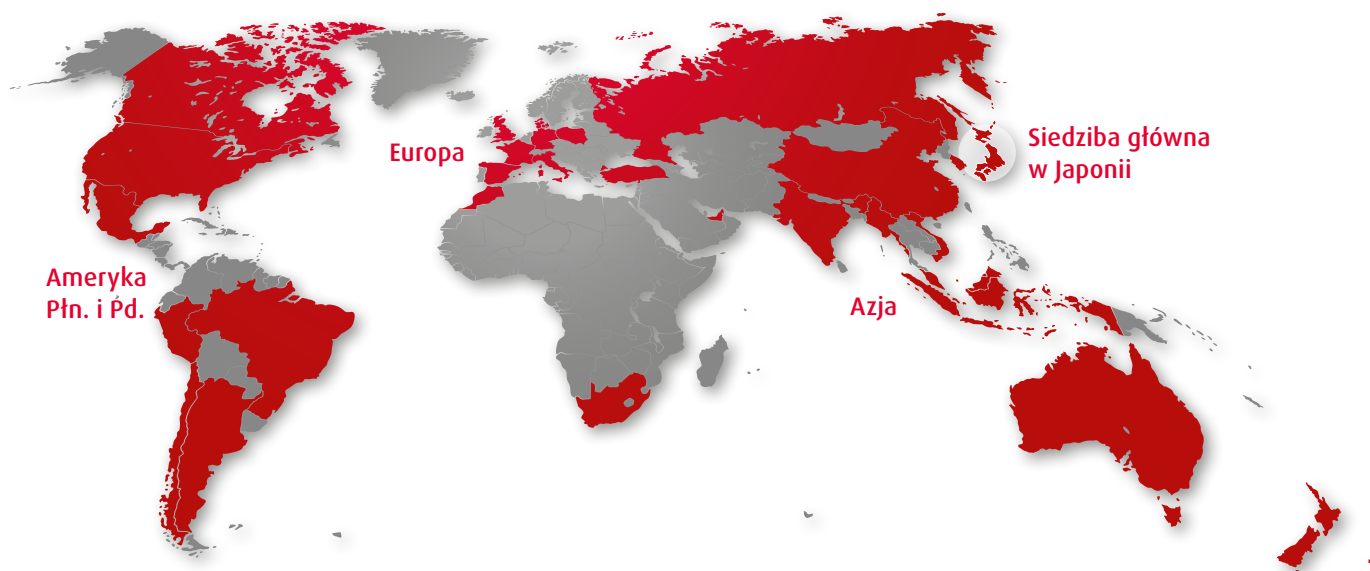


Spis treści

Wprowadzenie	4	Modernizacja	
Dobór łożysk		Przegląd.....	54
łożyska superprecyzyjne NSK – asortyment	6	łożyska Robust	56
Oznaczenie	9	› łożyska skośne	56
Oznaczenia identyfikacyjne	12	› łożyska walcowe.....	57
Kąt działania	14	Materiał łożysk	58
Układy uniwersalne.....	16	łożyska uszczelnione	59
Klasy dokładności	17	łożyska uszczelnione TAC	61
Napięcie wstępne – łożyska skośne.....	18	łożyska hybrydowe	63
Napięcie wstępne – łożyska walcowe	22	Koszyki TYN.....	64
Parowanie łożysk	24	łożyska TAC do konwersji.....	65
		Koszyki TB	66
Czynności przed montażem		Informacje uzupełniające	
Czyszczenie i mycie łożysk.....	26	Przewodnik po zamiennikach łożysk	68
Smarowanie.....	28	Uszkodzenia łożysk i środki zaradcze.....	70
Kontrola części.....	30	Diagnozowanie uszkodzeń.....	75
Montaż		Tabele konwersji napięcia wstępnego łożyska.....	78
Montaż łożysk na wale	32	› łożyska skośne standardowe.....	78
Momenty dokręcania nakrętki mocującej /		› łożyska serii Robust.....	82
Kontrola bicia wrzeciona	34	Tabela parowania wymiarów otworu i średnicy	
Montaż łożysk z otworem stożkowym.....	38	zewnątrznej	84
› Metoda obliczeniowa	38	Użyteczne wskazówki	87
› Metoda z użyciem sprawdzianu	42	Indeks	88
Standardowe konstrukcje wrzecion	44		
Podsumowanie konstrukcji wrzecion	45		
› Wrzeciona o dużej nośności	46		
› Wrzeciona średnio- i wysokoobrotowe.....	47		
Kontrola po montażu			
Kontrolę napięcia wstępnego	48		
Osiewanie i wyważanie	50		
Procedury docierania łożysk.....	51		
Diagnozowanie uszkodzeń.....	52		
› Przyczyny wysokiej temperatury	52		
› Przyczyny nadmiernego szumu łożysk	53		

Wprawianie przyszłości w ruch

Jesteśmy jednym z wiodących światowych producentów łożysk tocznych, produktów technologii liniowej oraz układów kierowniczych. Można nas znaleźć na prawie każdym kontynencie – w zakładach produkcyjnych, biurach sprzedaży i ośrodkach technologicznych – ponieważ nasi klienci doceniają krótkie kanały decyzyjne, sprawne dostawy i lokalne usługi.



Firma NSK

NSK rozpoczęła swoją działalność w 1916 r. jako pierwszy japoński producent łożysk tocznych. Od tamtego czasu stale rozbudowujemy i ulepszymy nie tylko gamę naszych produktów, lecz również zakres usług dla różnych sektorów przemysłu. Nasze ośrodki badawcze i produkcyjne na świecie są ze sobą powiązane w globalnej sieci technologicznej. Koncentrujemy się nie tylko na rozwoju nowych

technologii, ale również na nieustannej optymalizacji jakości – na każdym etapie procesów. Ponadto nasze działania badawcze obejmują m.in. projektowanie produktu, aplikacje symulacyjne z wykorzystaniem różnorodnych systemów analitycznych, a także opracowywanie nowych typów stali i środków smarnych dla naszych łożysk tocznych.

Znaki towarowe: Wszystkie nazwy produktów i usług NSK wymienione w tym katalogu są znakami towarowymi lub zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy NSK Ltd.

Nasz najważniejszy produkt: Zadowolenie naszych klientów

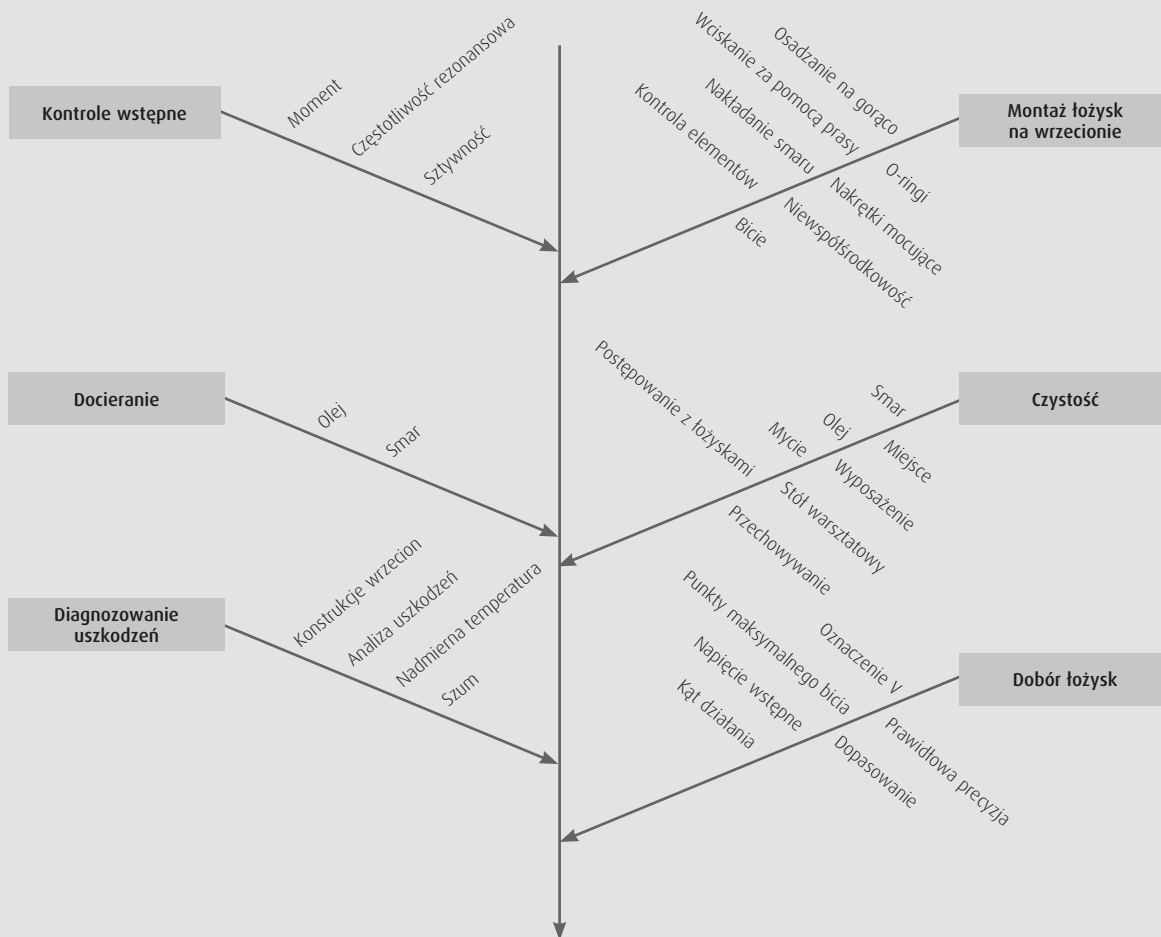
Motywuje nas jedno: chcemy pomóc w zwiększaniu niezawodności pojazdów i urządzeń, nie tylko dzięki znakomitym produktom, ale także znakomitym usługom. Nasi doświadczeni inżynierowie dokładnie rozumieją systemy – razem z Wami pracują nad optymalizacją produktów i procesów oraz opracowywaniem rozwiązań, które sprawdzą się w przyszłości. Celem, do którego codziennie dążymy, jest zapewnienie Waszej długookresowej konkurencyjności.

Więcej informacji o NSK na stronie: www.nskeurope.pl



Wprowadzenie

Sukces tworzenia wrzeciona zależy od zwrócenia uwagi na szczegóły przedstawione poniżej:



Łożyska precyzyjne do obrabiarek są bardzo dokładnie opracowanymi komponentami i jako takie w bardzo dużym stopniu odpowiadają za prawidłowe działanie obrabiarki. Sposób postępowania i montażu łożyska w obrabiarce nie tylko determinuje to, czy maszyna będzie pracowała w sposób precyzyjny, ale także wpłynie na trwałość łożyska we wrzecionie.

Niniejszy katalog ma być wszechstronnym przewodnikiem dla każdego, kto zajmuje się montażem łożysk w maszynie, niezależnie, czy wykonuje te czynności w ramach planowanych konserwacji, czy w reakcji na awarię. Treści zamieszczone w katalogu są uporządkowane w logiczny sposób, od doboru właściwego typu łożyska po istotność zachowania czystości przed rozpoczęciem montażu łożyska. W katalogu zamieszczono szczegółowe informacje dotyczące procedur montażu wraz z wieloma zdjęciami i rysunkami. Omówiono ponadto kontrole wstępne, docieranie oraz diagnozowanie uszkodzeń, aby umożliwić szybsze i dokładniejsze rozwiązywanie problemów z wrzecionami.

W kolejnej części, Modernizacja, wyjaśniono, w jaki sposób poprawić zarówno osiągi, jaki i, przede wszystkim, niezawodność wrzeciona. W prawie wszystkich przypadkach da się to osiągnąć wymieniając po prostu łożysko, bez żadnych zmian w konstrukcji wrzeciona.

W niektórych sekcjach zamieszczono użyteczne wskazówki. Wskazówki te oparte są na latach doświadczeń i będą szczególnie użyteczne dla osób, które dopiero rozpoczynają pracę w obszarze napraw wrzecion, zaś dla doświadczonych inżynierów będą okazją do odświeżenia posiadanej wiedzy.

Dobór łożysk

Łożyska superprecyzyjne NSK – asortyment

NSK oferuje szereg typów superprecyzyjnych łożysk, w szczególności serię łożysk ROBUST o dużej wytrzymałości, specjalną serię łożysk do rzadkich i wysoce specjalistycznych zastosowań oraz serię łożysk standardowych.



Seria standardowa

Łożyska kulkowe skośne o wysokiej precyzji NSKHPS

Podstawowe łożyska superprecyzyjne produkowane zgodnie z normą ISO.

- › Serie 70xx, 72xx, 79xx
- › Kąty działania: 15° (C), 25° (A5), 30° (A)
- › Typ koszyka: z żywicy fenolowej (TR) lub poliamidowy (TYN), wybór w zależności od zastosowania
- › Materiał kulek: stal, materiał ceramiczny (SN24)



Seria specjalna

Łożyska kulkowe skośne uszczelnione

Wstępnie napełnione smarem i uszczelnione dla zmniejszenia problemów z obsługą.

Odpowiednie do okresowej konserwacji wrzecion obrabiarek.

- › łożyska kulkowe skośne superprecyzyjne serii Standard
- › łożyska kulkowe skośne do bardzo wysokich prędkości serii ROBUST
- › Zakres rozmiaru otworu: $\varnothing 30$ –100 mm w seriach ISO 10 i 19 (70xx i 79xx)



Seria standard
i seria o dużej sztywności

Łożyska walcowe dwurzędowe

Zaprojektowane tak, aby zapewniać dużą sztywność w zastosowaniach z wysokimi prędkościami, takich jak wrzeciona tokarek.

- › Materiał koszyka: mosiądz (MB) i żywica PPS (TB)
- › Specyfikacja standardowa E44: otwory smarowe i rowek w pierścieniu zewnętrznym



Seria specjalna

Łożyska kulkowe skośne o wysokiej precyzji

Przeznaczone do silników elektrycznych o wysokich prędkościach i wysokiej precyzji.

- › Materiał koszyka: koszyki poliamidowy prowadzony na kulkach (T1X,TYA), koszyk z żywicy fenolowej prowadzony na pierścieniu wewnętrznym (T), wybór w zależności od zastosowania
- › Zapewnia cichą pracę i niski poziom drgań



Seria BSR

Łożyska kulkowe skośne o ultra wysokiej precyzji

Łożyska o wysokich parametrach, opracowane dla wrzecion szlifierek do otworów lub wysokoobrotowych silników elektrycznych, napinane wstępnie sprężyną.

- › Zakres rozmiaru otworu: $\varnothing 6 - 25$ mm, kąt działania łożyska: 15°
- › Materiał kulek: stal (typ S), materiał ceramiczny (typ H i X)
- › Typ nierozłączny
- › Układy uniwersalne (DU i SU)



Seria ROBUST: BAR i BTR

Łożyska kulkowe skośne wzdłużne do wysokich prędkości

Łożyska wzdłużne o wysokiej sztywności do tokarek

- › Kąt działania: 30° (BAR), 40° (BTR)
- › Materiał kulek: stal (typ S), materiał ceramiczny (typ H)



Seria ROBUST: BNR i BER

Łożyska kulkowe skośne do ultra wysokich prędkości

Łożyska o wysokiej wydajności opracowane do pracy z wysokimi prędkościami i niskim wroście temperatury. Przeznaczone do zastosowań z ultra wysoką precyzją obróbki i zastosowań z ultra wysokimi prędkościami pracy.

- › Kąt działania: 18° (BNR), 25° (BER)
- › Materiał kulek: stal (typ S), materiał ceramiczny (typ H i X)
- › Materiał koszyka: z żywicy fenolowej (T), poliamidowy (TYN), wybór w zależności od zastosowania
- › Łożyska serii ROBUST mogą być wykorzystywane w zastosowaniach wymagających ultra wysokich prędkości powyżej 3 milionów $d_{m,n}$



Łożyska ROBUST seria standardowa

Łożyska walcowe jednorzędowe do ultra wysokich prędkości

Łożyska walcowe o wysokiej wydajności, opracowane do zastosowań wymagających ultra wysokich prędkości, takich jak wrzeciona centrów obróbkowych.

- › Materiał koszyka: mosiądz (MR)⁽¹⁾, żywica PEEK (TP)
- › Materiał wałeczków: stal, SHX, materiał ceramiczny
- › Łożyska serii ROBUST RXH do ultra wysokich prędkości mogą być wykorzystywane aż do prędkości 3 milionów $d_{m,n}$

⁽¹⁾ Koszyk MR jest używany w łożyskach serii standardowej

Dobór łożysk

Łożyska superprecyzyjne NSK – asortyment



Seria ROBUSTSHOT

Łożyska kulkowe skośne o wysokiej precyzji – seria RobustShot

Bezpośrednie smarowanie olejowo-powietrzne w celu osiągnięcia najwyższych prędkości.

- › Bezpośrednie smarowanie olejowo-powietrzne poprzez otwór w pierścieniu zewnętrznym.
- › Kąt działania: 18° (BNR), 25° (BER)
- › Rowek smarowy z o-ringami na pierścieniu zewnętrznym
- › Łożyska hybrydowe – stalowe pierścienie, ceramiczne kulki



Łożyska specjalne do obrabiarek

Łożyska kulkowe skośne wzdłużne do podparcia śrub kulowych NSKHPS

Łożyska wzdłużne o dużej sztywności, skonstruowane specjalnie do podparcia śrub kulowych w obrabiarkach.

- › Kąt działania: 60°
- › Możliwość uniwersalnego parowania w zależności od wymaganej specyfikacji sztywności lub trwałości
- › Dostępne również wstępnie wypełnione specjalnym smarem
- › Dostępne z uszczelnieniem stykowym i smarem wodoodpornym



Łożyska specjalne do wtryskarek

Łożyska kulkowe skośne wzdłużne do podparcia mocno obciążanych śrub kulowych

Duża zdolność do przenoszenia obciążeń zapewnia pięciokrotnie większą oczekiwaną trwałość w porównaniu do łożysk kulkowych do podparcia śrub kulowych o podobnych wymiarach przeznaczonych do obrabiarek. Możliwe jest także zmniejszenie liczby rzędów.

- › Łatwiejsza obsługa w porównaniu do łożysk stożkowych lub łożysk barytkowych wzdłużnych, wynikająca z nierozłącznej konstrukcji
- › Optymalna konstrukcja łożyska kulkowego dająca w rezultacie niższy moment obrotowy
- › Możliwość uniwersalnego parowania w zależności od wymaganej specyfikacji sztywności lub trwałości



Seria BSN i BSF

Łożyska kulkowe wzdłużne do podparcia śrub kulowych BSBD NSKHPS

Konfiguracja dwurzędowa umożliwia przeniesienie przez łożyska dużych obciążeń osiowych w obu kierunkach.

- › Seria BSN bez kołnierza, seria BSF z kołnierzem
- › Dostępne także łożyska parowane
- › Stykowa uszczelka wargowa – zapewnia dobre uszczelnienie przy wysokich prędkościach

Dobór łożysk

Oznaczenie

łożyska kulkowe skośne

łożyska standardowe typ 72, 70 i 79

70 16 A5 TR V1V DU L P3

Typ łożyska

Kod otworu

Kąt działania

A = 30°
A5 = 25°
C = 15°

Materiał

Brak oznaczenia: stal łożyskowa (SUJ2)
SN24: kulki ceramiczne

Koszyk

TR: koszyk z żywicy fenolowej
TYN: koszyk poliamidowy

Uszczelnienie

Brak oznaczenia: typ otwarty
V1V: uszczelka gumowa bezstykowa

Konfiguracja montażowa

SU: układ uniwersalny (jednorzędowy)
DU: układ uniwersalny (dwurzędowy)
DB, DF, DT: układ podwójny
DBD, DFD, DTD, DUD: układ potrójny
DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: układ poczwórny

Napięcie wstępne

L: lekkie napięcie wstępne
M: średnie napięcie wstępne
H: duże napięcie wstępne
Gxx: napięcie wstępne w kG (G5 = 5 kG)
CPxx: średnie napięcie wstępne w mikronach (CP10 = 10 μm)
CAxx: średni luz osiowy w mikronach (CA15 = 15 μm)

Klasa dokładności

P4: klasa 4 ISO (ABEC7)
P3: wymiary – klasa 4 ISO
Dokładność obrotu – klasa 2 ISO
P2: klasa 2 ISO (ABEC9)

Seria ROBUST do zastosowań wymagających wysokich prędkości

80 BER 10 S T V1V SU EL P3

Średnica nominalna otworu

Typ łożyska

BNR: kąt działania 18°
BER: kąt działania 25°
BSR: kąt działania 15°

Seria wymiarowa

10: średnica otworu, średnica zewnętrzna i szerokość jak w serii 70
19: średnica otworu, średnica zewnętrzna i szerokość jak w serii 79

Materiał

S: kulka stalowa
H: kulka ceramiczna
X: pierścienie SHX, kulki ceramiczne

Koszyk

T: koszyk z żywicy fenolowej
TYN: koszyk poliamidowy
T42: koszyk z żywicy PEEK

Uszczelnienie

Brak oznaczenia: typ otwarty
V1V: uszczelka gumowa bezstykowa

Konfiguracja montażowa

SU: układ uniwersalny (jednorzędowy)
DU: układ uniwersalny (dwurzędowy)
DB, DF, DT: układ podwójny
DBD, DFD, DTD, DUD: układ potrójny
DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: układ poczwórny

Napięcie wstępne

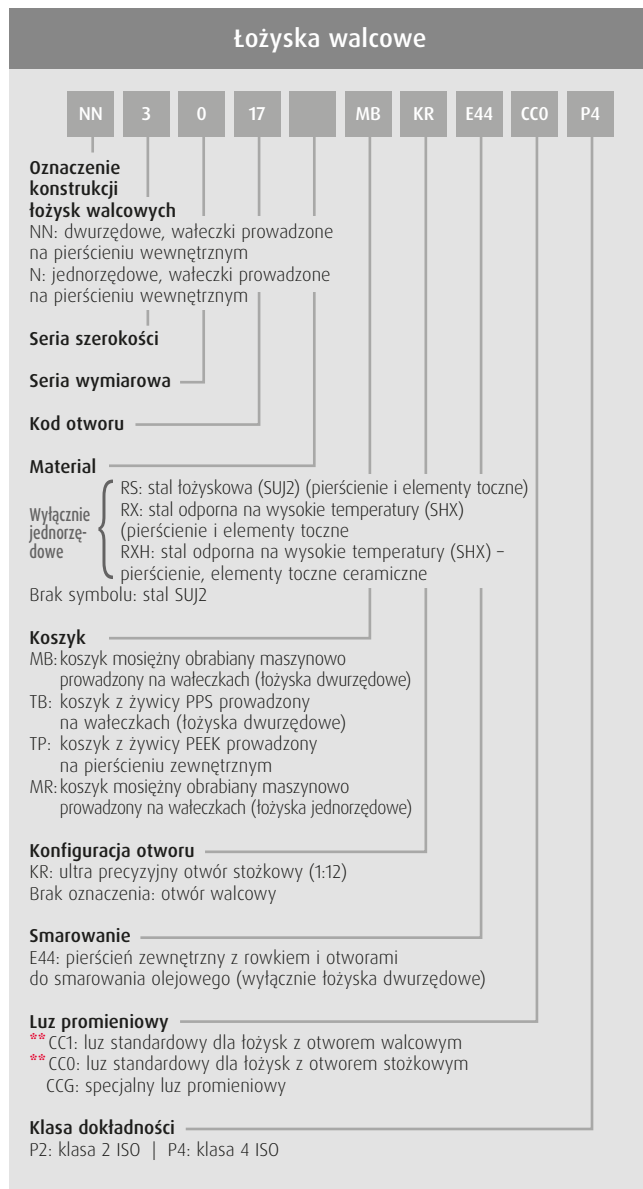
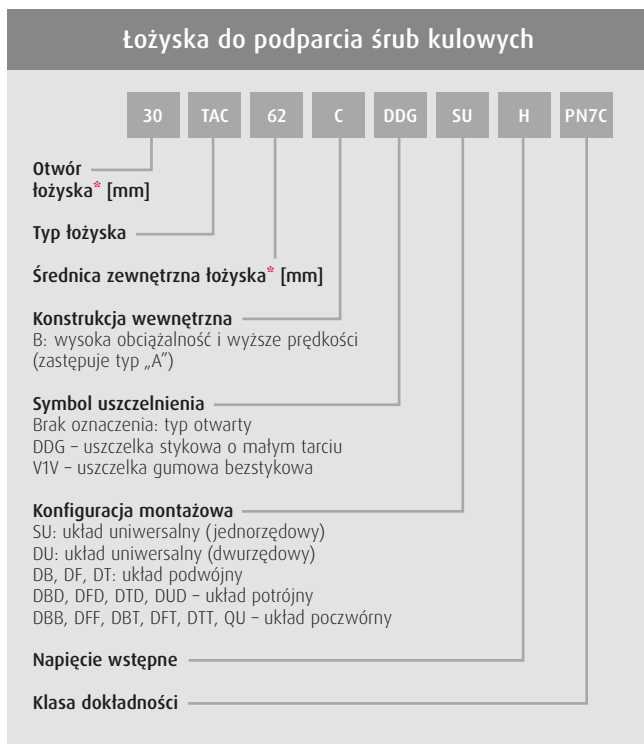
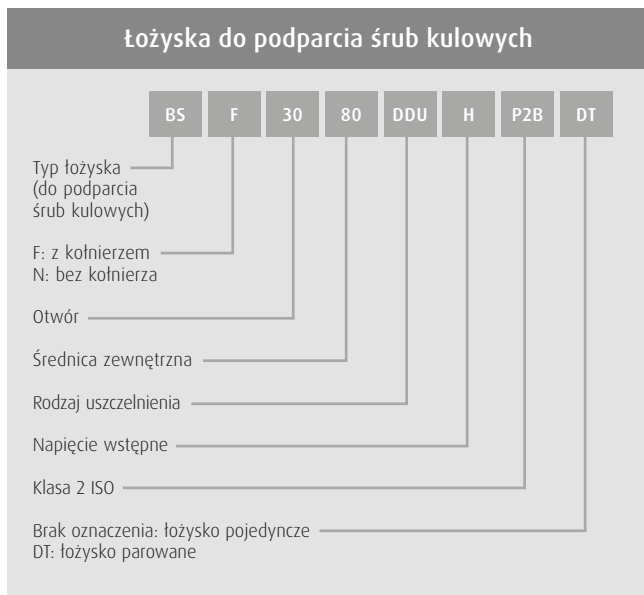
EL: ekstra lekkie napięcie wstępne
L: lekkie napięcie wstępne
Gxx: napięcie wstępne w kG (G5 = 5 kG)
CPxx: średnie napięcie wstępne w mikronach (CP10 = 10 μm)
CAxx: średni luz osiowy w mikronach (CA15 = 15 μm)

Klasa dokładności

P4: klasa 4 ISO (ABEC7)
P3: wymiary – klasa 4 ISO, dokładność obrotu – klasa 2 ISO
P2: klasa 2 ISO (ABEC9)

Dobór łożysk

Oznaczenie



* W przypadku łożysk o wymiarach calowych pominięto ułamkowe wartości wymiarów.

** **Luz CC0 (zalecany przez NSK):** zakres luzu CC0 mniejszy niż w przypadku CC1. Zakres ten pokrywa się z górnymi wartościami CC9 i dolnymi wartościami CC1. Ponieważ ten zakres luzu jest najłatwiejszy do osiągnięcia przez klientów, zakres ten jest zalecany do serii łożysk walcowych z otworem stożkowym.
Luz CC1: dopasowany zakres luzu większy niż CC0. Chociaż nie jest to luz standardowy, jest najpopularniejszy wśród klientów.

Seria RobustShot

80 BNR 10 H T E34D DB EL + P3 Y3

Przykład:

Średnica nominalna otworu — 80
 Typ łożyska — BNR
 Seria — 10
 Materiał — H
 Koszyk — T
 E34D — ROBUSTSHOT
 DB — konfiguracja
 EL — napięcie wstępne
 + — O-ringi
 P3 — klasa dokładności
 Y3 — napięcie wstępne

łożysko kulkowe skośne wzdłużne

100 BAR 10 S TYN DB L P4A

Średnica otworu łożyska [mm]

Typ łożyska
 BAR: kąt działania 30°
 BTR: kąt działania 40°

Seria wymiarowa
 10X: do układów z serią NN30XX

Materiał
 S: kulka stalowa | H: kulka ceramiczna

Koszyk
 TYN: koszyk poliamidowy

Układ
 DB: układ podwójny typu „0”

Napięcie wstępne
 L: standardowe napięcie wstępne
 EL: standardowe napięcie wstępne do pracy przy wysokich prędkościach
 CP: specjalne napięcie wstępne
 CA: specjalny luz osiowy

Klasa dokładności
 P4A: klasa 4 ISO, specjalna średnica zewnętrzna
 P2A: klasa 2 ISO, specjalna średnica zewnętrzna

100 TAC 20D PN7 +L C6

Średnica otworu łożyska [mm]

Typ łożyska
 Seria wymiarowa
 20D: typ wysokoobrotowy o zmiennej konstrukcji wewnętrznej

Klasa dokładności
 PN7: klasa 4 ISO, specjalna średnica zewnętrzna

Pierścień dystansowy (wewnętrzny)

Klasa napięcia wstępnego
 C6: standardowe napięcie wstępne do smarowania smarem
 C7: standardowe napięcie wstępne do smarowania olejem

Zakres rozmiarów TAC od 140 mm do 280 mm

Dobór łożysk

Oznaczenia identyfikacyjne

Łożyskom precyzyjnym NSK towarzyszą użyteczne informacje dla konstruktorów i montażystów. Na pudełku podawane są kody dat, numery seryjne oraz rzeczywista różnica wymiarów otworu, średnicy zewnętrznej i szerokości od wartości znamionowych. Informacje te umieszczone są także na łożysku, w związku z czym nawet w przypadku zgubienia pudełka, wszystkie istotne informacje są w dalszym ciągu dostępne.

Numer seryjny produktu

Każde łożysko marki NSK posiada unikatowy numer seryjny, który pozwala na pełne śledzenie produktu, ponieważ z numerem tym powiązane są dane z kontroli końcowej przechowywane w rejestrach NSK.

Różnice wymiarowe

Każde łożysko precyzyjne podlega 100 % kontroli i wszelkie wykryte różnice wymiarowe wskazywane są zarówno na pudełku, jak i na łożysku. Na pierścieniu zewnętrznym łożyska podawane są różnice wymiarów średnicy zewnętrznej pierścienia zewnętrznego i szerokości łożyska, zaś na pierścieniu wewnętrznym podawana jest różnica wymiaru otworu

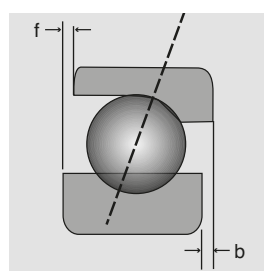
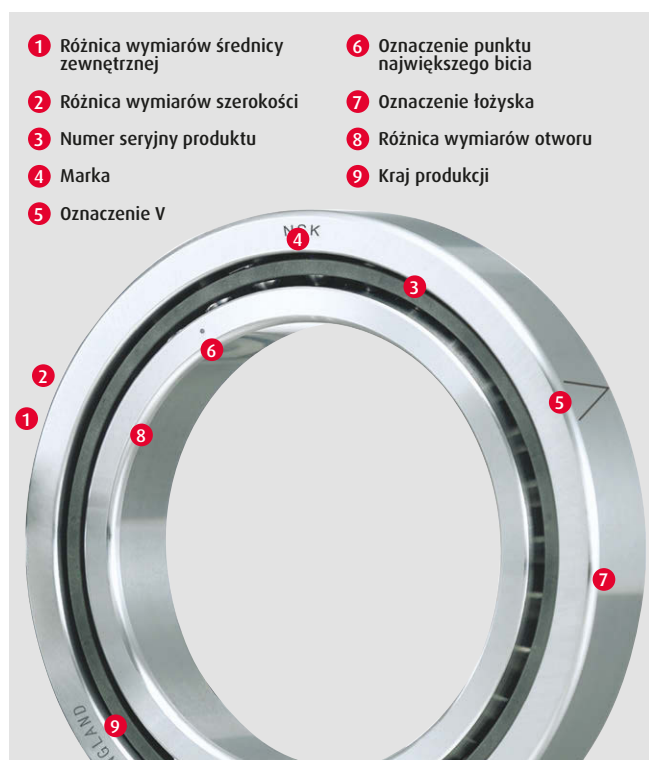
pierścienia wewnętrznego. Na stronie 13 przedstawiono przykładowe pudełko, na którym zaznaczono, że średnica otworu pierścienia wewnętrznego łożyska wynosi 25 mm – 1 mikron, tj. dokładny wymiar to 24,999 mm.*

Średnica pierścienia zewnętrznego to 47 mm – 3 mikrony, tj. dokładny wymiar to 46,997 mm.* Szerokość łożyska wynosi 12 mm – 57 mikronów, tj. dokładny wymiar to 11,943 mm.*

* Wymiary zewnętrzne łożyska podane w katalogu globalnym.

Wartości f i b

Wartość f odnosi się do przesunięcia czoła przedniego, zaś b do przesunięcia czoła tylnego. Wartości te to bezwzględne przesunięcie podane w mikronach i są podawane na etykiecie pudełka jako zaokrąglone do najbliższego pełnego mikrona.

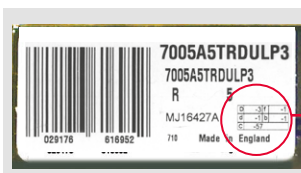
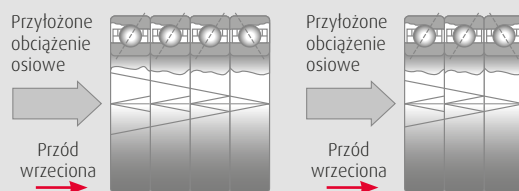
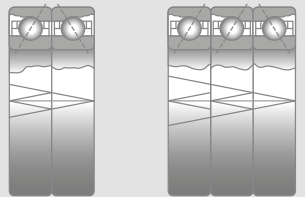


Linia V – łożyska pojedyncze

Pojedyncza linia V jest umieszczana na zewnętrznej średnicy pierścienia zewnętrznego. Zaznaczenie to służy do dwóch celów:

1. Położenie promieniowe wskazuje na punkt maksymalnej grubości pierścienia, tj. punkt największego bicia promieniowego.
2. Ostre zakończenie linii V wskazuje na czoło nieoporowe łożyska. Jest to szczególnie użyteczne w przypadku łożysk uszczelnionych, ponieważ po obu stronach łożyska stosowane są często uszczelki o takich samych rozmiarach, co utrudnia rozróżnienie czoła oporowego i nieoporowego.

Przykłady sparowanych łożysk z wykorzystaniem linii V:



- D: -3 = Średnica zewnętrzna pierścienia zewnętrznego
- d: -1 = Otwór pierścienia wewnętrznego
- C: -57 = Szerokość łożyska
- f: -1 = Przesunięcie czoła przedniego
- b: -1 = Przesunięcie czoła tylnego

Linia V – układy łożysk

Jeżeli łożyska są zamawiane w układach dopasowanych, linia V zaznaczona będzie na całym zestawie łożysk, jak również na pojedynczych łożyskach. łożyska używane w układach dopasowanych nie powinny być zamieniane miejscami w układzie. Kierunek ogólnej linii V wskazuje także kierunek obciążenia osiowego; jest to istotne w przypadku, gdy układ łożysk nie jest symetryczny, tak jak w pokazanym powyżej przykładzie.

Oznaczenie punktu największego bicia na pierścieniu wewnętrznym

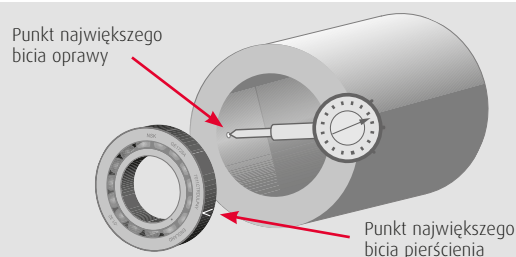
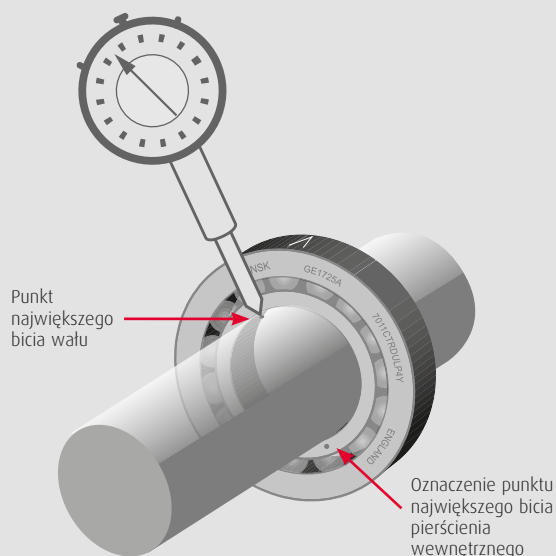
Znak „O” na czole pierścienia wewnętrznego wskazuje miejsce maksymalnej grubości pierścienia wewnętrznego, tj. maksymalnego bicia pierścienia (zob. poz. 6 na str. 12).

Jak używać oznaczeń punktów największego bicia

Optymalną dokładność obrotu uzyskuje się w przypadku zamontowania łożyska w taki sposób, aby punkty maksymalnego bicia pierścienia znalazły się dokładnie naprzeciwko (180°) punktów maksymalnego bicia oprawy i wału. W przypadku wału punkt maksymalnego bicia należy znaleźć za pomocą odpowiedniego czujnika zegarowego i zamontować łożysko tak, aby punkt maksymalnego bicia pierścienia wewnętrznego był przesunięty o 180°.

W przypadku montażu pierścienia zewnętrznego w oprawie, zamontować pierścień zewnętrzny tak, aby linia V była przesunięta o 180° w stosunku do punktu maksymalnego bicia oprawy. Jeżeli zmierzone bicie wału wynosi 2 µm, ustawienie pierścienia wewnętrznego w sposób pokazany powyżej pomoże zmniejszyć bicie do prawie zera. Bicie wału jest bardziej istotne niż bicie oprawy, które może być również trudniejsze do dokładnego zmierzenia.

Oznaczenie punktu największego bicia



1. Użyteczna wskazówka

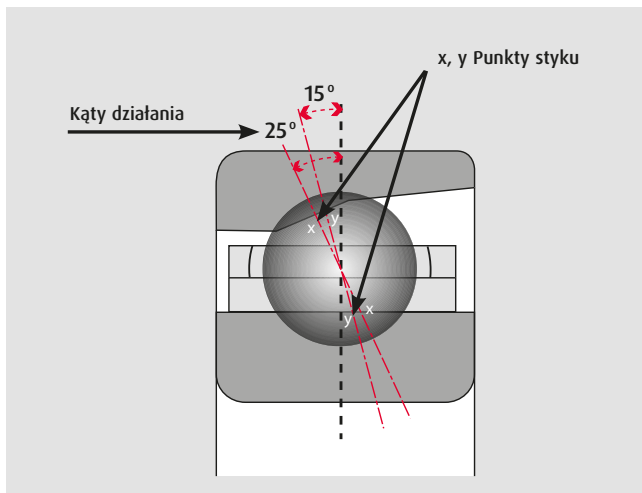
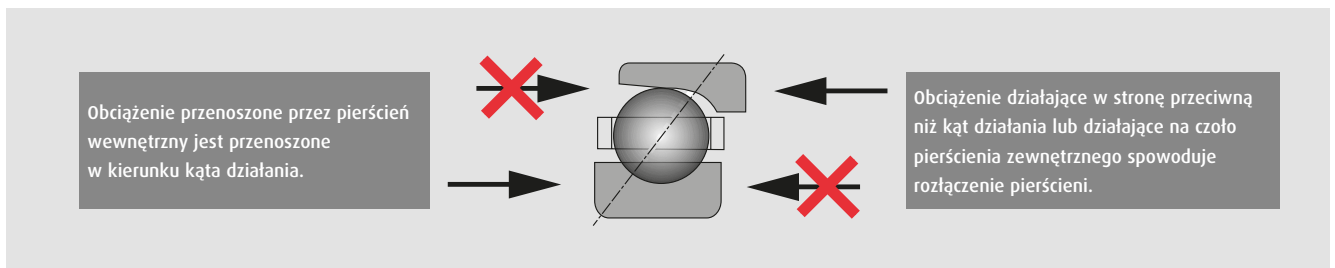
Jeżeli zmierzenie bicia wału i oprawy nie jest możliwe, zaleca się ustawienie punktów maksymalnego bicia łożyska tak, aby nie tworzyły jednej linii, dzięki czemu możliwe będzie uniknięcie przypadkowego zgrania punktów maksymalnego bicia łożyska i wału, co spowodowałoby zwiększenie całkowitego bicia układu.



Dobór łożysk

Kąt działania

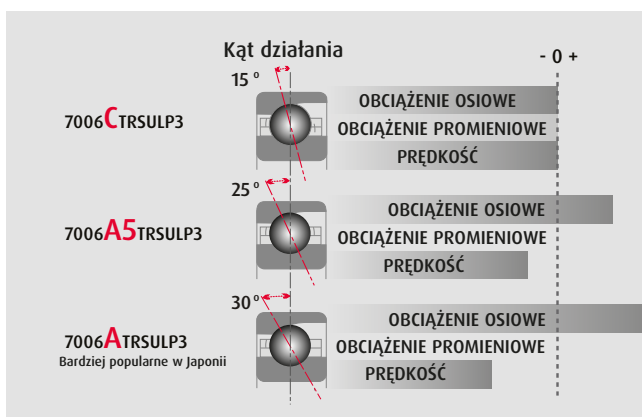
Fundamentalną cechą łożysk skośnych jest kąt działania. Łożyska te mogą przejmować obciążenia osiowe tylko w jednym kierunku, o ile nie są używane w układach (zob. układy uniwersalne).



Popularne kąty działania:

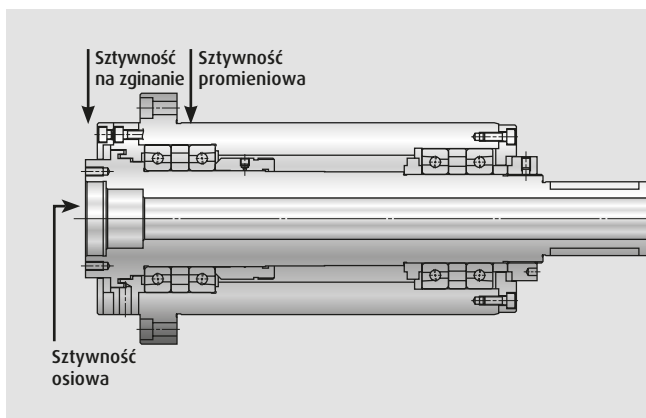
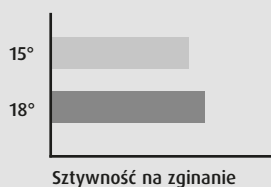
Standardowe łożyska precyzyjne	15°
	25°
Łożyska 'Robust' do wysokich prędkości	18°
	25°
Łożyska wzdłużne	30°
	40°
Łożyska do podparcia śrub kulowych	60°

Wraz ze wzrostem kąta działania, rośnie wartość przenieszonego obciążenia osiowego, ale spada prędkość i trwałość. Do zastosowań wymagających wysokich prędkości i przenoszenia obciążeń promieniowych nadają się lepiej łożyska skośne o małych kątach działania.



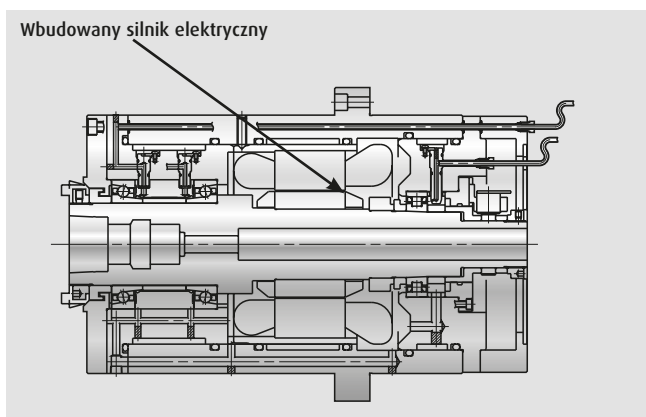
Wpływ kąta działania łożyska - łożyska standardowe

Do zastosowań wymagających wysokich prędkości, jako najmniejszy standardowy kąt działania, przyjęto 18°. Kąt ten przy wysokich prędkościach zapewnia większą sztywność na zginanie w porównaniu do kąta 15°. Kąt działania 18° zapewnia lepszą sztywność osiową niż kąt 15°, ale mniejszą sztywność promieniową. Jak jednakże widać na rysunku wrzeczona, większą rolę odgrywa sztywność na zginanie.



W przypadku wysokoobrotowych elektrowrzecion, wrzeciono może generować dużo więcej ciepła niż wrzeciono z napędem pasowym; może to spowodować zmniejszenie luzu wewnętrznego łożyska i, czasami, uszkodzenie łożyska przy wysokiej prędkości.

W przypadku takich zastosowań korzystniej jest wybrać kąt działania 25°, ponieważ w tym przypadku wewnętrzny luz promieniowy jest większy niż przy kącie działania 18° i pozwala na dużo łatwiejsze dostosowanie się do zmniejszenia luzu wewnętrznego na skutek rozszerzalności cieplnej materiału.



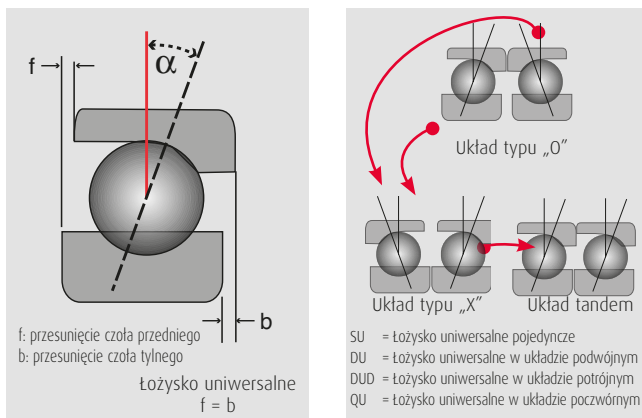
Przykłady kąta działania - łożyska wysokoobrotowe i wzdłużne

- 25BGR10STDUELP2 = 15° łożyska Robust do szlifierek wysokoobrotowych
- 30BNR10STDBELP = 18° łożyska Robust wysokoobrotowe
- 30BER10STDBELP3 = 25° łożyska Robust wysokoobrotowe
- 30BAR10STYNDBELP3 = 30° łożyska Robust wzdłużne
- 30BTR10STYNDBELP3 = 40° łożyska Robust wzdłużne
- 30TAC62BDFC9PN7A = 60° łożyska do podparcia śrub kulowych

Dobór łożysk

Układy uniwersalne

Termin „uniwersalne” oznacza, że łożyska mogą być zastosowane w dowolnym układzie: w tandemie, układzie „0” lub „X”.

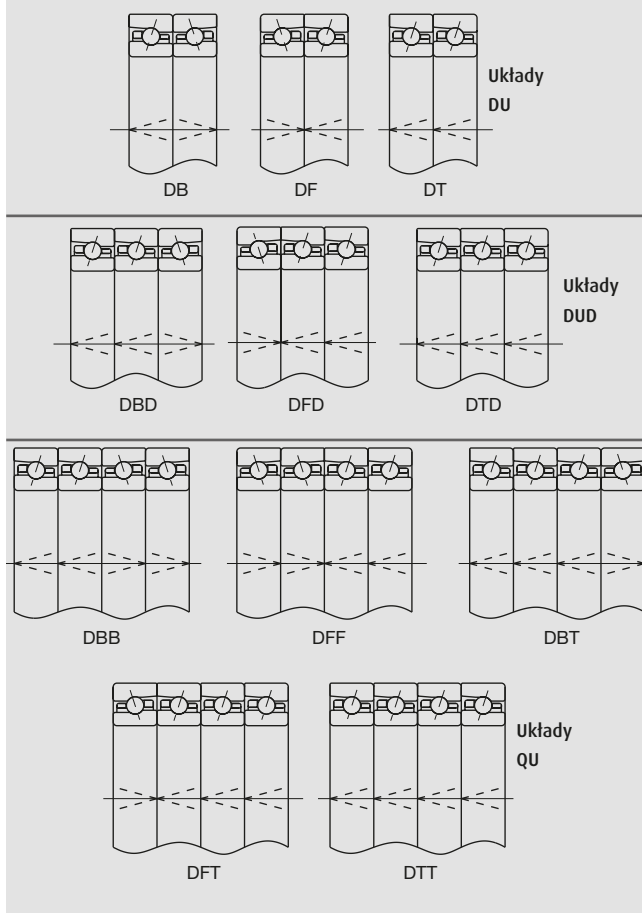


Napięcie wstępne uzyskuje się poprzez przesunięcie czoła tylnego pierścienia wewnętrznego i czoła przedniego pierścienia zewnętrznego, przy czym oba przesunięcia są dokładnie takie same, dzięki czemu łożysko uniwersalne może być stosowane w dowolnym układzie.

Układ typu „0” (DB).

Układ ten jest używany w większości zastosowań związanych z obrabiarkami. Napięcie wstępne osiągane jest dzięki „szczelinie” ($2 \times$ przesunięcie b) powstającej na skutek dociskania do siebie powierzchni czołowych pierścienia wewnętrznego przez nakrętkę na wale. Ten rodzaj układu jest szczególnie użyteczny w przypadkach, gdy występuje obciążenie momentem, ale dokładność oprawy musi być wysoka, aby zredukować niewspółosiowość.

Poniżej pokazano inne układy łożysk uniwersalnych:

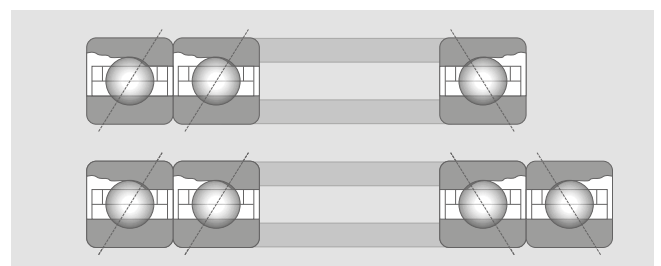


Układ typu „X” (DF)

Układ ten jest używany często w przypadku łożysk podpierających śruby kulowe. Napięcie wstępne osiągane jest dzięki „szczelinie” ($2 \times$ przesunięcie f) powstającej na skutek dociskania do siebie powierzchni czołowych pierścienia zewnętrznego przez pokrywę oprawy. Ten rodzaj układu jest szczególnie użyteczny w przypadkach, gdy niemożliwe jest zagwarantowanie dobrej współosiowości opraw. Może tak być w przypadku łożysk do podparcia śrub kulowych, ponieważ śruby kulowe mogą mieć często długość od 1 do 5 metrów.

Układ tandem (DT)

Układ ten musi być stosowany, gdy drugie łożysko lub zestaw łożysk wymaga ustawienia w odwrotnym kierunku w celu wytworzenia napięcia wstępnego (zob. rysunek). łożyska są konfigurowane w tym układzie, gdy istnieje konieczność uzyskania większej sztywności z uwagi na większe obciążenia osiowe wrzeciona.



Dobór łożysk

Klasy dokładności

Łożyska produkowane są w różnych klasach dokładności. Im mniejsza jest wartość P, tym mniejsza tolerancja i tym większa dokładność obrotu.

NSK	P5	P4	P3*	P2
British Standards Institution (BS 292)	EP5	EP7	-	EP9
Anti-Friction Bearing Manufacturers Association (AFBMA, norma 20)	ABEC5	ABEC7	-	ABEC9
International Standards Organisation (ISO 492)	Class 5	Class 4	-	Class 2
DIN (Deutsche Industrie Norm)	P5	P4	-	P2

* Dokładność obrotu P2, dokładność wymiarowa P4

Tabela przedstawia porównanie różnych norm dokładności. NSK stosuje system DIN, w którym P2 oznacza największą dokładność. Dodatkowo, NSK wprowadziła klasę P3 (taka sama dokładność wymiarowa jak w klasie P4, ale większa dokładność obrotów, taka jak w P2).

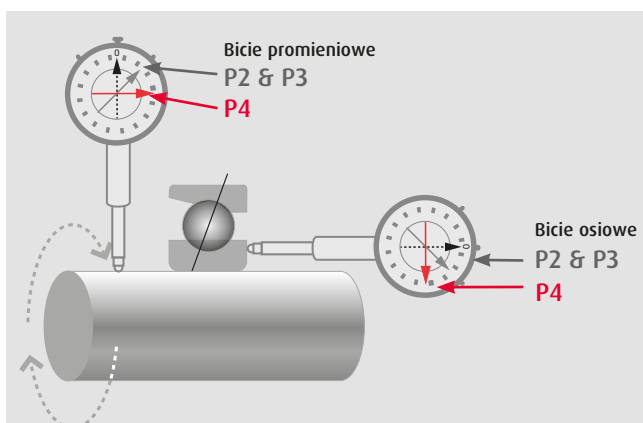
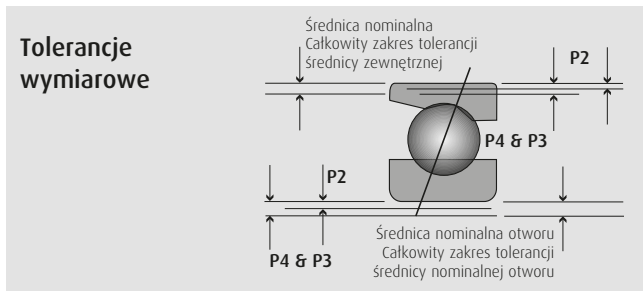
Wpływ tolerancji dokładności obrotu

Tolerancja P2 i P3 dla bicia promieniowego i osiowego oznacza najwyższą dokładność geometrii wewnętrznej; rezultatem jest najlepsza wartość bicia promieniowego i osiowego.

Mikronowa dokładność

Otwory, średnice zewnętrzne i szerokości wszystkich łożysk NSK wykonywane są z dokładnością do jednego mikrona. Oznacza to możliwość podania dokładnych wymiarów każdego łożyska.

Łożyska w układach są dopasowywane w zakresie 1/3 tolerancji ogólnej. Umożliwia to optymalne rozłożenie obciążenia po zamontowaniu łożysk na wale i w oprawie. Wartość tolerancji wymiarowej P2 wynosi zazwyczaj połowę wartości tolerancji P4 i jest w związku z tym czasami wykorzystywana do dopasowywania losowego, jednakże wiąże się z wyższą ceną łożyska.



Przykład:

Łożysko z prawej strony (7008CTYNSULP4) ma, na podstawie katalogu, następujące wymiary nominalne:

Średnica zewnętrzna = 68 mm
Różnica wymiarów wskazana na łożysku i pudełku = $-4 \mu\text{m}$
Stąd, dokładna średnica zewnętrzna = 67,996 mm

Średnica otworu = 40 mm
Różnica wymiarów wskazana na łożysku i pudełku = $-4 \mu\text{m}$
Stąd, dokładna średnica otworu = 39,996 mm

Szerokość = 15 mm
Różnica wymiarów wskazana na łożysku i pudełku = $-100 \mu\text{m}$
Stąd, dokładna szerokość = 14,900 mm



	Typowe tolerancje dla 7014 [μm]		
	P4	P3	P2
Otwór	0 do -7	0 do -7	0 do -4
Średnica zewnętrzna	0 do -8	0 do -8	0 do -5
Szerokość	0 do -150	0 do -150	0 do -150
Bicie promieniowe	0 do 4	0 do 2,5	0 do 2,5
Bicie osiowe	0 do 5	0 do 2,5	0 do 2,5

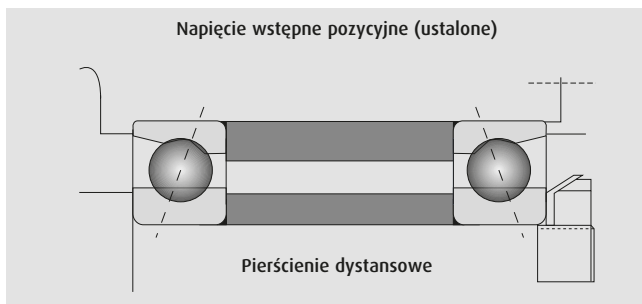
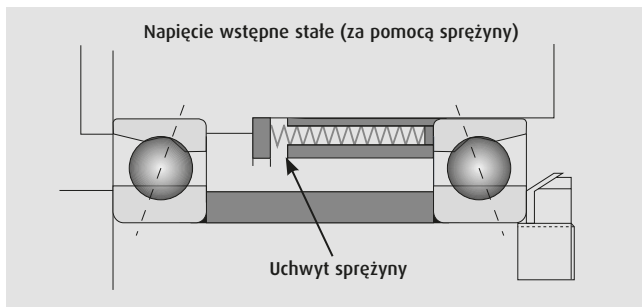
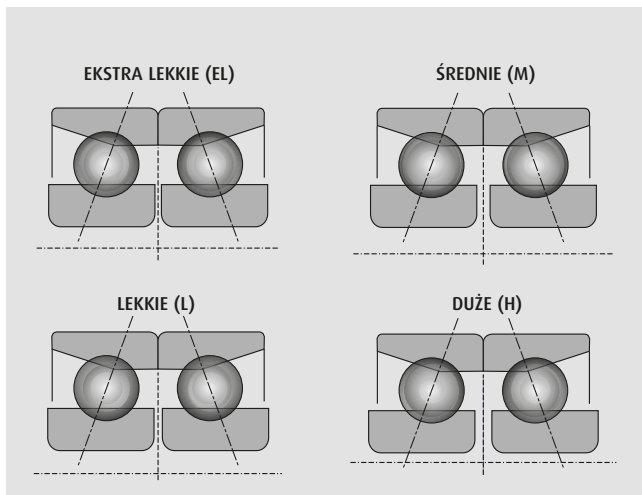
2. Użyteczna wskazówka

Zastosowanie klas dokładności P3 jest mniej kosztowne niż klas P2. Przy jednomikronowej dokładności możliwe jest dobranie właściwych łożysk dopasowanych w zestawy. Dokładność obrotu dla klasy P3 jest taka sama jak dla klasy P2.

Dobór łożysk

Napięcie wstępne – Łożyska skośne

Napięcie wstępne pomiędzy łożyskami skośnymi osiąga się poprzez dociskanie do siebie pary lub kilku łożysk.



NSK oferuje układy łożysk w 4 standardowych poziomach napięcia wstępnego, przedstawionych po lewej.

Daje to większą elastyczność podczas konstruowania maszyn i, co ważniejsze, podczas wymiany łożysk innych marek.

Wszystkie łożyska skośne muszą pracować z napięciem wstępnym ze względu na:

- › eliminację luzu promieniowego i osiowego
- › zwiększoną sztywność
- › zmniejszone bicie i zwiększoną dokładność
- › zapobieganie ślizganiu się kulek przy wysokich prędkościach

Istnieją dwie metody generowania napięcia wstępnego:

1) Napięcie wstępne stałe (za pomocą sprężyny)

Ten rodzaj napinania wstępnego jest wykorzystywany w szlifierkach lub wysokoobrotowych obrabiarkach. Wszystkie prędkości podane w katalogu odnoszą się do tego rodzaju napięcia wstępnego. Napięcie wstępne tego rodzaju jest uzyskiwane dzięki zastosowaniu sprężyn zwojowych lub talerzowych. W układzie, nawet jeżeli względne położenie łożysk zmienia się podczas pracy, wielkość napięcia wstępnego pozostaje względnie stała.

2) Napięcie wstępne pozycyjne (ustalone)

Jest to najpopularniejszy sposób generowania napięcia wstępnego z wykorzystaniem lub bez pierścieni dystansowych. Główną zaletą jest w tym wypadku dużo większa sztywność układu, jednakże prędkość podaną w katalogu należy przeliczyć odpowiednio do wielkości napięcia wstępnego oraz liczby łożysk w układzie.

Wspomniane informacje podano w katalogu łożysk superprecyzyjnych NSK i zamieszczono poniżej wyłącznie w celach informacyjnych.

Tabela współczynników prędkości

NSK oferuje najwięcej dostępnych poziomów standardowego napięcia wstępnego:

EL = Ekstra lekkie – najwyższa prędkość, najmniejsza sztywność

L = Lekkie – nieco większa sztywność

M = Średnie – niższa prędkość, dobra sztywność

H = Duże – największa sztywność, najniższa prędkość

	Układ		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

Specjalne napięcie wstępne i specjalny luz osiowy

Gxx = specjalne napięcie wstępne

(xx oznacza średnie napięcie wstępne w kG)

CPxx = specjalne napięcie wstępne

(xx oznacza średnią szerokość szczeliny napięcia wstępne w μm)

CAXx = luz specjalny (xx oznacza zmierzony luz osiowy w μm)

Na żądanie dostępne są specjalne napięcia wstępne.

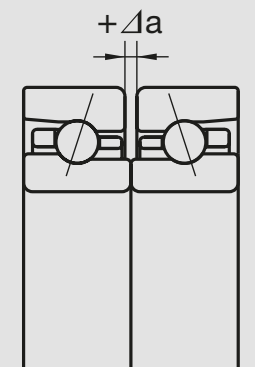
W niektórych przypadkach są one oznaczane jako Gxx, gdzie xx oznacza siłę napięcia wstępnego, tj. G5 = 5 kG.

Dotyczy to głównie wybranych specjalnych łożysk do podparcia śrub kulowych. Możliwe jest też podawanie szczeliny osiowej dla napięcia wstępnego, tj. CP10 = szczelina 10 μm .

Luz osiowy

Luz osiowy oznacza brak napięcia wstępnego. Konfiguracja tego rodzaju jest często stosowana tam, gdzie prędkości są wysokie, a pierścień wewnętrzny łożyska jest pasowany dużo ciasniej niż normalnie, i ma zapobiec utracie pasowania pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i wałem na skutek rozszerzania się pierścienia wewnętrznego spowodowanego ruchem obrotowym. W przypadku montażu łożyska z ciasniejszym pasowaniem rozszerzenie się promieniowe łożyska spowodowane montażem zwiększa napięcie wstępne do normalnego poziomu. Jeżeli zastosowanie wymaga luzu specjalnego CAXx, nie można go zastąpić standardowym napięciem wstępnym E, EL, M lub H bez zmiany prędkości, ponieważ doprowadzi to do przedwczesnego zatarcia.

Luz osiowy (CA)



Wpływ napięcia wstępnego na pracę łożyska

Wielkość napięcia wstępne wpływa na pracę łożysk skośnych.

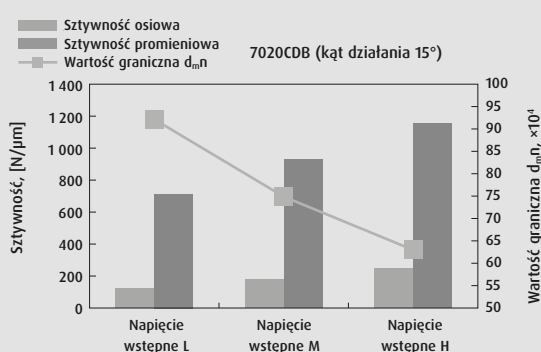
Zamieszczone poniżej wykresy pokazują wpływ napięcia wstępnego na sztywność, temperaturę, trwałość i prędkość ($d_{m,n}^*$) dla pary łożysk 7020 o kącie działania 15° .

Wykresy pokazują, że wraz ze wzrostem poziomu napięcia wstępnego rośnie sztywność zarówno osiowa, jak i promieniowa, spada prędkość graniczna i rośnie temperatura.

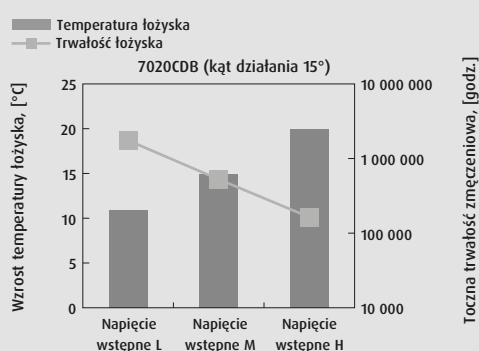
Dla zachowania wysokiej sztywności konieczne jest poświęcenie prędkości. Podobnie, w celu uzyskania wysokich prędkości konieczne jest poświęcenie sztywności.

Praca z większymi wysokimi prędkościami niż wyliczone na podstawie danych katalogowych przy dużym napięciu wstępnym może prowadzić do niestabilności cieplnej i przedwczesnego zatarcia łożyska.

Wpływ napięcia wstępnego na sztywność i prędkość



Wpływ napięcia wstępnego na temperaturę i trwałość



Dobór łożysk

Napięcie wstępne – łożyska skośne

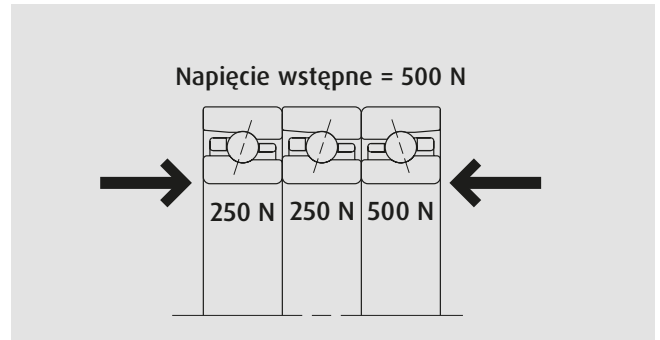
Układy łożysk

Łożyska skośne są zazwyczaj używane w układach składających się z kilku łożysk. Najpowszechniej spotykanymi układami łożysk są układy dwurzędowe, trójrzędowe i czterorzędowe. Łożyska są używane w układach w celu zwiększenia nośności i sztywności. Wraz ze wzrostem liczby rzędów rośnie sztywność i nośność, ale spada prędkość graniczna. W zależności od układu obciążenie może być przykładane z jednej lub z obu stron.

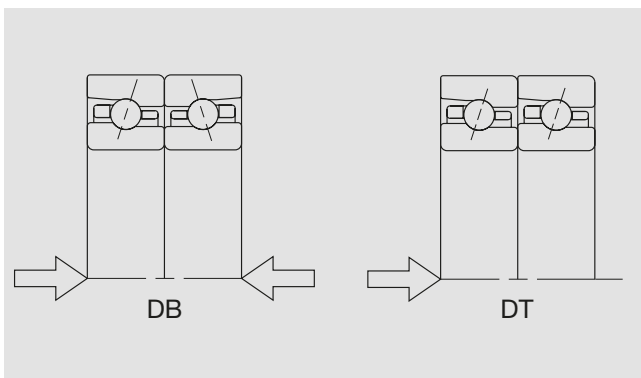
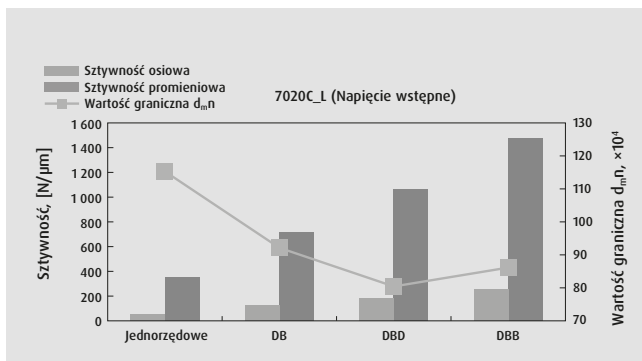
Układ DT może być obciążany tylko z jednej strony, ale ponieważ składa się on z dwóch łożysk ustawionych kątem działania w tę samą stronę, sztywność osiowa tego układu jest dwa razy większa niż łożyska jednorzędowego. Układ składający się z czterech ustawionych symetrycznie łożysk może być obciążany z obu kierunków i ma dwukrotnie większą sztywność osiową w obu kierunkach.

* $d_{m,n}$ = średnia średnica łożyska [mm] × prędkość [min^{-1}]

średnia średnica = $\frac{D+d}{2}$ gdzie D = średnica zewnętrzna i d = średnica otworu



W podanym jako przykład układzie trójrzędowym widać, że wewnętrzne napięcie wstępne nie jest rozłożone równomiernie, co oznacza, że dla jednego łożyska napięcie wstępne jest dwa razy większe niż dla pary i łożysko to będzie się nieco bardziej nagrzewać. Z tego powodu i w oparciu o **tabelę współczynników prędkości (strona 18)** widać, że prędkość graniczna układu trzech łożysk jest mniejsza niż układu czterech łożysk. Obciążenie może być przykładane z obu stron, ale z lewej strony może być większe.



Nośność i sztywność układów łożysk

Wartości nośności dla łożysk jednorzędowych zostały przedstawione w katalogu łożysk superprecyzyjnych NSK.

W zamieszczonej poniżej tabeli przedstawiono współczynniki pozwalające na obliczenie nośności dynamicznej (C_r) i statycznej (C_{or}) układów łożysk:

Układ dwurzędowy		Układ trójrzędowy		Układ czterorzędowy	
C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}
1,62	2	2,15	3	2,64	4

Katalog łożysk superprecyzyjnych NSK podaje także wartości napięcia wstępnego i sztywności osiowej dla par łożysk. Informacje te są użyteczne przy testowaniu nowych wrzecion. Sztywność osiową można łatwo obliczyć korzystając ze współczynników podanych w zamieszczonej poniżej tabeli, tj. dla lekkiego napięcia wstępnego i kąta działania 15° , aby otrzymać wartość sztywności promieniowej należy pomnożyć wartość sztywności osiowej podaną w katalogu przez 6.

Obliczanie wartości sztywności promieniowej

Aby ustalić wartość napięcia wstępnego i sztywności promieniowej dla układów trójrzędowych i czterorzędowych należy pomnożyć wartości podane w katalogu przez współczynniki wskazane w tabeli po prawej.

Sztywność i napięcie wstępne układów

Podobnie, należy pomnożyć wartość sztywności promieniowej podaną w tabeli powyżej przez współczynnik podany w tabeli po prawej. Dla uzyskania wartości sztywności promieniowej układu trzech lub czterech łożysk, tj. jeżeli podana w katalogu wartość sztywności promieniowej wynosi 200 N/μm dla kąta działania 15° i lekkiego napięcia wstępnego, sztywność promieniowa zestawu trójrzędowego wynosić będzie $200 \times 6 \times 1,54 = 1848 \text{ N}/\mu\text{m}$.

	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
Współczynnik napięcia wstępnego	1,36	2
Sztywność osiowa	1,48	2
Sztywność promieniowa	1,54	2

3. Użyteczna wskazówka

W sytuacji awaryjnej, jeżeli nie jest dostępne łożisko o prawidłowym napięciu wstępnym i stosowane są pierścienie dystansowe, można zastosować układ łożysk o innym napięciu wstępnym oraz pierścienie dystansowe kompensujące napięcie wstępne. W katalogu łożysk superprecyzyjnych NSK podano luzy osiowe dla każdego układu łożysk skośnych.

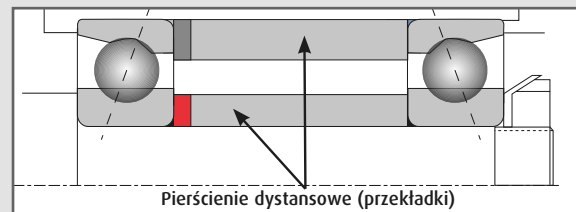
Przykład:

Napięcie wstępne i sztywność		Tabela A									
Napięcie wstępne i sztywność (układy DB i DF) Łożyska kulkowe skośne o dużej precyzji (seria Standard)		Obliczenie wartości sztywności promieniowej: Pomnożyć wartość sztywności osiowej przez współczynniki podane w tabeli A.									
Seria 79, kąt C											
Nominalny kąt działania 15° Kulka stalowa i kulka ceramiczna *											
Kod otworu łożyska	Nominalna średnica otworu łożyska [mm]	Napięcie wstępne [N]	Sztywność osiowa [N/μm]	Napięcie wstępne [N]	Sztywność osiowa [N/μm]	Napięcie wstępne [N]	Sztywność osiowa [N/μm]	Napięcie wstępne [N]	Sztywność osiowa [N/μm]		
00	10	(3)	10	(2)	14	25	(-1)	19	(-3)	27	
01	12	(4)	12	(2)	16	39	(-3)	24	78	(-5)	34
02	15	(3)	14	(0)	20	49	(-4)	26	100	(-11)	38
03	17	(3)	15	(0)	20	59	(-5)	30	120	(-12)	43
04	20	(1)	19	(-3)	26	78	(-5)	35	150	(-15)	48
05	25	(1)	21	(-3)	39	106	(-6)	41	200	(-18)	63
06	30	(0)	25	(-3)	49	141	(-7)	51	250	(-21)	84
07	35	(0)	29	(-2)	62	190	(-8)	63	300	(-24)	111
08	40	(0)	32	(-3)	78	250	(-10)	78	390	(-27)	148
09	45	(0)	37	(-3)	100	330	(-12)	100	490	(-30)	198
10	50	(0)	39	(-4)	130	440	(-14)	130	630	(-33)	267
11	55	(-1)	45	(-6)	170	580	(-16)	170	840	(-36)	363
12	60	(-1)	46	(-5)	200	770	(-18)	200	1100	(-40)	495
13	65	(-2)	53	(-7)	270	1040	(-21)	270	1470	(-45)	663

Wartości w () pokazują zmierzony luz osiowy

Jeżeli wymagane jest łożisko 7906CTRDUMP4, ale dostępne jest jedynie łożisko 7906CTRDUHP4, możliwe jest zastosowanie pierścienia dystansowego w celu skompensowania innego napięcia wstępnego. Zamieszczona poniżej tabela wskazuje, że dla otworu o średnicy 30 mm, luz osiowy dla dużego napięcia wstępnego wynosi 16 μm, zaś dla średniego napięcia wstępnego 9 μm. W związku z tym dla zmiany średniego napięcia wstępnego na duże napięcie wstępne konieczna jest zmiana grubości pierścienia dystansowego (przekładki) o różnicę pomiędzy wartością 16 μm i 9 μm, tj. o 7 μm. W tym przypadku, ponieważ zwiększamy napięcie wstępne, musimy zmniejszyć przekładkę pierścienia wewnętrznego o 7 μm i pozostawić niezmienną przekładkę pierścienia zewnętrznego.

Informacje te można znaleźć w katalogu podstawowym na stronach 156 do 166.



Reguła:

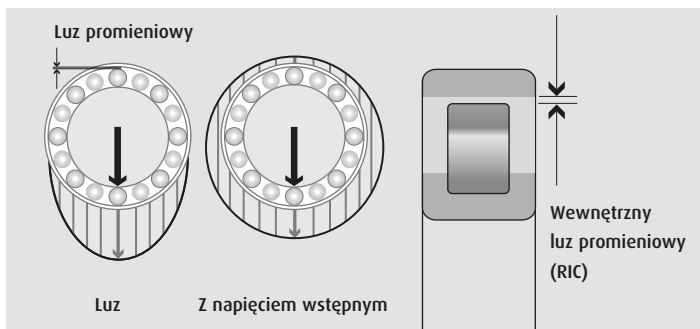
- Aby zwiększyć napięcie wstępne: zmniejszyć grubość przekładki pierścienia wewnętrznego
- Aby zmniejszyć napięcie wstępne: zmniejszyć grubość przekładki pierścienia zewnętrznego

Pamiętaj: dotyczy to wyłącznie sytuacji awaryjnych. W przypadku zmieniania napięcia wstępnego w ten sposób należy zadbać o udokumentowanie zmian, tak aby w przypadku wymiany łożysk w przyszłości wybrane zostało właściwe napięcie wstępne, pozwalające na zmiany pierścieni dystansowych.

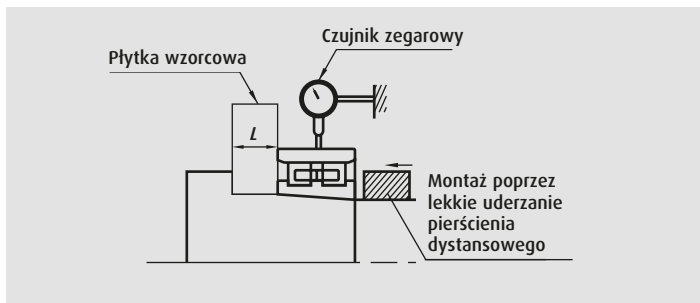
Dobór łożysk

Napięcie wstępne – łożyska walcowe

W celu zapewnienia większej dokładności obrotu i sztywności należy stosować łożyska walcowe o kontrolowanych luzach promieniowych lub napięciu wstępnym.

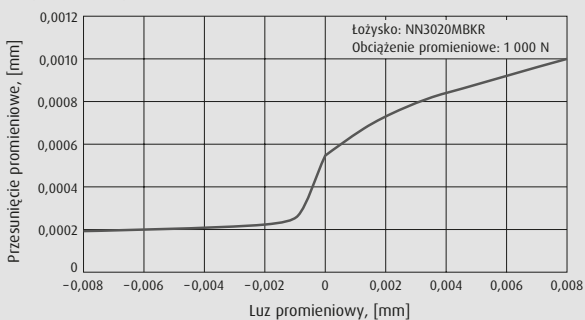


łożyska walcowe są dostarczane ze standardowymi wartościami wewnętrznego luzu promieniowego:
CC1 dla łożysk z otworem walcowym,
CC0 dla łożysk z otworem stożkowym,
CC9 – luz zmniejszony dla łożysk z otworem stożkowym do pasowania z lekkim wciskiem (niestandardowy). Nie należy go stosować w zastosowaniach wymagających wysokich prędkości, ponieważ może powodować luzowanie się łożyska.

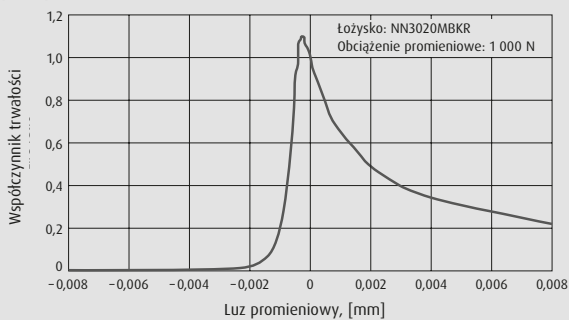


Luz / Napięcie wstępne łożyska z otworem stożkowym może być łatwo zmienione w zakładzie poprzez wciśnięcie łożyska na stożek 1:12. Czujnik zegarowy jest w stanie pokazać wyłącznie luz. Aby wygenerować napięcie promieniowe, konieczne jest użycie specjalnego czujnika NSK lub zastosowanie techniki opisane w sekcji poświęconej montażowi.

Sztywność łożyska



Współczynnik trwałości



Powody stosowania napięcia wstępnego

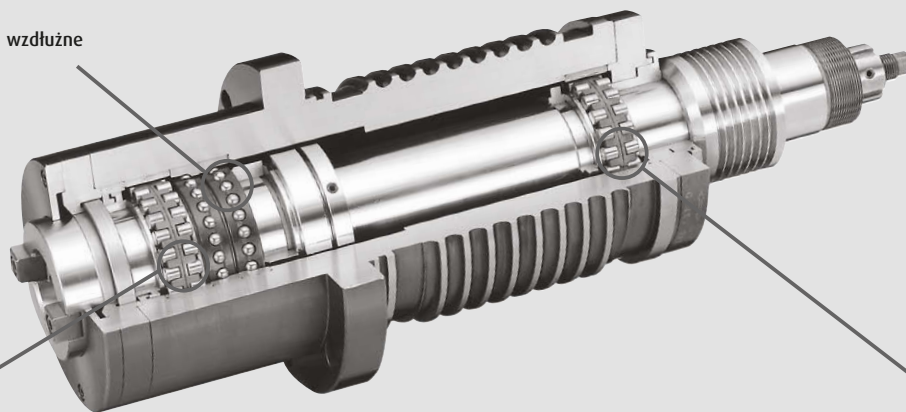
Jeżeli łożysko walcowe pracuje z luzem, obciążenie promieniowe jest przenoszone tylko przez niewielką liczbę wałeczków. Liczba ta wzrasta, gdy luz jest zmniejszany do zera. Przy wygenerowaniu napięcia wstępnego widać jednakże, że wszystkie wałeczki zostają obciążone, co pomaga w zwiększeniu trwałości i sztywności promieniowej łożyska.

Wielkość napięcia wstępnego

Testy pokazały, że optymalna wartość napięcia wstępnego wynosi od zera do $3 \mu\text{m}$ dla przedniego łożyska walcowego z zachowaniem niewielkiego luzu (-2 do $-5 \mu\text{m}$) w tylnym łożysku walcowym. Zamieszczony poniżej rysunek pokazuje sztywność łożyska w zależności od luzu (po prawej) i napięcia wstępnego (po lewej).

Poniżej przedstawiono zależność trwałości od luzu i napięcia wstępnego. Wartości będą się różnić w zależności od rozmiaru łożyska, ale tendencja pozostanie niezmienną.

Łożysko skośnie wzdłużne




Z przodu: łożysko walcowe dwurzędowe z otworem stożkowym. Zazwyczaj z napięciem wstępnym.


Z tyłu: łożysko walcowe dwurzędowe z otworem stożkowym. Zazwyczaj z niewielkim luzem.


Dobór łożysk

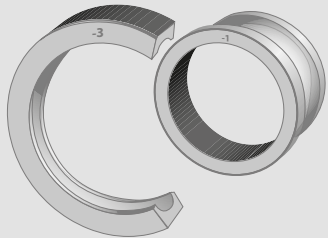
Parowanie łożysk

Wykres sparowanych łożysk
(gdy łożyska są zamawiane w określonych układach, tj.)

DU 

DUD 

QU 



Łożyska sąsiadujące ze sobą w układzie są dobierane fabrycznie tak, aby maksymalna różnica tolerancji otworów lub średnicy zewnętrznej wynosiła do jednej trzeciej całkowitej tolerancji wymiarowej. Ma to na celu zapewnienie, że po zamontowaniu łożysk na wale i w oprawie pasowanie poszczególnych łożysk będzie podobne, a przez to rozkład obciążeń w układzie łożysk będzie równomierny.

Wszystkie łożyska NSK poddawane są 100 % kontroli i wszelkie mikronowe różnice wymiarowe średnicy otworu i średnicy zewnętrznej wskazywane są zarówno na łożysku, jak i na pudełku. Informacje te są przydatne dla konstruktorów, ponieważ umożliwiają wykonanie wału i oprawy tak, aby były dopasowane do łożysk. W przedstawionym powyżej przykładzie średnica otworu pierścienia wewnętrznego różni się od wartości nominalnej o -1 mikron. Jeżeli średnica nominalna pierścienia wewnętrznego wynosiła 70 mm, wówczas dokładny wymiar otworu łożyska to 69,999 mm.

Karta dopasowywania wymiarów otworu i średnicy zewnętrznej

NSK

72 ^{xx}	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy otworu łożyska w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4

73^{xx}

73 ^{xx}	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy otworu łożyska w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4

Uniwersalne parowanie łożysk
Łożyska kulkowe superprecyzyjne są produkowane zgodnie z normami wymiarowymi Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO. Wszystkie łożyska w układzie muszą mieć dopuszczalne odchylenia wymiarów otworów i średnic zewnętrznych od wymiarów nominalnych. Poprawia to rozkład obciążenia w przypadku montażu łożysk blisko obok siebie.

Różnica wymiarów średnic zewnętrznych i otworów łożysk w układach jest generalnie mniejsza niż 1/3 rozbieżności wymiarowej. Karta może być wykorzystana do zidentyfikowania dopuszczalnej różnicy wymiarów średnic zewnętrznych i otworów łożysk w układzie dla klas dokładności P2, P3 i P4.

Informacje te są nawet bardziej przydatne w warsztatach, ponieważ pozwalają na większą elastyczność przy zamawianiu łożysk oraz dopasowywanie różnych układów do wrzecion o różnej konstrukcji.

NSK oferuje wygodną przesuwaną kartę doboru, umożliwiającą łatwe parowanie łożysk w układy. Najpierw należy wybrać serię łożysk, tj. 3xx, 72xx, 70xx lub 79xx, następnie klasę dokładności P2, P3 lub P4 i przesunąć kartę do odpowiedniego rozmiaru łożyska, aby znaleźć dopuszczalną różnicę wymiarów otworów dla każdego łożyska w układzie oraz, niezależnie, dla średnicy pierścienia zewnętrznego dla każdego łożyska w układzie.

Łożyska kulkowe superprecyzyjne NSK

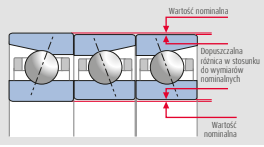
NSK

79 ^{xx}	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Permissible difference of bore in a matched set [µm]	P2 P3 P4

70^{xx}

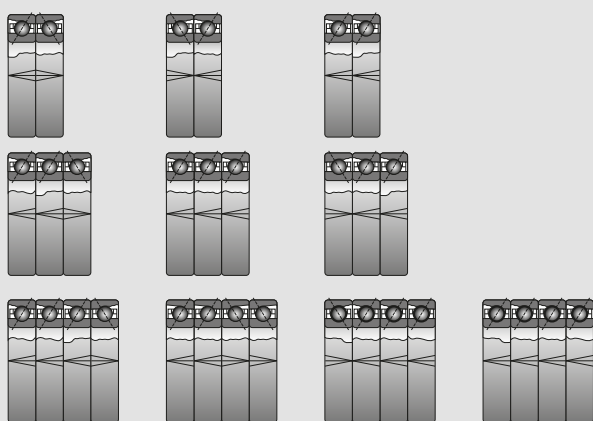
70 ^{xx}	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy otworu łożyska w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4

Odchylenia wymiarów łożysk od wartości nominalnych są podawane z dokładnością do jednego mikrona.

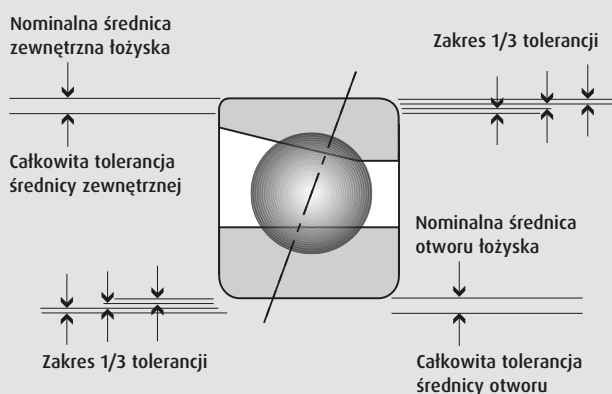


Przedstawione po lewej przykłady pokazują, że dla dużego łożyska można zastosować większą tolerancję pomiędzy łożyskami w każdym układzie. Generalnie, większość łożysk można sparować przy różnicy do 2 mikronów, osiągając przy tym optymalny rozkład obciążenia.

Możliwe układy łożysk wrzecion



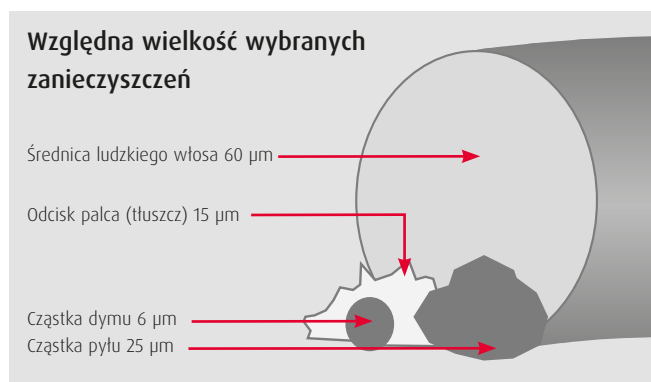
Jak widać, utrzymywanie na stanie wszystkich możliwych układów łożysk wrzecion byłoby bardzo kosztowne. Dzięki pomiarom z dokładnością do jednego mikrona przeprowadzający remonty muszą mieć na magazynie odpowiednią liczbę układów SU i DU i będą w stanie złożyć razem odpowiednią liczbę łożysk, o ile tylko odchylenia wymiarów otworów łożysk i średnic zewnętrznych będą mniejsze niż jedna trzecia całkowitej tolerancji dla łożyska.



Czynności przed montażem

Czyszczenie i mycie łożysk

W celu zapewnienia optymalnych osiągnięć łożysk wrzecion konieczne jest zapewnienie, że środowisko, w którym zostaną zamontowane, jest jak najczystsze.



W idealnej sytuacji demontaż i montaż wrzecion powinien odbywać się w różnych obszarach, tak aby wyeliminować możliwość wzajemnego zanieczyszczenia.

W niektórych przypadkach stosowanie opisanego wyżej modelu idealnego nie jest możliwe z przyczyn praktycznych. W związku z tym poniżej przedstawiono wykaz warunków kluczowych, odpowiednich i idealnych. W zależności od bieżącej sytuacji w firmie należy wybrać właściwe obszary, w których możliwa jest poprawa sytuacji:

1 – Kluczowe

- › Stosowanie różnych zbiorników do mycia, korzystanie z różnych stołów warsztatowych

2 – Odpowiednie

- › Korzystanie z różnych narzędzi

3 – Idealne

- › Korzystanie z różnych pomieszczeń (z ograniczeniem dostępu personelu)

Roztwory stosowane do mycia łożysk powinny być poddawane dokładnej filtracji, usuwającej cząstki o rozmiarze co najmniej 5 µm. Należy także filtrować doprowadzane powietrze oraz stosować odpowiednie osuszacze powietrza, aby zapobiec zanieczyszczeniu łożysk wodą. Narzędzia stosowane do montażu łożysk powinny być zawsze czyste i bez zadziorów, które mogłyby spowodować uszkodzenie łożysk podczas montażu.

Zanieczyszczenia

Łożyska precyzyjne są produkowane zgodnie z bardzo surowymi normami, z mikronową i submikronową dokładnością wymiarów i geometrii. Bardzo ważne jest, aby łożysko podczas montażu zabezpieczone było przed wnikaniem zanieczyszczeń twardych i miękkich. Rysunek po lewej przedstawia względny rozmiar różnych zanieczyszczeń, które, gdy dostaną się do łożyska, mogą powodować problemy. Zanieczyszczenia metalowe są zazwyczaj dużo większe niż pokazane obok przykłady. Innym sposobem zapobiegania zanieczyszczeniu łożyska podczas montażu jest stosowanie łożysk uszczelnionych. Więcej informacji o tych produktach można znaleźć w tym katalogu (zob. strona 11).

Postępowanie z łożyskami

Podczas przenoszenia łożysk unikać silnych wstrząsów i uderzeń. Obciążenia udarowe mogą spowodować zarysowanie lub uszkodzenie łożyska, które może doprowadzić do ich uszkodzenia. Szczególnie silne uderzenia mogą prowadzić do powstawania wgnieceń na bieżniach, wykruszenia elementów łożyska lub powstawania pęknięć.

Zapobieganie korozji

Dotykanie łożysk gołymi rękami może spowodować korodowanie powierzchni łożysk spowodowaną przez wilgoć o kwaśnym odczynie lub inne zanieczyszczenia, które mogą znajdować się na rękach. Podczas pracy z łożyskami najlepiej jest stosować niepyłące rękawice ochronne.



Opakowanie uniwersalne

Gdy łożyska NSK dostarczane są w nowym opakowaniu uniwersalnym, mycie wstępne łożysk przed montażem nie jest konieczne **(A)**.

Cechy opakowania uniwersalnego to:

- › Olej zabezpieczający o niskiej lepkości, którego skład chemiczny jest zgodny z popularnymi smarami stosowanymi w łożyskach do obrabiarek
- › Inhibitor fazy lotnej zastosowany w nylonowo-polietylenowym, laminowanym woreczku, zapewniający dodatkową ochronę przed korozją
- › łożysko jest zapakowane próżniowo w zgrzewany woreczek dla zwiększenia ochrony przed działaniem otoczenia.

Taka sama metoda pakowania jest stosowana dla łożysk smarowanych fabrycznie i wszystkich łożysk uszczelnionych, w związku z czym wstępne mycie łożysk przed montażem nie jest konieczne.

Przypadki, w których wymagane jest czyszczenie łożysk

W pewnych przypadkach konieczne jest wyczyszczenie łożysk przed montażem. Jest to konieczne, gdy:

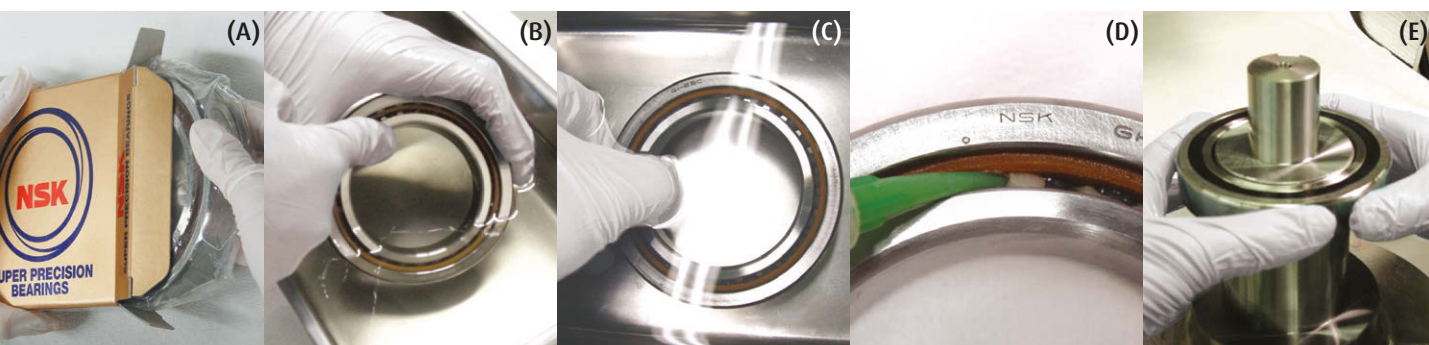
- › Opakowanie nie spełnia standardu opisanego powyżej
- › Zastosowanie wymaga bardzo wysokich prędkości, na przykład takich, przy których wykorzystywane są łożyska Robust
- › łożyska walcowe – łożyska te szczególnie wymagają czyszczenia dla usunięcia filmu olejowego przed wykonaniem pomiarów i ustawieniem właściwego wewnętrznego luzu promieniowego podczas montażu.

Metody czyszczenia:

1. łożyska oczyścić przy pomocy nafty lub oleju lekkiego.
2. Stosować oddzielne zbiorniki do pierwszego i końcowego czyszczenia. Każdy zbiornik powinien być wyposażony w kosz druciany, zapobiegający bezpośredniemu kontaktowi łożysk z zanieczyszczeniami mogącymi osadzać się na dnie.
3. Przy pierwszym czyszczeniu w zbiorniku **(B)** unikać obracania łożysk. Po oczyszczeniu powierzchni zewnętrznych miękką szczotką przenieść łożyska do zbiornika czyszczenia końcowego.
4. W zbiorniku czyszczenia końcowego **(C)** bardzo delikatnie obrócić łożysko ręką. Upewnić się, że ciecz czyszcząca w zbiorniku czyszczenia końcowego jest czysta.
5. Po zakończeniu czyszczenia usunąć nadmiar cieczy czyszczącej z łożyska. Przed nałożeniem smaru lub oleju osuszyć całkowicie łożysko, korzystając z niepylącej ściereczki.

Łożyska smarowane zwykłym smarem muszą zostać napełnione smarem przed wystawieniem na działanie otoczenia, ponieważ na tym etapie powierzchnie metalowe są bardzo podatne na korozję **(D)**.

Podczas montażu w obrabiarce łożysk smarowanych olejem łożysk nie wolno obracać. Zaleca się, aby przed montażem pokryć powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne niewielką ilością czystego oleju, co pomoże przy montażu **(E)**.



Uwaga: po umyciu i wyczyszczeniu łożyska unikać obracania go przed nasmarowaniem, ponieważ może to spowodować uszkodzenie elementów tocznych i bieżni. Dodatkowe informacje dotyczące procesu smarowania można znaleźć na stronie 28.

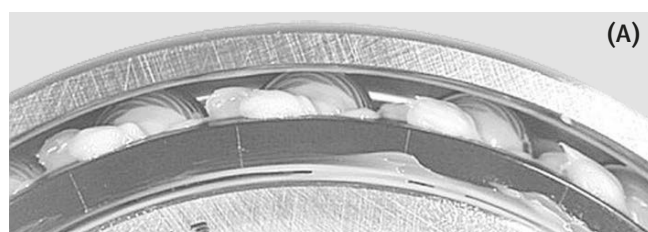
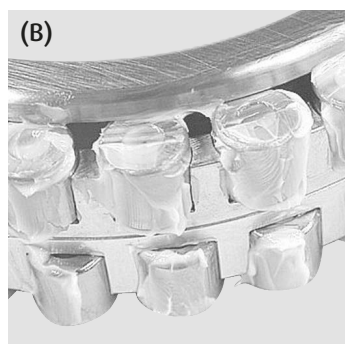
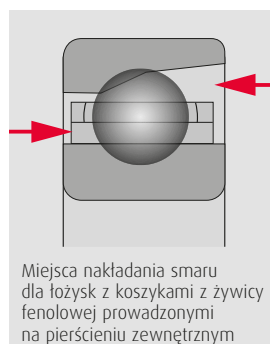
Czynności przed montażem

Smarowanie

Proces smarowania jest bardzo ważny dla zapewnienia prawidłowego działania łożyska. Podczas smarowania łożysk należy zachować szczególną ostrożność, aby zapobiec dostaniu się do łożyska jakichkolwiek zanieczyszczeń.

Podczas smarowania łożysk należy stosować następujące dobre praktyki:

- › Puszki ze smarem zawsze należy zamknąć po użyciu
- › Puszki / tubki ze smarem należy przechowywać w czystym, oddzielnym miejscu o stabilnej temperaturze
- › Puszki / tubki ze smarem należy oznaczyć datą i nie używać smarów starszych niż trzy lata
- › Do nakładania smaru stosować czyste szpatułki, a najlepiej plastikowe strzykawki.



Ilości i miejsca nakładania smaru

Idealna ilość smaru w przypadku łożysk wrzecion wynosi 15 % wolnej przestrzeni w łożysku w przypadku łożysk skośnych i 10 % wolnej przestrzeni w łożysku w przypadku łożysk walcowych. Dokładne ilości smaru w centymetrach sześciennych dla całego asortymentu łożysk NSK przedstawiono w tabeli zamieszczonej na stronie 29.

Łożyska skośne z koszykiem typu TYN prowadzonym na kulkach: nałożyć smar równo pomiędzy kulki z obu stron łożyska.

W przypadku łożysk z koszykami z żywicy fenolowej prowadzonymi na pierścieniu zewnętrznym nałożyć połowę dawki smaru pomiędzy zewnętrzną średnicę pierścienia wewnętrznego i otwór koszyka z tyłu łożyska, zaś drugą połowę dawki smaru pomiędzy średnicę zewnętrzną koszyka i po obwodzie otworu od strony przedniego czoła łożyska. W przypadku obu typów koszyka obrócić łożysko ręcznie, aby rozprowadzić smar równomiernie na powierzchniach bieżni, kulek i koszyka. **(A)**

Łożyska walcowe:

1. Około 80 % dawki smaru rozmieścić równomiernie na powierzchni wałeczków. Należy unikać zbyt dużej ilości smaru na otworze koszyka (może to powodować wzrost temperatury podczas rozruchu).
2. Pokryć powierzchnię wałeczków cienką warstwą smaru łącznie z powierzchnią czołową wałeczków, powierzchnie styku wałeczków z koszykiem i wzdłuż krawędzi czołowych każdego gniazda koszyka.
3. Pozostałe 20 % smaru nanieść równomiernie cienką warstwą na powierzchnię bieżni pierścienia zewnętrznego. **(B)**

4. Użyteczna wskazówka

Aby nałożyć odpowiednią ilość smaru we właściwym miejscu należy posłużyć się strzykawką.



Zalecane ilości smaru dla łożysk wrzecion wysokoobrotowych

Proces smarowania jest bardzo ważny dla zapewnienia prawidłowego działania łożyska. Podczas smarowania łożysk należy zachować szczególną ostrożność, aby zapobiec dostaniu się do łożyska jakichkolwiek zanieczyszczeń.

Jednostka: cm³/łożysko

Kod otworu łożyska	Średnica otworu łożyska [mm]	Łożyska kulkowe skośne 15 % wolnej przestrzeni wewnętrznej				Łożyska do podparcia śrub kulowych 50 % TAC Ilość S	Łożyska walcowe: 10 % wolnej przestrzeni wewnętrznej			
		BNR19, BGR19 BER19, 79XX Ilość X	BGR10 70XX Ilość X	BGR02 72XX Ilość X	BNR10, BAR10 BER10, BTR10 Ilość X		NN49 Ilość X	NN39 Ilość X	NN30 Ilość X	N10 Ilość X
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	-	-

Uwaga: bezpośrednio po zainstalowaniu łożysk nie użytkować wrzeciona z pełną prędkością. W przypadku konieczności dotarcia smaru, zob. strona 28. Ilość smaru w łożysku „xxTAC20(29)X(D)” powinna być taka sama jak w przypadku łożyska walcowego dwurzędowego, które jest zamontowane razem z tym łożyskiem.

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

Czynności przed montażem

Kontrola części

Montaż niektórych maszyn może być dość skomplikowany i trwać przez całą zmianę. W takich przypadkach szczególnie istotne jest, aby podczas montażu sprawdzić wszystkie części, ponieważ umożliwi to eliminację niepotrzebnych problemów, które mogą pojawić się na zakończenie procesu montażu podczas rozruchu maszyny.

Należy stosować się do następujących zaleceń:

- › Sprawdzić zarówno wał, jak i oprawy pod kątem wad lub zadziorów.
- › Sprawdzić wymiary średnic zewnętrznych wałów i opraw (rozmiar i pasowanie).
(Zalecane pasowania dla wałów i opraw podano w katalogu podstawowym). Generalnie, na wale stosowane jest pasowanie z wciskiem w przypadku zastosowań, w których obraca się pierścień wewnętrzny oraz pasowanie luźne w oprawie.
- › Części należy sprawdzać w różnych położeniach, aby skontrolować zarówno stożkowość i kształt, jak i rozmiar (rys. A pokazuje typową metodę kontroli wału, zaś rys. B typową metodę kontroli oprawy).
- › Podczas pomiarów ważne jest, aby części miały stabilną temperaturę.

Kontrola bicia

Dla zapewnienia najlepszej możliwej dokładności montażu łożyska należy sprawdzić bicie promieniowe i osiowe wału. W idealnej sytuacji pomiarów wału należy dokonywać pomiędzy dokładnymi środkami wału, jeżeli jednak nie jest to możliwe, należy użyć płyty pomiarowej, tak jak to pokazano na rysunku C. Typowe wartości docelowe będą się różnić w zależności od zastosowania, ale generalnie pożądana jest wartość docelowa 3 do 5 mikronów.

Zmierzenie bicia oprawy jest nieco trudniejsze i jakkolwiek bicie to nie jest tak istotne jak bicie wału, zmierzenie go może przydać się przy eliminacji przyszłych błędów. Na rysunku D przedstawiono typowy sposób pomiaru bicia powierzchni oporowych oprawy i pokrywy. Typowe wartości docelowe będą się różnić w zależności od zastosowania, ale generalnie pożądana jest wartość docelowa 3 do 5 mikronów.

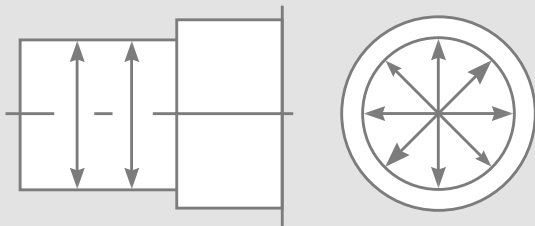
Pierścienie dystansowe (przekładki)

Przekładki pierścienia wewnętrznego i pierścienia zewnętrznego łożysk wrzecion powinny mieć identyczną długość (każda różnica będzie mieć wpływ na napięcie wstępne). Przekładki najlepiej byłoby obrobić razem maszynowo do właściwej grubości. Błędy równoległości nie powinny przekraczać 3 mikronów. (Wartości większe mogą powodować niewspółosiowość na tyle dużą, że doprowadzi do niedokładności montażu łożysk i nadmiernego szumu).

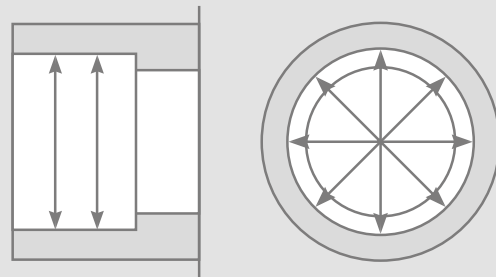
5. Użyteczna wskazówka

Podczas pomiarów należy postarać się pozostawić wszystkie części w pomieszczeniu montażowym przez 24 godziny przed pomiarem. Pozwoli to częściom na osiągnięcie takiej samej temperatury, jak temperatura w pomieszczeniu i temperatura narzędzi.

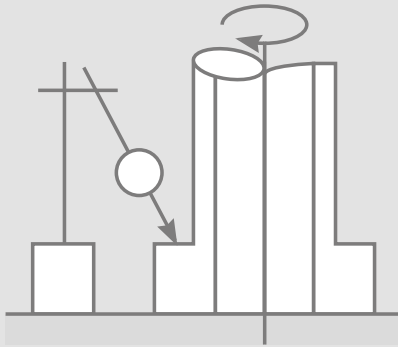
Rys. A: Pomiary wału



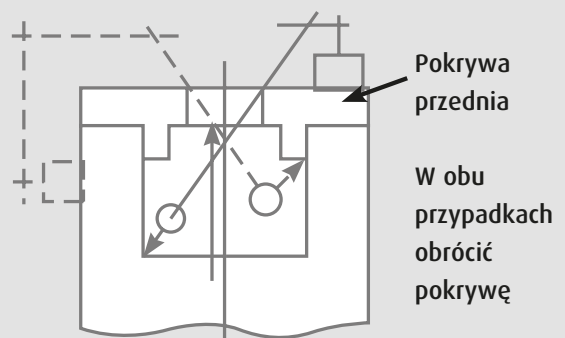
Rys. B: Pomiary oprawy



Rys. C: Bicie odsadzenia oporowego wału



Rys. D: Bicie oprawy i odsadzenia pokrywy



Montaż

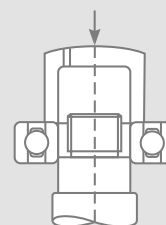
Montaż łożysk na wale

Dwie podstawowe metody montażu łożysk na wale to:
(i) wciskanie za pomocą prasy (ii) osadzanie na gorąco (skurczowe)

Wciskanie za pomocą prasy

Wciskanie za pomocą prasy stosuje się zazwyczaj w przypadku mniejszych łożysk o średnicy otworu poniżej 30 mm. Części współpracujące smaruje się zwykle niewielką ilością oleju w celu zmniejszenia siły niezbędnej do wciśnięcia łożyska. Podczas wciskania pierścienia wewnętrznego należy przykładać siłę wyłącznie do pierścienia wewnętrznego. Na przedstawionym obok rysunku w tulei montażowej można zobaczyć otwór, umożliwiający uchodzenie powietrza.

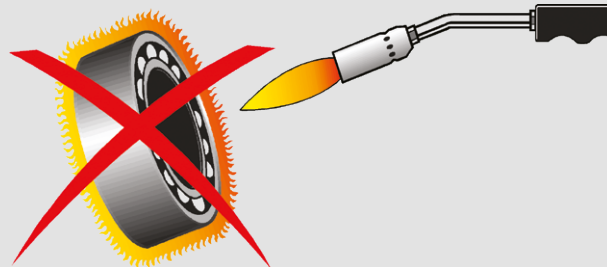
Wciskanie za pomocą prasy



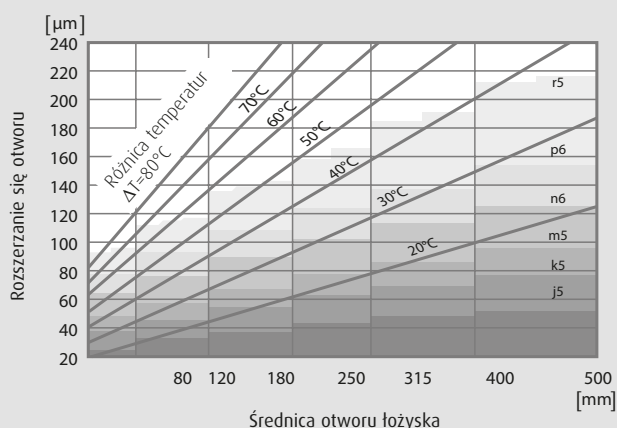
Łożyska walcowe

W przypadku łożysk rozłącznych pierścienia wewnętrzny i pierścienia zewnętrzny mogą być zamontowane na wale i w oprawie oddzielnie. Przy ich ponownym złożeniu należy zachować ostrożność, tak aby osiągnąć prawidłową współosiowość, jak również uniknąć zarysowań powierzchni współpracujących.

Metoda nieprawidłowa



Wykres rozszerzalności cieplnej



6. Użyteczna wskazówka

Do podgrzania tylko pierścienia wewnętrznego (szczególnie w przypadku dużych łożysk) można wykorzystać opalarkę.

Opalarkę można także zastosować do podgrzewania oprawy przed włożeniem do niej zespołu wału z łożyskiem.



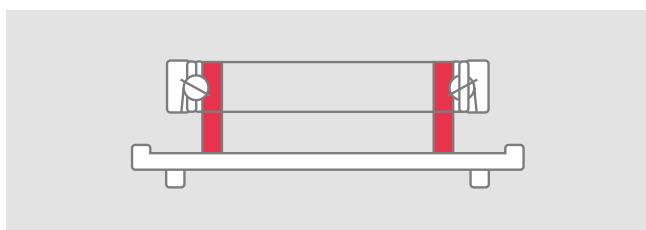


Osadzanie na gorąco (skurczowe)

Metoda ta jest wykorzystywana przy montażu większych łożysk i wymaga podgrzania pierścienia wewnętrznego tak, aby zwiększyła się średnica otworu łożyska, pozwalając na łatwe zamontowanie łożyska na wale.

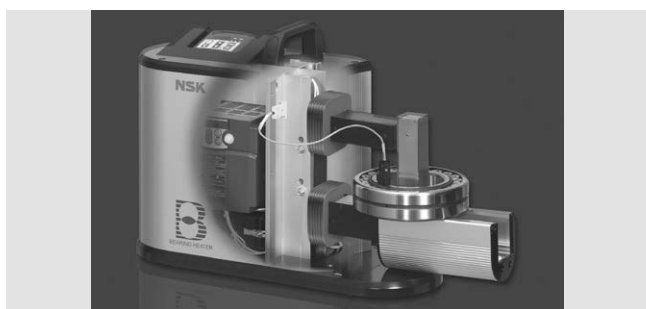
Należy zachować ostrożność, aby nie przegrzać łożyska. Należy także starać się podgrzewać wyłącznie pierścień wewnętrzny. łożysko można podgrzewać do maksymalnie 120°.

W przypadku łożysk z otworem o średnicy 80 mm, podgrzanie pierścienia wewnętrznego o 40° powyżej temperatury pierścienia zewnętrznego spowoduje rozszerzenie pierścienia wewnętrznego o 40 µm. (zob. wykres rozszerzalności cieplnej).



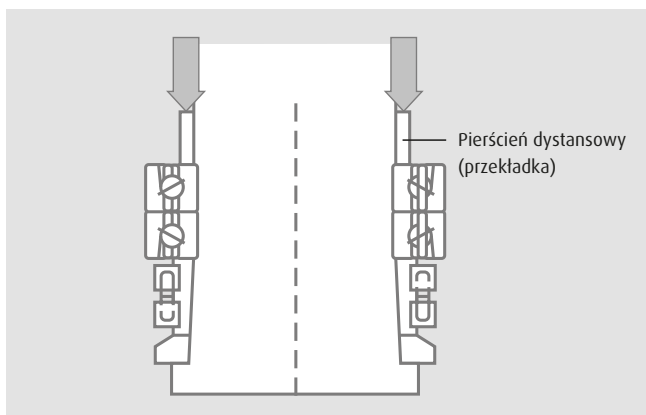
Podgrzewanie za pomocą płyty grzewczej

Zaleca się, aby pomiędzy płytą grzewczą a pierścieniem wewnętrznym łożyska umieścić stalowy pierścień, który będzie przenosił energię cieplną na pierścień wewnętrzny, pozwalając uniknąć nagrzewania kulek, koszyka, pierścienia zewnętrznego oraz smaru.



Podgrzewanie za pomocą nagrzewnicy indukcyjnej

Nagrzewnica indukcyjna jest bardzo wygodnym narzędziem do podgrzewania pierścienia wewnętrznego łożysk, pozwalającym na kontrolę temperatury, a przez to na zapobieganie przegrzewaniu łożyska.



Proces

Podgrzać łożysko do żądanej temperatury plus 20° do 30° dla zrekompensowania schłodzenia łożyska podczas montażu. Po zamontowaniu każdego łożyska podczas schładzania łożyska należy zapewnić docisk osiowy. (Podczas schładzania się łożyska kurczy się ono w kierunku zarówno osiowym, jak i promieniowym, w związku z czym bez dodatkowego dociskania mogłoby nie zostać osadzone prawidłowo). Przed zamontowaniem kolejnego łożyska odczekać, aż łożysko schłodzi się do temperatury wyższej o 5°C od temperatury otoczenia.

Montaż

Moment dokręcania nakrętki mocującej / Kontrola bicia wrzeciona

Moment dokręcania nakrętki mocującej

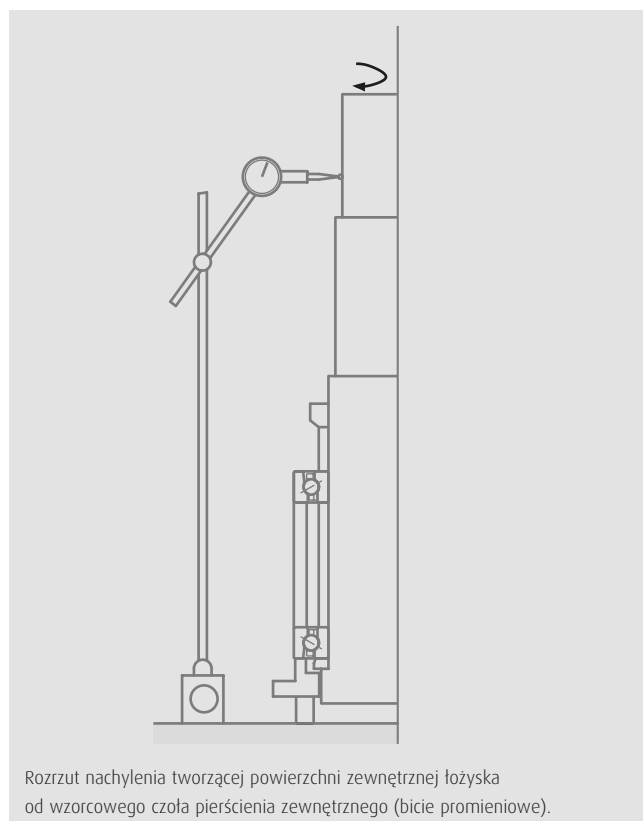
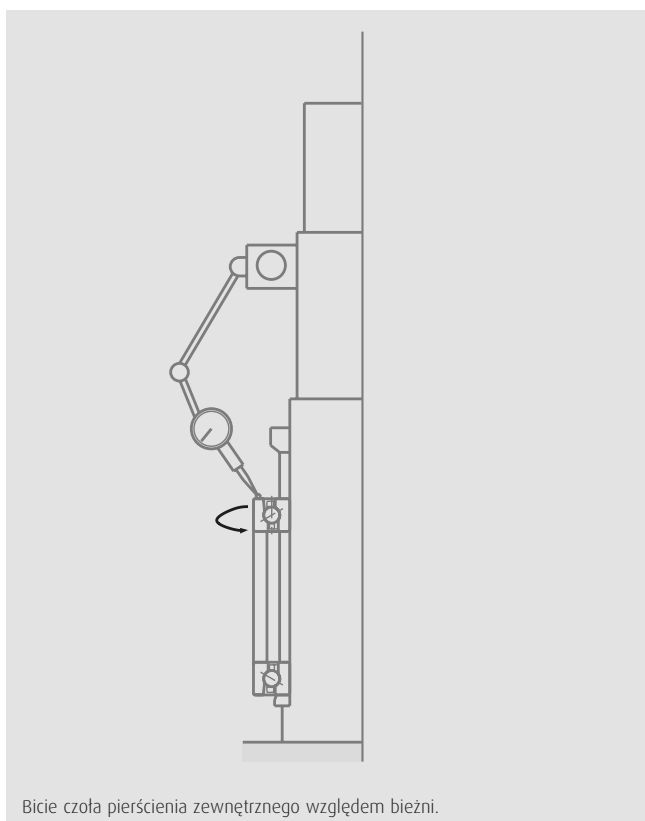
Zastosowanie odpowiedniego momentu dokręcania nakrętki mocującej lub siły docisku jest istotne dla wyeliminowania szczeliny wynikającej z napięcia wstępnego i zapobiegania luzowaniu się łożyska podczas pracy. Istotne jest także, aby nie używać nadmiernej siły, ponieważ może to doprowadzić do odkształcenia bieżni łożyska i utraty dokładności, a w rezultacie do uszkodzenia łożyska. Ponadto, w przypadku stosowania pierścieni dystansowych pomiędzy łożyskami, nadmierna siła osiowa może spowodować większe ściśnięcie przekładki pierścienia wewnętrznego niż przekładki pierścienia zewnętrznego, doprowadzając w rezultacie do zwiększenia napięcia wstępnego.

Kontrole wrzeciona

Korzystnie jest sprawdzać wrzeciono na każdym etapie procesu montażu. Po zamontowaniu łożysk przednich i dociągnięciu nakrętki zabezpieczającej należy sprawdzić w pokazany sposób bicie promieniowe wrzeciona. Docelowa wartość bicia nie powinna przekraczać $2\ \mu\text{m}$, jeżeli jednak prędkości wymagane w aplikacji są niskie, akceptowalna jest wartość do $5\ \mu\text{m}$. W ustawieniu bicia może pomóc lekkie uderzenie w czoło końcowe pierścienia zewnętrznego.

Korzystając z pokrywy zamykającej i stalowego pierścienia można oprzeć łożysko na czole pierścienia zewnętrznego i obrócić wrzeciono, aby zmierzyć bicie w stosunku do powierzchni wzorcowej. Bicie to nie powinno przekraczać $5\ \mu\text{m}$.

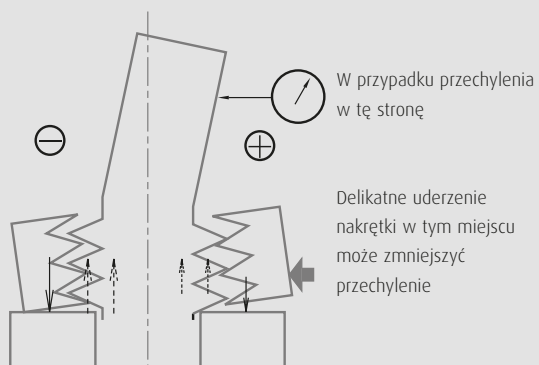
Niedokładności nakrętki zabezpieczającej mogą powodować wygięcie wału i łożyska po dokręceniu. Wskazówka na stronie 35 przedstawia jedną z metod zmniejszenia tego efektu.



Zamieszczona niżej tabela przedstawia siłę osiową (wartość siły jest użyteczna w przypadku stosowania hydraulicznej nakrętki zabezpieczającej) oraz moment dokręcania dla standardowych nakrętek zabezpieczających.

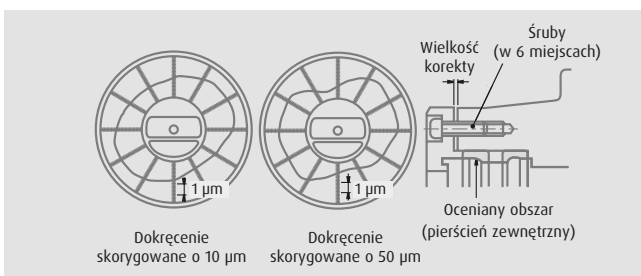
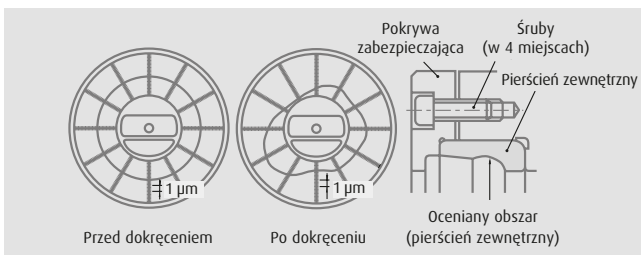
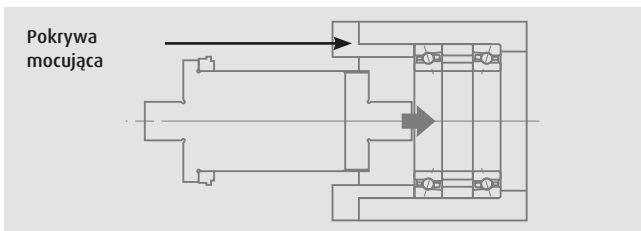
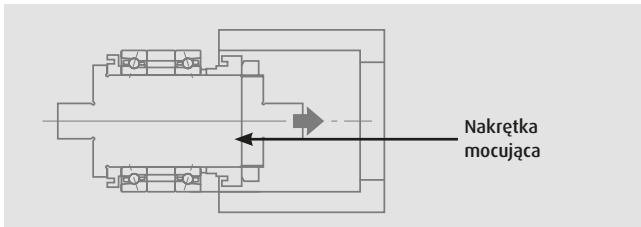
Nominalna średnica otworu łożyska [mm]	Siła dokręcania nakrętki mocującej [N]	Wartość referencyjna momentu dokręcania nakrętki mocującej [N-m]
20		17
25	4 900	21
30		25
35		57
40	9 800	64
45		72
50		80
55		132
60		142
65	14 700	153
70		166
75		176
80		251
85		267
90		281
95		296
100	19 600	311
105		327
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. Użyteczna wskazówka



Montaż

Moment dokręcania nakrętki mocującej / Kontrola bicia wrzeciona



Montaż w oprawie

Podczas montażu łożysk w oprawach należy zachować dużą staranność. Zazwyczaj przy montażu stosowane jest pasowanie luźne, ale brak współosiowości może doprowadzić do uszkodzenia lub zdemontowania łożyska. Podgrzanie oprawy za pomocą opalarki w sposób opisany w sekcji Wskazówki może pomóc w zwiększeniu luzu i wyeliminowaniu wspomnianego problemu.

Układ „0”

1. Zamontować łożysko.
2. Dokręcić nakrętkę mocującą.
3. Włożyć do oprawy tak, jak pokazano.

Układ „X”

1. Wcisnąć łożyska do oprawy.
2. Dokręcić pokrywę zamykającą zapewniając odpowiednie napięcie wstępne.
3. Wprowadzić wał do pierścienia wewnętrznego i dokręcić nakrętkę mocującą.

Dokręcanie pokrywy zamykającej

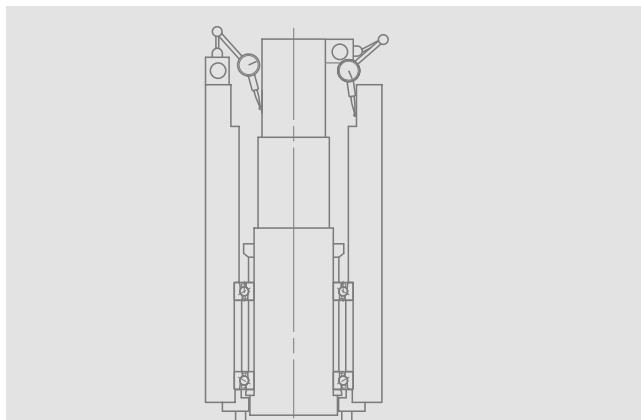
Nieprawidłowe dokręcenie pokrywy zamykającej może spowodować odkształcenie pierścieni łożyska.

Przykład pokazany po lewej przedstawia efekt nierównomiernego dokręcenia pokrywy zamykającej; w tym przypadku zastosowano tylko cztery śruby, które nie zostały równomiernie dokręcone.

Spowodowało to odkształcenie bieżni, które może prowadzić do powstawania drgań, utraty dokładności i przedwczesnego uszkodzenia łożyska.

Idealnie, wysokość, na jaką wystaje łożysko lub głębokość, na jaką jest zagłębione względem oprawy po zamontowaniu łożyska powinna zostać zmierzona głębokościomierzem mikrometrycznym. Umożliwi to właściwe dokręcenie pokrywy zamykającej.

W przykładzie pokazanym po lewej sześć śrub mocujących zostało dokręconych równomiernie. Na drugim rysunku szczelina jest zbyt duża i to również może prowadzić do odkształcenia bieżni.



Współśrodkowość oprawy

Współśrodkowość oprawy łożyska tylnego można zmierzyć w sposób pokazany po lewej. Wartość współosiowości powinna być mniejsza niż 10 μm , idealna wartość docelowa to 5 μm .

Końcowe kontrole bicia należy przeprowadzić dla w pełni zmontowanego wrzeciona, mierząc bicie zarówno promieniowe, jak i osiowe z przodu oraz bicie osiowe z tyłu wrzeciona. Docelowe wartości bicia nie powinny przekraczać 5 μm .

Wartością typową dla wrzecion wysokoobrotowych jest 1 do 2 μm .

W tabeli przedstawiono prawidłowe wartości szerokości szczeliny, jaką należy pozostawić w celu właściwego dociśnięcia pokrywy zamykającej.

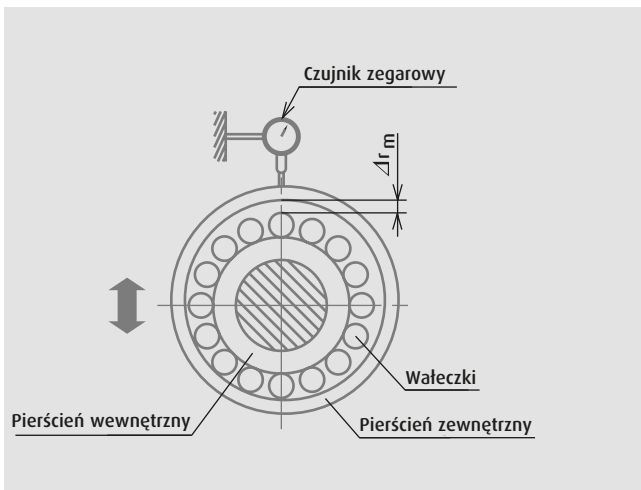
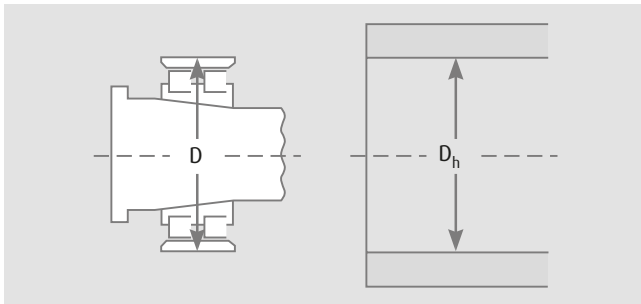
Nominalna średnica otworu łożyska [mm]	Luz pomiędzy pokrywą zamykającą i oprawą [mm]	Nominalna średnica otworu łożyska [mm]	Luz pomiędzy pokrywą zamykającą i oprawą [mm]
20	0,01 do 0,03	140	0,03 do 0,05
25		150	
30		160	
35		170	
40		180	
45		190	
50		200	
55		220	
60		240	
65		260	
70	280		
75	300		
80		-	-
85		-	-
90		-	-
95		-	-
100		-	-
105		-	-
110		-	-
120		-	-
130		-	-

8. Użyteczna wskazówka

Podczas montażu łożysk walcowych najpierw należy wcisnąć do oprawy pierścieni zewnętrzny. Przed wprowadzeniem wrzeciona z zamontowanym pierścieniem wewnętrznym i wałeczkami lekko nasmarować bieżnię smarem lub olejem. Podczas wprowadzania lekko obracać łożyskiem, co zminimalizuje możliwość uszkodzenia bieżni pierścienia zewnętrznego i wałeczków.

Montaż

Montaż łożysk walcowych z otworem stożkowym – metoda obliczeniowa



Jak wskazano na stronie 22, bardzo istotny dla optymalnej pracy wrzeciona jest luz łożyska walcowego po montażu. W przypadku łożysk z otworem skośnym zaleca się ustawienie lekkiego napięcia wstępnego z przodu wrzeciona i lekkiego luzu z tyłu wrzeciona. Procedurę tę można łatwo wykonać przy pomocy specjalnych sprawdzianów GN (zob. następna sekcja).

Dla każdego rozmiaru łożyska konieczne jest jednakże posiadanie oddzielnego sprawdzianu, w związku z czym nie zawsze praktyczne lub ekonomicznie uzasadnione jest nabywanie sprawdzianu. W tej sekcji wyjaśniamy, jak ustawić wymagane napięcie wstępne lub luz nie korzystając ze sprawdzianu.

Krok 1

Określić wielkość zmniejszenia się średnicy bieżni pierścienia zewnętrznego w wyniku zamontowania w oprawie. Wartość Δr_e (zmniejszenie) można obliczyć lub zmierzyć.

Metoda obliczeniowa

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

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

D_h : Średnica otworu oprawy

D : Średnica zewnętrzna pierścienia zewnętrznego

h : Współczynnik redukcji

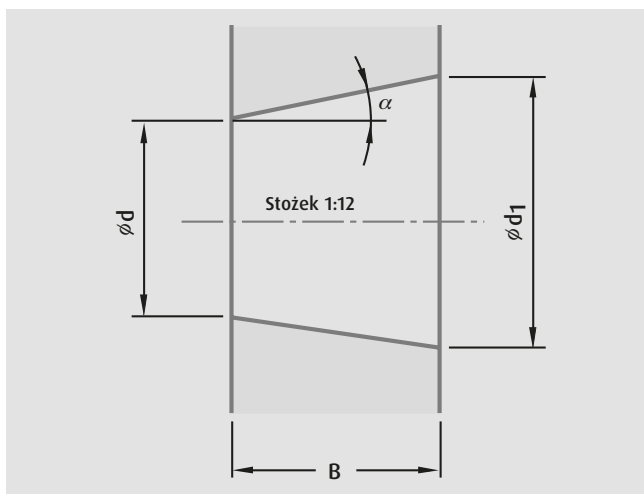
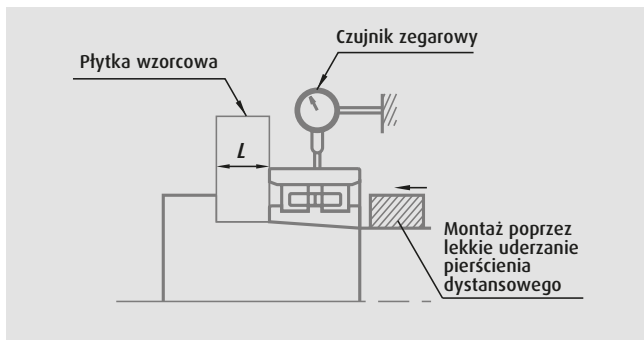
(Serie NN30xx, N10: 0.62)

(Serie NN39, NN49: 0.70)

Metoda z pomiarem

Upewnić się, że pierścień zewnętrzny i oprawa mają taką samą, stabilną temperaturę. Za pomocą średnicówki zmierzyć otwór pierścienia zewnętrznego w czterech różnych miejscach przed włożeniem pierścienia do oprawy.

Włożyć pierścień zewnętrzny do oprawy i powtórzyć pomiary. Obliczyć i zapisać wielkość zmniejszenia się pierścienia (jeżeli wystąpiło) opierając się na średniej z pomiarów.



Krok 2

Określanie wstępnego luzu promieniowego Δr_m . Odtłuścić stożkowy odcinek wału i otworu pierścienia wewnętrznego. Zamontować zespół pierścienia wewnętrznego i umieścić pierścień zewnętrzny na wałeczkach. Zmierzyć średnicę zewnętrzną pierścienia zewnętrznego za pomocą czujnika zegarowego (*1).

Krok 3

Lekko dokręcić nakrętkę zabezpieczającą; spowoduje to wsunięcie łożyska na stożek 1:12 i rozszerzenie się otworu dla zmniejszenia wewnętrznego luzu promieniowego łożyska. Zmierzyć luz promieniowy przesuwając pierścień zewnętrzny w górę i w dół. Kontynuować dokręcanie nakrętki zabezpieczającej (tj. przesuwanie łożyska na stożku) do momentu, aż zmierzony luz promieniowy będzie wynosił około 0,005 mm (*2).

Uwagi:

(*1) Jeżeli pomiar trwa zbyt długo, temperatura pierścienia zewnętrznego może wzrosnąć do temperatury ciała, co prowadzi do błędnych wyników pomiaru. Dla zmniejszenia transferu ciepła zaleca się zakładanie rękawic.

(*2) W przypadku nadmiernego luzu pierścień zewnętrzny może po ściśnięciu ręką przybierać kształt elipsy. Skutkiem takiego odkształcenia będą błędne wyniki pomiaru. W związku z tym akceptowalny jest luz wynoszący 0,005 mm (0,005 mm i to wartość docelowa, ale akceptowalna jest także wartość od 0,001 mm do 0,002 mm).

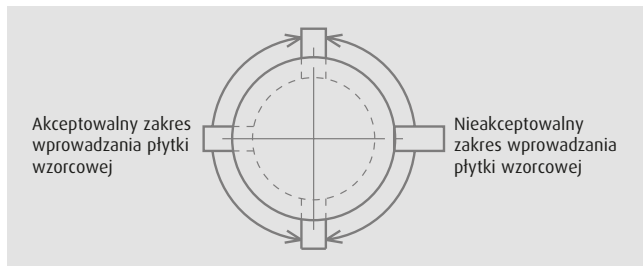
Krok 4

Po ustawieniu wartości Δr_m na około 0,005 mm, wartość tę należy zapisać, następnie zmierzyć odległość od odsadzenia wału do czoła tylnego pierścienia wewnętrznego (odległość L) za pomocą płytki wzorcowej.

Podczas wykonywania pomiaru za pomocą płytki wzorcowej należy zachować ostrożność, ponieważ pierścień wewnętrzny może zostać przechylony podczas wprowadzania płytki. Zapisać średnią wartość z dwóch do trzech pomiarów (*3).

Montaż

Montaż łożysk walcowych z otworem stożkowym – metoda obliczeniowa



Proporcja wału drążonego i współczynnik K

Proporcja wału drążonego k_0	Współczynnik K
45 - 55 %	14
55 - 65 %	15
65 - 75 %	16

Krok 5

Obliczyć wymagany wymiar L_a pierścienia dystansowego dla żądanego luzu lub napięcia wstępnego korzystając z następującego wzoru:

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

L_a : Ostateczny wymiar przekładki dla ustalenia luzu promieniowego po montażu

L: Szerokość płytki wzorcowej (zmierzony wynik z kroku 4)

Δr_m : Zwiększenie pierścienia wewnętrznego w kierunku promieniowym (zmierzony wynik z kroku 3)

Δr : Docelowy luz promieniowy lub napięcie wstępne po montażu

Δr_e : Zmniejszenie średnicy bieżni pierścienia zewnętrznego spowodowane montażem w oprawie

K: Współczynnik (wartość przeliczeniowa obejmująca skurcz wału drążonego o otworze stożkowym 1/12) (dla wału pełnego K = 12)

K_0 : Współczynnik wału drążonego = $A/B \times 100$
A: Średnica otworu wału
B: Średnica zewnętrzna wału

Przykład obliczania

- $L = 20,55$
(odległość pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i odsadzeniem)
- $\Delta r_m = 0,007$ (zmierzony wewnętrzny luz promieniowy (podniesienie))
- $\Delta r = -0,002$ (wymagany wewnętrzny luz promieniowy tj. napięcie wstępne)
- $\Delta r_e = 0,004$ (zmniejszenie wewnętrznego luzu promieniowego przez oprawę)
- $K = 15$ (proporcja wału drążonego wynosi 60 %)

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

(Uwaga na znaki - (-) = +)

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

W przypadku wału pełnego wartość K wynosi 12
tj. stożek 1:12

W tym wypadku wartość L_a (szerokość przekładki) =
20,490 mm

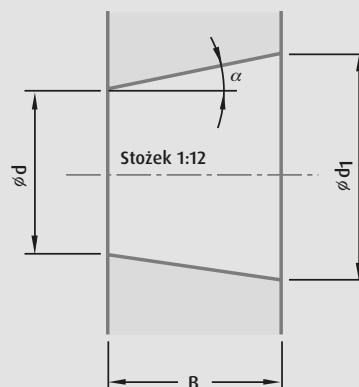
Uwagi:

- (*3) W przypadku pomiaru wymiaru L , wartość uzyskuje się poprzez wprowadzenie płytki wzorcowej do lewej połowy strefy pokazanej w kroku 5. Wprowadzenie płytki wzorcowej do prawej połowy nie jest możliwe (z uwagi na przechylenie występujące pomiędzy odsadzeniem wału i czołem tylnym pierścienia wewnętrznego).

9. Użyteczna wskazówka

Wzór można uprościć podstawiając współczynnik wału pełnego 12 dla wszystkich wałów drążonych. Da to nieco mniejsze napięcie wstępne, ale wartość jest łatwa do zapamiętania w związku ze współczynnikiem stożka 1:12, tj. dla każdego 12 μm przesunięcia w górę stożka zmniejsza luz wewnętrzny o 1 μm .

W tym przypadku, podstawiając te same wartości jak powyżej, ale przyjmując $K = 12$ i $L_a = 20,49$ mm, otrzymujemy, że różnica zwiększenia pierścienia w kierunku promieniowym wynosi jedynie $(20,49 - 20,475) / 12 = 1,2 \mu\text{m}$. Daje to wartość napięcia wstępnego o 0,8 μm mniejszą niż docelowe napięcie wstępne 2 μm (co jest bezpieczniejsze niż nadmierne napięcie wstępne).



Montaż

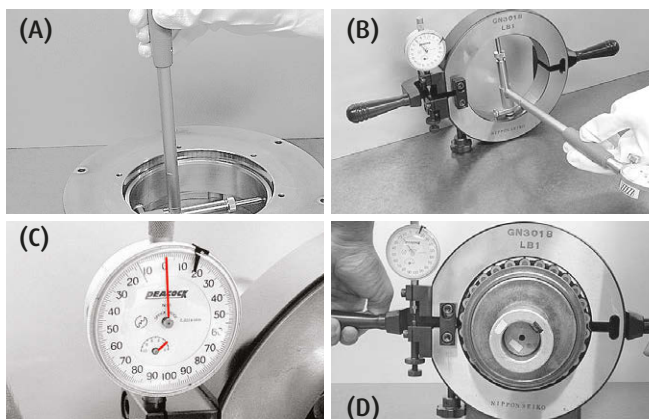
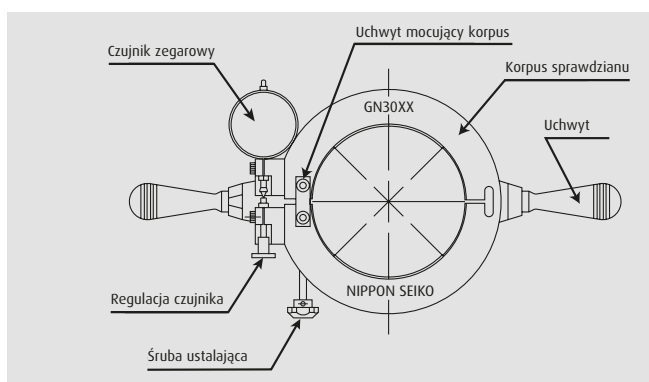
Montaż łożysk walcowych z otworem stożkowym – metoda z użyciem sprawdzianu

Montaż łożysk walcowych z otworem stożkowym – metoda z użyciem sprawdzianu

Jak napisano na stronie 22, luz po montażu łożyska stożkowego jest bardzo ważny dla optymalnego działania wrzeciona.

W przypadku łożysk z otworem stożkowym zaleca się ustawienie lekkiego napięcia wstępnego z przodu wrzeciona i lekkiego luzu z tyłu wrzeciona. Procedurę tę łatwo wykonać przy pomocy specjalnych sprawdzianów GN.

Sprawdzian GN jest przyrządem do dopasowania części stożkowej wału z otworem stożkowym łożyska podczas montażu łożyska walcowego z otworem stożkowym na wrzecionie obrabiarki. Po montażu sprawdzian GN jest używany do precyzyjnej kontroli wewnętrznego luzu promieniowego łożyska. Przyrząd ten jest szczególnie efektywny kiedy stosowane jest łożysko walcowe z napięciem wstępnym promieniowym.



Metoda

Krok 1

Włożyć pierścień zewnętrzny do oprawy.

(Zazwyczaj pasowanie zawiera się pomiędzy 2 μm luzem i 2 μm wciskiem)

Krok 2

Za pomocą średnicówki zmierzyć średnicę otworu pierścienia zewnętrznego w czterech różnych miejscach.

Określić średnią pomiarów i wyzerować sprawdzian. **(A)**

(Przed wyzerowaniem sprawdzić, czy temperatury wszystkich elementów, pierścienia zewnętrznego w oprawie, pierścienia wewnętrznego i wału są takie same).

Krok 3

Ustawić średnicę wpisaną sprawdzianu GN. Chodzi o to, aby średnica otworu sprawdzianu GN odwzorowywała średnicę pierścienia zewnętrznego po włożeniu do oprawy. **(B)**

Odkręcić śrubę mocującą uchwytu korpusu sprawdzianu GN. Umieścić średnicówkę na powierzchni średnicy wpisanej sprawdzianu GN i ustawić śrubę ustalającą tak, aby czujnik zegarowy średnicówki pokazał zero (zob. rysunek po lewej) (Używać sprawdzianu GN w pozycji pionowej w celu uniknięcia niedokładności spowodowanych jego własnym ciężarem).

Krok 4

Ustawić współczynnik korekty, jeżeli będzie to konieczne.

Korzystając z regulacji czujnika sprawdzianu GN ustawić wskazówkę główną na czerwonej linii zaznaczonej na szkiełku czujnika zegarowego. Potwierdzić, że krótka igła znajduje się przy 2 na zegarze pomocniczym. **(C)**

(Korekta sprawdzianu pozwala uwzględnić odkształcenie sprężyste wałeczków spowodowane naciskiem pomiarowym sprawdzianu. Wielkość korekty dla każdego sprawdzianu ustalana jest przy wysyłce sprawdzianu).

Krok 5

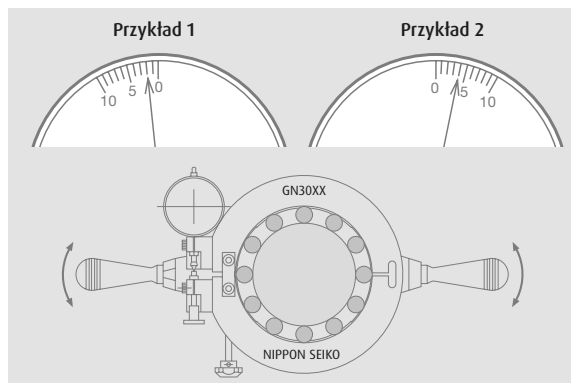
Zamontować wyczyszczony pierścień wewnętrzny (nienasmarowany) na wałku i dokręcić lekko nakrętkę zabezpieczającą.

Krok 6

Rozszerzyć korpus sprawdzianu GN za pomocą śruby ustalającej o 0,2 mm do 0,3 mm. Umieścić centralnie na wałeczkach pierścienia wewnętrznego i zwolnić śrubę ustalającą, tak aby sprawdzian GN zamknął się na wałeczkach. (D)

Krok 7

Poruszać delikatnie sprawdzianem GN na boki, tak jak to pokazano, aby ustabilizować wskazania czujnika zegarowego. Dokręcać nakrętkę zabezpieczającą wał do momentu, aż czujnik zegarowy nie wskaże wartości zero.



Czytanie czujnika zegarowego

Odczyt wskazań czujnika zegarowego Jeżeli wskazówka czujnika zegarowego znajduje się na prawo od wartości zerowej, oznacza to obecność luzu. Jeżeli wskazówka czujnika zegarowego znajduje się na lewo od wartości zerowej, oznacza to obecność napięcia wstępnego. Rzeczywista wartość luzu lub napięcia wstępnego to 1/2 wskazań czujnika. W **przykładzie 1** wskazówka wskazuje wartość 2 na lewo od wartości zerowej. Oznacza to luz $-1 \mu\text{m}$ lub napięcie wstępne $1 \mu\text{m}$. W **przykładzie 2** wskazówka wskazuje wartość 4 na prawo od wartości zerowej, co oznacza luz $2 \mu\text{m}$.

10. Użyteczna wskazówka

W przypadku, gdy obok łożyska walcowego montowane jest łożysko wzdłużne, podczas regulacji lepiej jest zastosować przekładkę montażową o takiej samej szerokości, jak łożysko wzdłużne. Pozwoli to zapobiec uszkodzeniu łożyska wzdłużnego na skutek wielokrotnego wciskania i ściągania łożyska.

Krok 8

Rozszerzyć korpus sprawdzianu GN za pomocą śruby regulacyjnej i delikatnie zdjąć go z zespołu, unikając uderzenia wałeczków.

Krok 9

Zmierzyć luz pomiędzy czołem tylnym pierścienia wewnętrznego łożyska walcowego i odsadzeniem wału lub przekładki. Za pomocą płytki wzorcowej zmierzyć w kilku miejscach (najlepiej w czterech) szczelinę po obwodzie i zapisać wartość średnią. Do tej szerokości należy dorobić pierścień dystansowy.

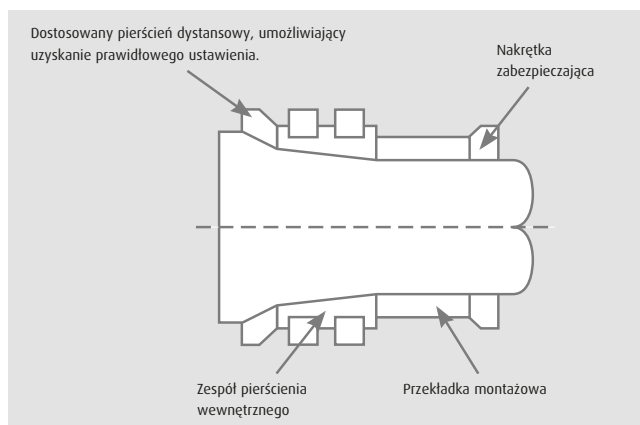


Krok 10

Zdjąć nakrętkę zabezpieczającą i łożysko z wału. Zamontować dopasowany pierścień dystansowy i ponownie zamontować łożysko i nakrętkę zabezpieczającą.

Krok 11

Ponownie sprawdzić wartość luzu / napięcia wstępnego umieszczając rozszerzony sprawdzian na wałeczkach i wyregulować śrubę tak, aby sprawdzian zetknął się z wałeczkami. Postępując zgodnie ze wskazówkami podanymi w kroku 7 ponownie sprawdzić, czy uzyskano docelowe wartości luzu / napięcia wstępnego.



Montaż

Standardowe konstrukcje wrzecion

Typowe wrzeciono średnioobrotowe

Typ wrzeciona:

Typ 1

Typowe zastosowania:

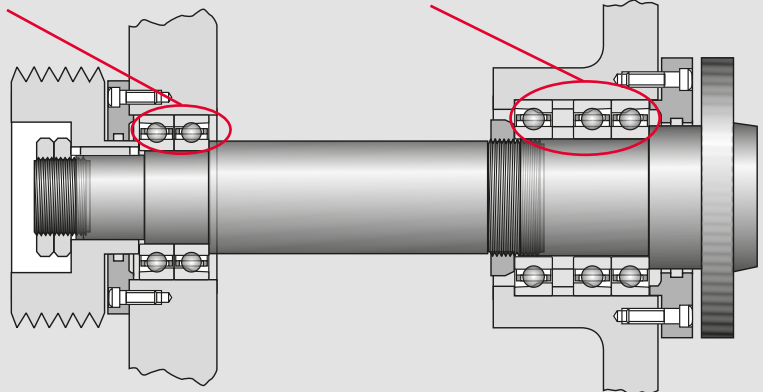
Tokarki i centra obróbcze
ogólnego zastosowania

Strona swobodna

- › napięcie wstępne pozycyjne
- › pierścienie zewnętrzne zamontowane jako swobodne

Strona ustalona

- › napięcie wstępne pozycyjne
- › pierścienie zewnętrzne zamontowane jako ustalone



Typowe wrzeciono głowicy

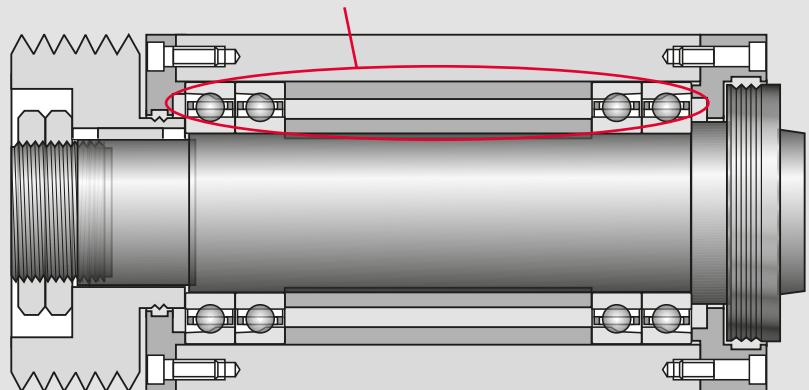
Typ wrzeciona:

Typ 2

Typowe zastosowania:

Tokarki i centra obróbcze
ogólnego zastosowania

Uwaga: wszystkie łożyska napinane wstępnie razem, tj. jako jeden zestaw.
Oba pierścienie dystansowe muszą mieć taką samą szerokość.



Typowe wrzeciono wysokoobrotowe

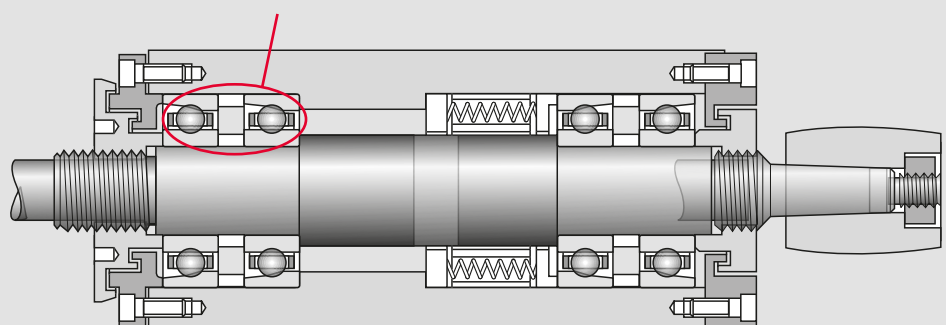
Typ wrzeciona:

Typ 3

Typowe zastosowania:

Wrzeciono szlifierki
wysokoobrotowej

Uwaga: łożysko końca roboczego ustalone,
łożysko tylne napięte wstępnie sprężyną.

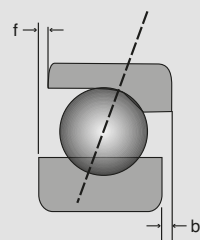


Montaż

Podsumowanie konstrukcji wrzecion

Potwierdzanie pasowań wału i oprawy

- › Na etykiecie umieszczonej na pudełku z łożyskiem sprawdź dokładnie wymiary średnicy otworu i średnicy zewnętrznej łożyska podane z dokładnością jednego mikrona.
- › Zmierz średnicę zewnętrzną wału i średnicę otworu w oprawie w miejscach, w których montowane będzie łożysko.
- › Oblicz pasowania wału i oprawy i porównaj je z danymi producenta wrzeciona lub wytycznymi NSK.
- › Pasowanie łożyska na wałe z nadmiernym wciskiem lub pasowanie łożyska w oprawie ze zbyt małym luzem może prowadzić do zbyt dużego napięcia wstępnego i zatarcia łożyska.
- › Pasowanie łożyska w oprawie z tyłu wrzeciona ze zbyt małym luzem może uniemożliwić swobodny ruch łożysk tylnych i wału w otworze oprawy wynikający z wydłużania się wału na skutek zmian temperatury.



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

D = Średnica zewnętrzna łożyska
d = Średnica otworu łożyska
C = Szerokość łożyska



Montaż

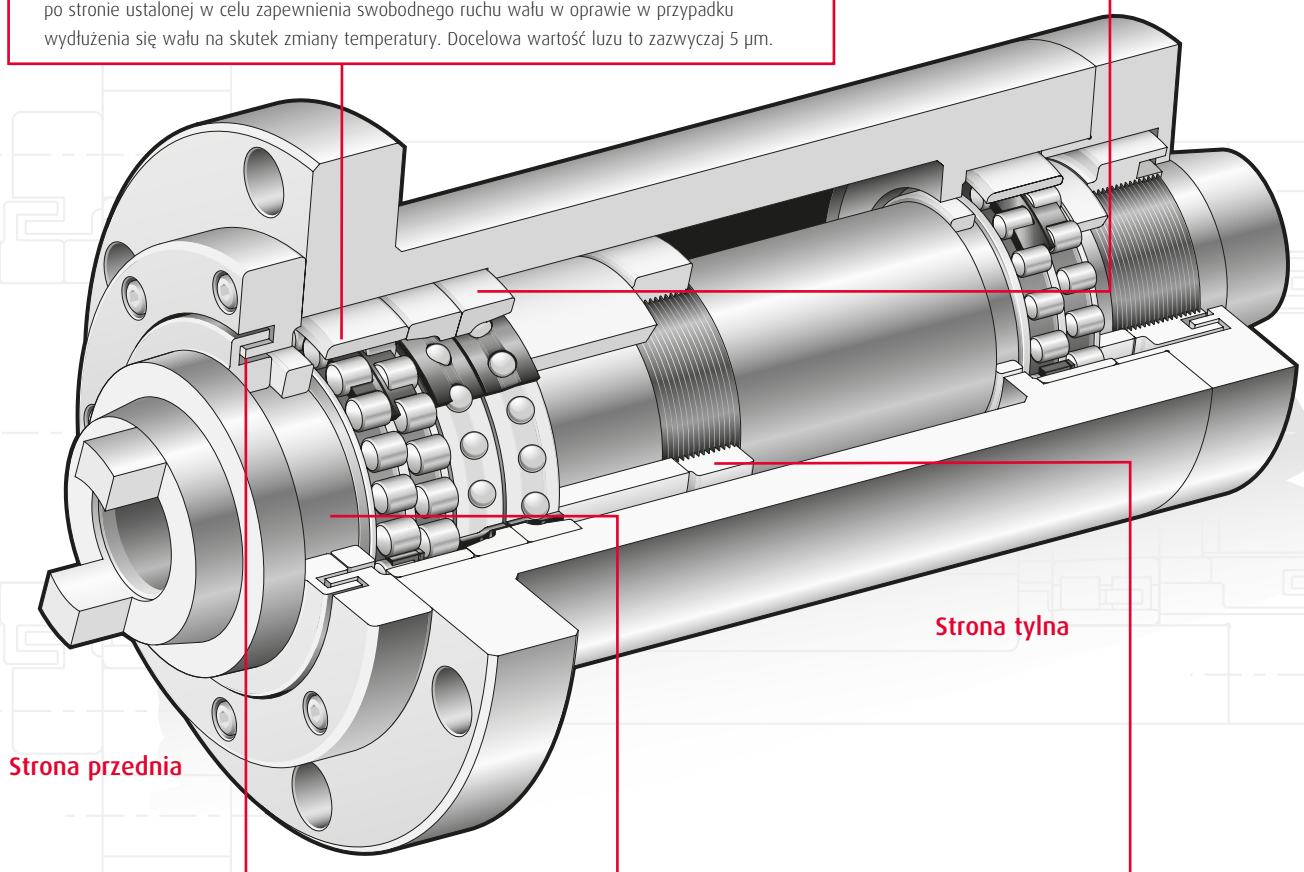
Wrzeciono o dużej nośności

łożyska walcowe (z przodu i z tyłu)

- › łożyska walcowe dwurzędowe (NN3XXX) z otworami stożkowymi pozwalają na precyzyjne ustawienie luzu wewnętrznego (pomiędzy wałeczkami i otworem pierścienia zewnętrznego).
- › Sprawdzić dopasowanie stożka otworu łożyska i stożkowego odcinka wału.
- › Luz promieniowy zależy od producenta wrzeciona, konstrukcji wrzeciona, temperatury roboczej itp. (sprawdzić dane producenta lub wytyczne NSK). Zazwyczaj wartość docelowa to napięcie wstępne 2 μm .
- › Docelowa wartość pasowania pierścienia zewnętrznego w oprawie zawiera się pomiędzy 2 μm luzem i 2 μm wciśnięciem.
- › Strona ustalona: nadmierne napięcie wstępne (ujemny luz promieniowy) może prowadzić do przegrzewania się i zatarcia łożyska.
- › Strona tylna: łożysko jest zazwyczaj montowane z większym luzem promieniowym niż łożysko po stronie ustalonej w celu zapewnienia swobodnego ruchu wału w oprawie w przypadku wydłużenia się wału na skutek zmiany temperatury. Docelowa wartość luzu to zazwyczaj 5 μm .

łożyska kulkowe skośne wzdłużne

- › NSK oferuje dwa typy łożysk kulkowych skośnych wzdłużnych: BAR (30°) lub BTR (40°).
- › łożyska te zostały zaprojektowane tak, aby przenosić jedynie obciążenia wzdłużne dzięki specjalnej tolerancji średnicy zewnętrznej łożyska.
- › łożyska skośne o standardowej tolerancji średnicy zewnętrznej mogą ulec uszkodzeniu.
- › łożysko walcowe dwurzędowe będzie przenosić obciążenie promieniowe.



Uszczelnienie labiryntowe łożysk z przodu wrzeciona

- › W większości wrzecion należy stosować uszczelnienie labiryntowe w celu zminimalizowania zanieczyszczeń.
- › W uszczelnieniach labiryntowych wykorzystujących barierę powietrzną należy stosować czyste i suche powietrze.
- › Unikać kierowania cieczy chłodzącej bezpośrednio na końcówkę obrabiarki.

Pierścień ustalający

- › Pierścień ten jest umieszczany obok i przed łożyskami walcowymi dwurzędowymi (NN3xxx).
- › Szerokość pierścienia determinuje położenie łożyska na stożkowej części wału i określa wewnętrzny luz promieniowy po montażu.
- › Pierścień należy oszlifować do określonej szerokości po ustaleniu wewnętrznego luzu promieniowego i przed ostatecznym montażem łożyska NN3xxx.

Nakrętka zabezpieczająca

- › Nakrętkę zabezpieczającą należy dokręcić na tyle mocno, aby zapobiec cofaniu się łożyska.
- › W przypadku obluźnienia, łożysko może utracić napięcie wstępne i sztywność, a wrzeciono może przestać zapewniać poprawną obróbkę i może nadmierne hałasować.
- › Po dokręceniu sprawdzić, czy zespół wału i łożyska jest prosty.

Montaż

Wrzeciona średnio- i wysokoobrotowe

Pokrywa zamykająca

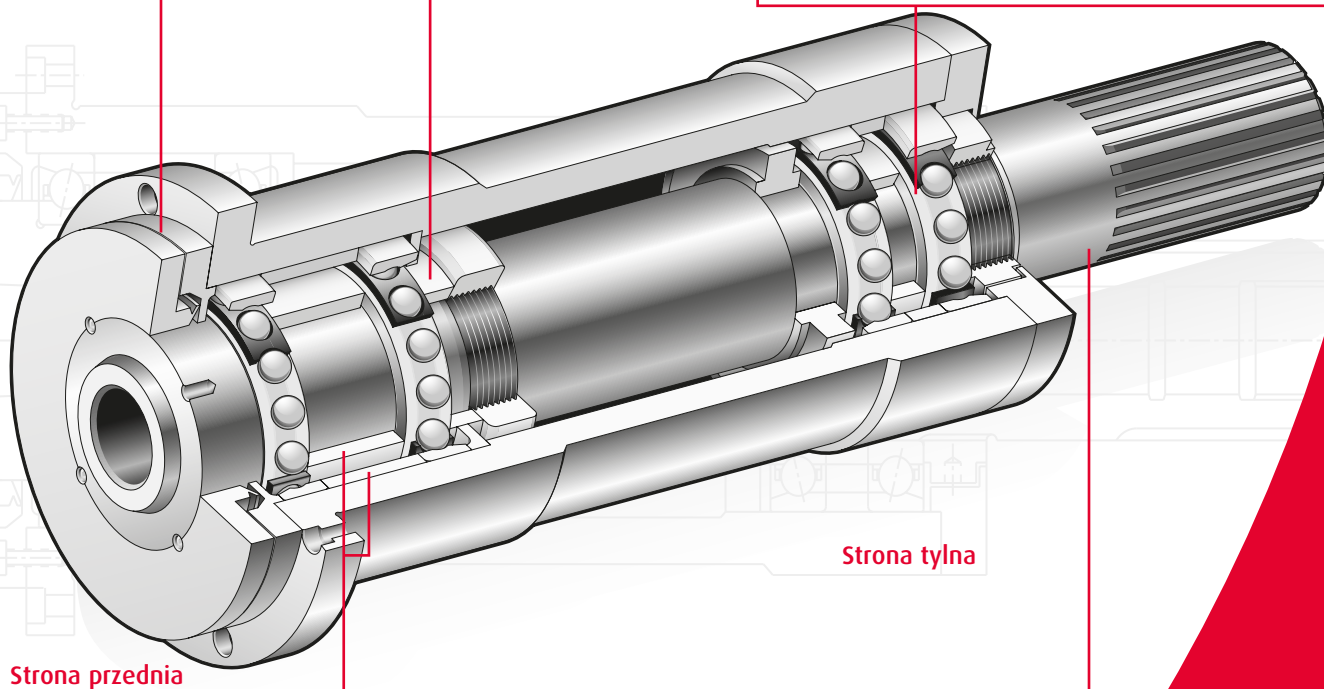
- › Większość wrzecion wyposażona jest w pokrywę zamykającą, która powinna lekko dociskać pierścień zewnętrzny łożyska.
- › Zalecany docisk osiowy 10 - 30 μm .
- › Powierzchnia dociskająca powinna być płaska i równoległa do powierzchni zewnętrznej kołnierza montażowego pokrywy zamykającej stykającego się z oprawą. Zapewni to równomierny nacisk na pierścień zewnętrzny łożyska.
- › Nadmierny i/lub nierównomierny nacisk może prowadzić do nadmiernego szumu łożyska lub utraty napięcia wstępnego.

Przekładka nakrętki zabezpieczającej

- › Przekładka ta umieszczana jest pomiędzy pierścieniem wewnętrznym łożyska i nakrętką zabezpieczającą (w większości wrzecion).
- › Przekładka zapewnia równomierny nacisk nakrętki na pierścień wewnętrzny łożyska.
- › Powierzchnie współpracujące powinny być płaskie i równoległe.

Łożyska kulkowe skośne z tyłu wrzeciona

- › Łożyska z tyłu wrzeciona i wał muszą być zamontowane swobodnie, aby umożliwić poruszanie się wału w przypadku wydłużenia wału na skutek zmiany temperatury. W związku z tym łożysko tylne powinno być zamontowane w oprawie z pasowaniem luźnym.
- › Wartość pasowania luźnego należy obliczyć w oparciu o pomiar średnicy otworu oprawy oraz średnicę zewnętrzną łożyska podaną na pudełku łożyska.
- › Obliczoną wartość pasowania należy porównać z danymi producenta lub wytycznymi NSK.
- › Łożyska z tyłu wrzeciona są zazwyczaj montowane z co najwyżej lekkim napięciem wstępnym.
- › W przypadku wrzecion wysokoobrotowych zamiast łożysk kulkowych skośnych zastosowane może być łożysko walcowe jednorzędowe, w którym pierścień zewnętrzny jest pasowany ciasno, a ruch osiowy możliwy jest dzięki przesuwaniu się waleczków względem średnicy zewnętrznej otworu.



Pierścienie dystansowe (przekładki) łożysk

- › Pierścienie dystansowe pomiędzy łożyskami zwiększają sztywność na zginanie przedniej strony wrzeciona.
- › Pierścienie dystansowe mogą obniżyć temperaturę osiąganą przez łożyska podczas pracy dzięki rozdzieleniu łożysk, w zależności od konstrukcji wrzeciona i warunków pracy.
- › Tam, gdzie jest to wymagane, zastosowanie pierścieni dystansowych o odpowiednio dobranych wymiarach może zmniejszyć lub zwiększyć napięcie wstępne łożysk po montażu.
- › Zmniejszenie napięcia wstępnego może zwiększyć prędkość roboczą wrzeciona lub zmniejszyć temperaturę łożysk podczas pracy, szczególnie w przypadku łożysk smarowanych smarem.
- › Większe napięcie wstępne służy do zwiększania sztywności wrzeciona.

Współosiowość wału

- › Po zakończeniu montażu sprawdzić, czy wał jest w tym miejscu prosty w stosunku do przedniej strony wrzeciona.
- › Sprawdzić współosiowość wrzeciona i wału napędowego.
- › W przypadku wrzecion o napędzie pasowym unikać nadmiernego napinania pasa.

Czynności po montażu

Kontrole napięcia wstępnego

Sprawdzanie napięcia wstępnego

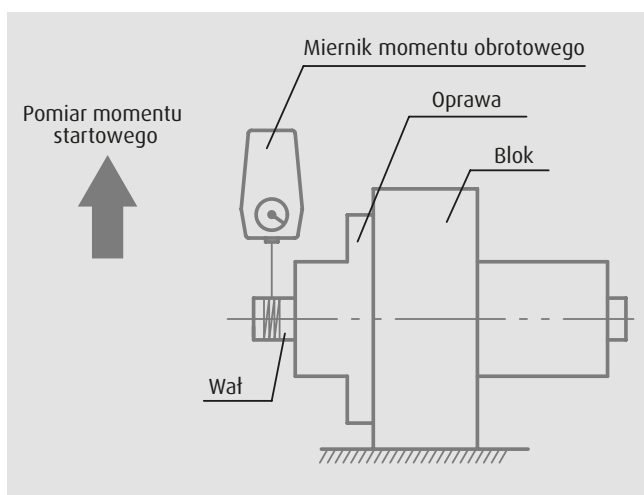
Ostateczne napięcie wstępne uzyskiwane po montażu jest ważne. Na napięcie wstępne wpłynąć mogą różne czynniki, takie jak pasowania, ściśnięcie przekładek, moment dokręcania nakrętki zabezpieczającej i prawidłowe osadzenie łożyska. Jeżeli napięcie wstępne po montażu jest większe niż wymagane, zwiększeniu ulegnie sztywność, co jest pozytywne, ale wzrośnie także temperatura, co w pewnych warunkach może doprowadzić do zatarcia łożyska. Jeżeli napięcie wstępne po montażu będzie zbyt małe, temperatura będzie niższa, ale jednocześnie sztywność może okazać się zbyt mała, aby umożliwić przenoszenie obciążeń zewnętrznych.

Metody kontroli napięcia wstępnego

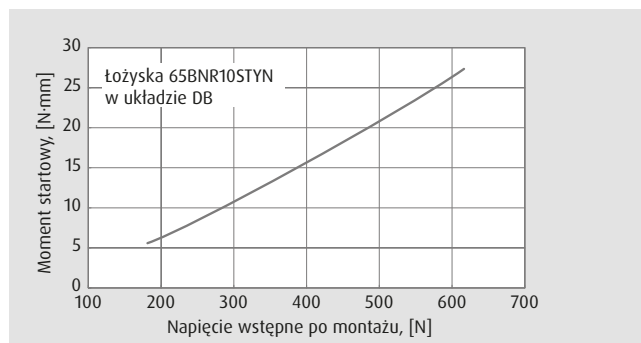
Napięcie wstępne po montażu łożysk skośnych można sprawdzić na trzy sposoby, w zależności od wymaganej wielkości napięcia wstępnego i dokładności.

1. Metoda momentu startowego

Moment startowy uzyskuje się poprzez pomiar siły stycznej na wrzecionie za pomocą wagi sprężynowej lub urządzenia do pomiaru momentu obrotowego, tak jak to pokazano poniżej:



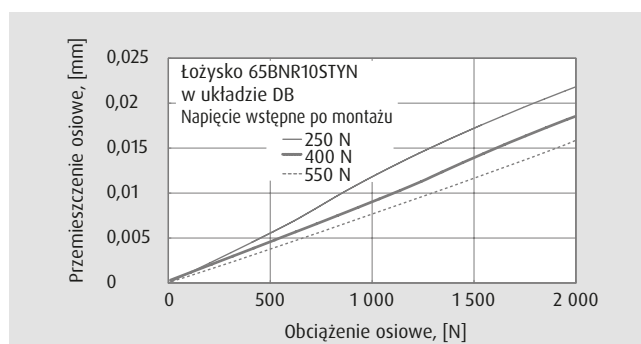
Podczas stosowania tej metody należy zachować ostrożność, ponieważ warstwa filmu olejowego w obszarze styku kulek może powodować zakleszczanie i powodować odczyt wartości wyższych niż rzeczywiste. Napięcie wstępne uzyskuje się z relacji pomiędzy zmierzonym momentem startowym i napięciem wstępnym. Na wykresie w sąsiedniej kolumnie przedstawiono przykład użycia metody momentu startowego:



Metoda ta najlepiej sprawdza się w zastosowaniach, w których napięcie wstępne jest duże. W większości wysokoobrotowych wrzecion maszyn obróbkowych napięcie wstępne jest mniejsze i błąd pomiaru może być duży.

2. Metoda statycznej sztywności osiowej

W przypadku tej metody do wrzeciona przykładana się obciążenie wzdłużne i mierzy bezpośrednio przemieszczenie osiowe wrzeciona, tak jak to pokazano poniżej. Napięcie wstępne uzyskuje się z relacji pomiędzy przemieszczeniem osiowym i napięciem wstępnym (zob. przykładowy wykres poniżej)



Metoda ta jest lepiej dostosowana do zastosowań, w których występuje niższe napięcie wstępne. Jeżeli napięcie wstępne jest bardzo duże, do przyłożenia odpowiednio dużego obciążenia osiowego konieczne może być użycie specjalnych urządzeń hydraulicznych. Na przykład, jeżeli sztywność osiowa wynosi $200 \text{ N}/\mu\text{m}$, do spowodowania przemieszczenia osiowego wynoszącego $10 \mu\text{m}$ konieczne będzie obciążenie osiowe o wartości 2000 N . Gdy obciążenie pomiarowe jest bardzo duże, pojawia się odkształcenie elastyczne zarówno elementów wewnętrznych łożyska, jak i współpracujących części maszyny; to z kolei sprawia, że zmierzona wartość napięcia wstępnego jest niższa niż wartość rzeczywista.



3. Metoda częstotliwości drgań własnych

Jest to jak dotąd najbardziej czuła i powtarzalna metoda, ale na wyniki może wpływać konstrukcja wrzeciona, zaś sam pomiar częstotliwości drgań własnych wrzeciona wymaga bardziej zaawansowanego wyposażenia.

Poprzez lekkie opukiwanie młotkiem wzbudzone są drgania wału w kierunku osiowym. Jednocześnie przy pomocy przyspieszeniomierza połączonego z analizatorem drgań mierzona jest częstotliwość rezonansowa wrzeciona (zob. rysunek po prawej).

Rzeczywistą wartość napięcia wstępnego po montażu można uzyskać z relacji częstotliwości rezonansowej (F_z) do stałej sprężystości osiowej zespołu wału (K_a) oraz relacji pomiędzy sztywnością i napięciem wstępnym.

Wzór na częstotliwość rezonansową

W niektórych przypadkach do uderzenia w zespół wału wykorzystuje się specjalny młotek z wbudowanym przetwornikiem, pozwalający na pomiar siły uderzenia. W takim przypadku napięcie wstępne można obliczyć bezpośrednio ze wzoru bez konieczności sporządzania wykresu. F_z to wartość wskazana przez analizator, M to obciążenie zespołu wału, zaś K_a = iloczyn siły i przemieszczenia (przemieszczenie zmierzone przez przyspieszeniomierz w μm).

Podsumowanie metod

Metoda częstotliwości drgań własnych nie nadaje się do zastosowań, w których wykorzystywane są łożyska z luzem, takich jak łożyska walcowe N lub NN, które nie są wstępnie napięte.

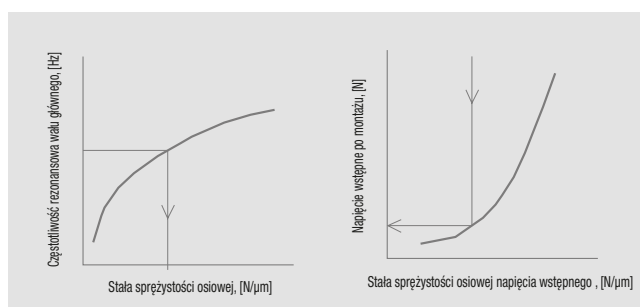
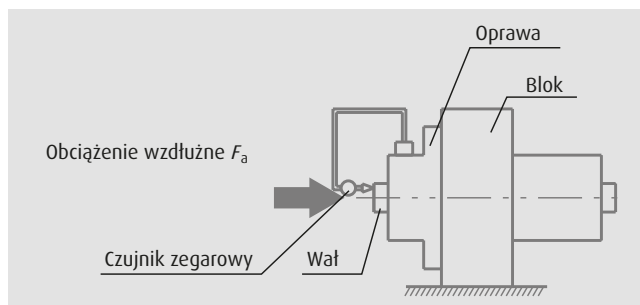
Metoda sztywności osiowej

Sztywność osiową można sprawdzić porównując uzyskane wartości przemieszczenia, tj. jeżeli przemieszczenie wynoszące $10 \mu\text{m}$ jest wynikiem obciążenia osiowego wynoszącego 1000 N , wówczas sztywność osiowa to $1000/10 = 100 \text{ N}/\mu\text{m}$.

Wartości sztywności osiowej par łożysk podane są w katalogu globalnym NSK. Wartości te dotyczą łożysk przed montażem i mają charakter wyłącznie informacyjny.

Wartości po montażu będą dużo wyższe ze względu na pasowania, siły dociskające itp.

NSK może na żądanie obliczyć wpływ pasowań i sił dociskających na sztywność.



$$F_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_a}{m}} \times 1000$$

K_a : stała sprężystości osiowej łożyska [$\text{N}/\mu\text{m}$]
 F_z : częstotliwość rezonansowa [Hz]
 m : masa obracającego się ciała [kg]

	Zalety	Wady
Metoda momentu startowego	Używana w przypadku dużego napięcia wstępnego. Jeżeli moment startowy jest duży, błąd pomiaru jest mały.	Niezbyt dobra w przypadku lekkiego napięcia wstępnego. Jeżeli moment startowy jest mały, błąd pomiaru jest duży.
Metoda statycznej sztywności osiowej	Używana w przypadku lekkiego napięcia wstępnego.	Niezbyt dobra w przypadku dużego napięcia wstępnego. Urządzenia obciążające są zbyt duże. Duże prawdopodobieństwo odkształcenia części współpracujących innych niż łożysko.
Metoda częstotliwości drgań własnych	Duża dokładność pomiaru. Dobra powtarzalność.	Nie można zignorować wpływu sposobu zamocowania wrzeciona.

Czynności po montażu

Osiowanie i wyważanie

Wyważanie

Wszelkie niewyważenie elementów obracających się będzie powodowało powtarzające się naprężenia lub nadmierne drgania spowodowane ruchem odśrodkowym. Dotyczy to w szczególności wrzecion obracających się z bardzo wysokimi prędkościami, tj. powyżej 1 miliona $d_{m,n}$.

$d_{m,n}$ to współczynnik prędkości obrotowej stosowany w branży łożysk i środków smarnych, będący po prostu iloczynem średniej średnicy łożyska w mm i prędkości obrotowej [min^{-1}], wyrażany zazwyczaj w milionach lub ułamkach miliona. Na przykład, łożysko A 7014 ma średnią średnicę 90 mm i jeżeli będzie się obracało podczas pracy z prędkością 12000 [min^{-1}], to wartość współczynnika $d_{m,n}$ będzie wynosić $90 \times 12000 = 1,08$ mln $d_{m,n}$ i będzie klasyfikowane jako wysokoobrotowe wymagające wyważenia.

Niewyważenie jest wyrażane albo w g-mm (gram-milimetr) albo w jednostkach systemu ISO lub ANSI jako G, to znaczy prędkość drgań wyrażona w mm/sek. (milimetr/sekundę). Na przykład, G1.0 odpowiada drganiom przy obrocie swobodnym wynoszącym 1,0 mm/sek., co jest wartością typową dla szlifierek precyzyjnych.

Klasy wyważenia G

- 0.4 Żyroskopy, szlifiereki ultraprecyzyjne
- 1.0 Szlifiereki wysokoobrotowe, silniki odrzutowe, małe wysokoobrotowe silniki elektryczne
- 2.5 Średnie i duże silniki elektryczne, napędy obrabiarek
- 6.3 Obrabiarki ogólnego zastosowania, wały i rolki w maszynach drukarskich

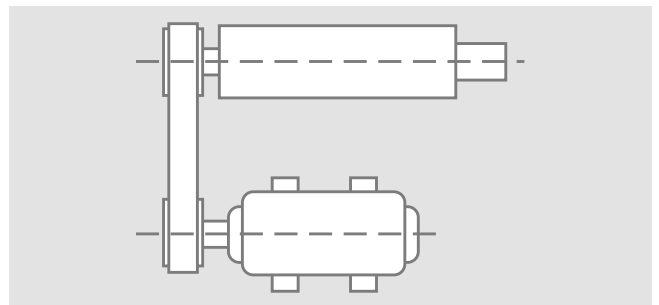
Górna granica klasy wyważenia to 4000.

Współosiowość

Istnieją dwa podstawowe rodzaje niewspółosiowości: kątowa i przemieszczenie. W rzeczywistości w większości zastosowań występuje połączenie tych dwóch rodzajów niewspółosiowości. Jeżeli niewspółosiowość nie zostanie zminimalizowana, wynikające z niej obciążenia chwilowe działające na łożysko mogą spowodować jego przedwczesne uszkodzenie.

Wrzeciona napędzane pasem klinowym

W zespołach wrzecion napędzanych pasem klinowym niewspółosiowość środka koła pasowego wrzeciona i środka koła pasowego silnika powinna wynosić 0,1 mm lub mniej.

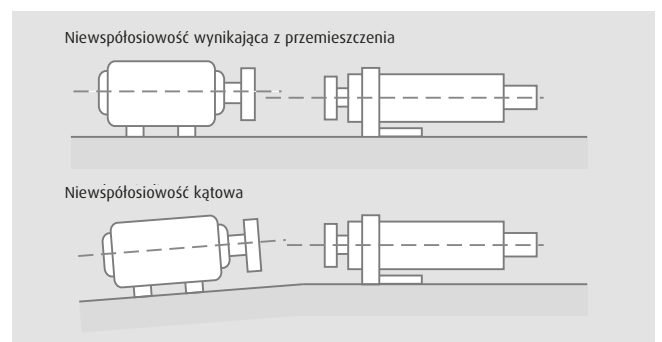


Połączenia sprzęgane

W przypadku stosowania bezpośredniego połączenia sprzęganego z napędem należy zachować ostrożność.

W przypadku zastosowań wymagających wysokich prędkości konieczne będzie stosowanie sprzęgieł specjalnych.

W połączeniach sprzęganych niewspółosiowość środka wału wrzeciona i środka wału silnika powinna wynosić 0,01 mm lub mniej.



Skutkiem niewspółosiowości wału może być:

- › Drganie wrzeciona
- › Zwiększone obciążenie łożysk
- › Uszkodzenie łożysk
- › Słaba jakość wykończenia powierzchni obrabianej
- › Zwiększone zużycie energii
- › Przedwczesne uszkodzenie łożyska

Czynności po montażu

Procedury docierania łożysk

Procedury docierania

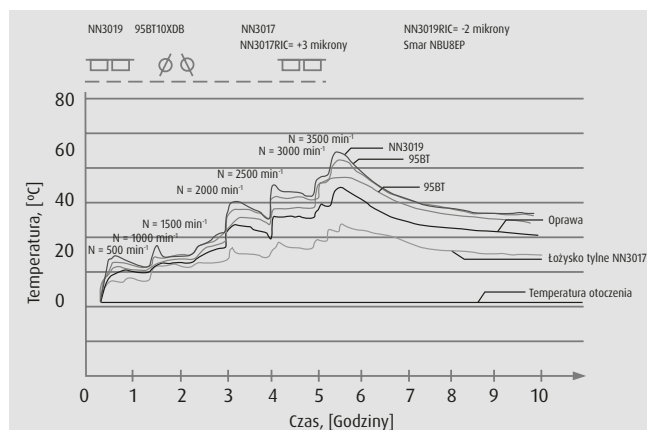
Docieranie jest bardzo istotne dla zapewnienia odpowiedniego czasu eksploatacji łożysk. Procedura ta, będąc ostatnią z procedur wykonywanych w procesie montażu łożyska, pomaga w wykryciu ewentualnych problemów z wrzecionem. Proces docierania ma na celu usunięcie nadmiaru smaru ze ścieżki, po której poruszają się elementy toczne. Niewłaściwe docieranie spowoduje przegrzewanie się łożyska i może doprowadzić ostatecznie do przedwczesnego uszkodzenia łożysk spowodowanego uszkodzeniem smaru. Istnieją dwie metody docierania: w pracy ciągłej i z przerwami.

Procedura docierania w pracy ciągłej

Praca ciągła polega na stopniowym zwiększaniu prędkości pracy, począwszy od bardzo niewielkiej. Jakkolwiek czasochłonna, procedura ta pomaga operatorowi maszyny w wykryciu potencjalnych problemów dotyczących wrzeciona, a przez to w uniknięciu kosztownych uszkodzeń łożyska.

Procedura (proces może trwać do 18 godzin)

1. Rozpoczęcie z odpowiednio niską prędkością pracy.
2. Monitorowanie wzrostu temperatury.
3. Osiągnięcie stabilnej temperatury.
4. Kontynuowanie stopniowego podnoszenia prędkości pracy do prędkości maksymalnej.



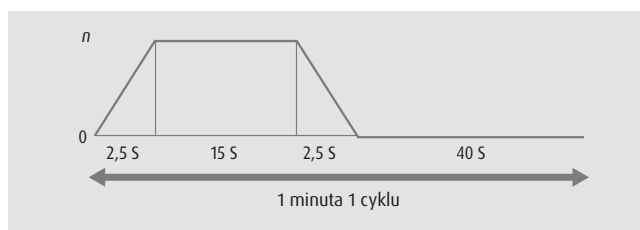
Uwaga: bardzo ważne jest, aby w przypadku osiągnięcia temperatury 70°C przez łożyska lub 50°C przez oprawę wyłączyć maszynę. Temperatury te mogą spowodować przedwczesne uszkodzenie łożysk.

Procedura docierania z przerwami

Docieranie z przerwami jest dobrą opcją, jeżeli na docieranie nie ma zbyt dużo czasu. Proces polega na zatrzymaniu urządzenia i stabilizowaniu temperatur przed wystąpieniem gwałtownego wzrostu temperatury (powodowanego szybkim przemieszczaniem smaru na ścieżce, po której poruszają się kulki podczas pracy łożyska)

Procedura

1. Najpierw należy wziąć maksymalną prędkość pracy i podzielić ją na osiem lub dziesięć etapów w celu określenia maksymalnej prędkości docelowej dla każdego etapu.
2. Każdy etap dzieli się na 10 cykli, z których każdy trwa około 1 minuty.
3. Podczas każdego cyklu należy gwałtownie przyspieszyć zespół wrzeciona do prędkości docelowej dla danego cyklu, a następnie zwolnić z powrotem do zera i odczekać około 40 sekund.
4. Cykl taki należy powtórzyć około 10 razy.
5. Przejdź do kolejnego etapu i powtórz powyższą procedurę, aż osiągnięta zostanie prędkość docelowa, tj. jeżeli prędkość maksymalna wynosi 8000 min⁻¹, w pierwszym etapie można wykonać 10 cykl z prędkością 1000 min⁻¹, następnie przejść do prędkości 2000 min⁻¹ i tak dalej do osiągnięcia 8000 min⁻¹.



11. Użyteczna wskazówka

Korzystne może być uruchomienie wstępne wrzeciona z niską prędkością, na przykład wynoszącą 5 % prędkości maksymalnej przez około 15 minut, by delikatnie rozprowadzić smar w łożysku i upewnić się, nie ma żadnych problemów mechanicznych lub niedokręconych śrub. Po zakończeniu procedury docierania dobrze jest także pozwolić pracować urządzeniu z maksymalną prędkością roboczą przez około 1 godzinę.

Czynności po montażu

Diagnozowanie problemów – Przyczyny wysokiej temperatury

Przyczyny wysokiej temperatury

Po zakończeniu montażu należy przeprowadzić próbne uruchomienie w celu sprawdzenia, czy łożysko zostało zamontowane prawidłowo.

Temperaturę najlepiej jest mierzyć bezpośrednio za pomocą termopary na pierścieniu zewnętrznym łożyska. Jeżeli nie jest to możliwe, ogólne wskazanie temperatury łożyska można uzyskać mierząc temperaturę zewnętrznej powierzchni oprawy.

Temperatura łożyska powinna rosnąć stopniowo do stabilnego poziomu w ciągu od jednej do dwóch godzin, w zależności od wielkości urządzenia i zużycia energii po uruchomieniu. W przypadku problemów z łożyskiem lub problemów związanych z montażem temperatura łożyska może wzrosnąć gwałtownie i osiągnąć nieprawidłowo wysoką wartość.

Przyczyn wysokiej temperatury może być wiele, od nadmiernej ilości środka smarnego powodującego nadmierne tarcie na skutek ubijania środka smarnego po niedostateczne smarowanie, powodujące brak środka smarnego i wysokie tarcie elementów współpracujących. W tym drugim przypadku nadmierny wzrost temperatury może nastąpić po dłuższym czasie, ale w przypadku nadmiernej ilości środka smarnego wysoka temperatura osiągnięta jest zazwyczaj od razu po uruchomieniu. Inne przyczyny wysokiej temperatury obejmują niedostateczny luz w łożysku, nieprawidłowy montaż lub nadmierne tarcie uszczeltek. W przypadku zastosowań wymagających wysokich prędkości do nienormalnie wysokich i niestabilnych temperatur może prowadzić zastosowanie łożyska lub smaru niewłaściwego typu bądź nieprawidłowej metody smarowania.

W tabeli zamieszczonej poniżej przedstawiono przyczyny nadmiernej temperatury, drgań, wycieków środka smarnego oraz sposoby usuwania tych problemów.

	Przyczyna	Środki zaradcze
Nienormalny wzrost temperatury	Nadmierna ilość środka smarnego	Zmniejszyć ilość smaru lub wybrać twardszy smar
	Niewystarczająca ilość środka smarnego lub niewłaściwy środek smarny	Uzupełnić środek smarny lub wybrać środek smarny o lepszej jakości.
	Nienormalne obciążenie	Poprawić pasowanie, luz wewnętrzny, napięcie wstępne lub pozycję obrzeża oprawy.
	Nieprawidłowy montaż	Poprawić dokładność obróbki oraz osiowanie wału i oprawy, dokładność montażu lub metodę montażu
	Pękanie pasowanych powierzchni, nadmierne tarcie uszczeltek	Poprawić uszczelki, wymienić łożysko lub poprawić pasowanie lub montaż.
Drgania (bicie promieniowe wału)	Odciski Brinella	Wymienić łożysko i zachować ostrożność podczas obsługi i montażu łożyska.
	Złuszczenie	Wymienić łożysko.
	Nieprawidłowy montaż	Poprawić prostopadłość pomiędzy wałem a odsadzeniem oprawy lub czółem pierścienia dystansowego.
	Wnikanie ciał obcych	Wymienić lub wyczyścić łożysko, poprawić uszczelnienie.
Wyciek lub przebarwienie środka smarnego	Nadmierna ilość środka smarnego. Przedostanie się obcych zanieczyszczeń lub wiórów ściernych do wnętrza łożyska.	Zmniejszyć ilość środka smarnego, wybrać twardszy smar. Wymienić łożysko lub środek smarny. Wyczyścić oprawę i sąsiednie części.

Czynności po montażu

Diagnozowanie problemów – Przyczyny nadmiernego szumu łożysk

Przyczyny nadmiernego szumu łożysk

Dźwięki wydawane przez łożyska można skontrolować przy pomocy przyrządów akustycznych lub innych instrumentów. Głośne, metaliczne dźwięki lub dźwięki nieregularne wskazują na problem z łożyskiem.

Możliwe przyczyny nadmiernego szumu łożysk obejmują nieprawidłowe smarowanie, słabą współosiowość wału i oprawy lub wniknięcie zanieczyszczeń zewnętrznych do łożyska. W tabeli zamieszczonej poniżej przedstawiono przyczyny i sposoby usuwania problemów.

Nieregularności		Możliwa przyczyna	Środki zaradcze
Hałas	Głośny, metaliczny dźwięk ¹	Nienormalne obciążenie	Poprawić pasowanie, luz wewnętrzny, napięcie wstępne lub pozycję obrzeża oprawy.
		Nieprawidłowy montaż	Poprawić dokładność obróbki oraz osiowanie wału i oprawy, dokładność montażu lub metodę montażu.
		Niewystarczająca ilość środka smarnego lub niewłaściwy środek smarny	Uzupełnić środek smarny lub wybrać środek smarny o lepszej jakości.
		Stykanie się ze sobą części obracających się.	Zmodyfikować uszczelkę labiryntową itp.
	Głośny, nieregularny dźwięk	Wgniecenia powstałe na skutek obecności ciał obcych, korozji, wad powierzchni lub zarysowań powierzchni bieżni	Wymienić lub wyczyścić łożysko, poprawić uszczelnienie i zastosować czysty środek smarny
		Odciski Brinella	Wymienić łożysko i ostrożnie się z nim obchodzić.
		Złuszczenie się bieżni	Wymienić łożysko.
	Nieregularny dźwięk	Nadmierny luz	Poprawić pasowanie, luz i napięcie wstępne.
		Wnikanie ciał obcych	Wymienić lub wyczyścić łożysko, poprawić uszczelnienie i zastosować czysty środek smarny.
		Odształcenia lub złuszczenia kulek	Wymienić łożysko.
Nienormalny wzrost temperatury	Nadmierna ilość środka smarnego	Zmniejszyć ilość środka smarnego lub wybrać twardszy smar.	
	Niewystarczająca ilość środka smarnego lub niewłaściwy środek smarny	Uzupełnić środek smarny lub wybrać środek smarny o lepszej jakości.	
	Nienormalne obciążenie	Poprawić pasowanie, luz wewnętrzny, napięcie wstępne lub pozycję obrzeża oprawy.	
	Nieprawidłowy montaż	Poprawić dokładność obróbki oraz osiowanie wału i oprawy, dokładność montażu lub metodę montażu.	
	Pelzanie pasowanych powierzchni, nadmierne tarcie uszczelki	Poprawić uszczelki, wymienić łożysko lub poprawić pasowanie lub montaż.	
Organia (bicie promieniowe wału)	Odciski Brinella	Wymienić łożysko i ostrożnie się z nim obchodzić.	
	Złuszczenie się bieżni	Wymienić łożysko.	
	Nieprawidłowy montaż	Poprawić prostopadłość pomiędzy wałem a odsadzeniem oprawy lub czołem pierścienia dystansowego.	
	Wnikanie ciał obcych	Wymienić lub wyczyścić łożysko, poprawić uszczelnienie.	
Wyciek lub przebarwienie środka smarnego	Nadmierna ilość środka smarnego. Przedostanie się obcych zanieczyszczeń lub wiórów ściernych do wnętrza łożyska	Zmniejszyć ilość środka smarnego, wybrać twardszy smar. Wymienić łożysko lub środek smarny. Wyczyścić oprawę i sąsiednie części.	

Uwaga ⁽¹⁾ W przypadku smarowania smarem łożysk walcowych lub kulkowych (o średnich i dużych rozmiarach) może występować świsł. Dotyczy to zwłaszcza okresu zimowego, gdy temperatura jest niska. Generalnie, nawet kiedy pojawi się to zjawisko, temperatura łożyska nie wzrośnie i nie będzie oddziaływać na zmęczenie materiału oraz smaru. W konsekwencji takie łożysko może w dalszym ciągu być używane. W przypadku pytań dotyczących świsł prosimy o skontaktowanie się z NSK.

Modernizacja Przeгляд



W poniższej sekcji przedstawiono możliwości polepszenia parametrów wrzeciona poprzez zamianę łożysk standardowych na produkty specjalne, zaprojektowane do konkretnych zastosowań. Sekcja ta wskazuje ponadto obszary, w których można osiągnąć lepsze rezultaty stosując zmodernizowane produkty, takie jak łożyska uszczelnione zamiast łożysk otwartych.

W poniższej sekcji omawiane są następujące produkty:

› **Łożyska Robust**

Skonstruowane do pracy z bardzo wysokimi prędkościami przy niewielkim wzroście temperatury. Dostępne zarówno jako łożyska skośne, jak i walcowe.

› **Ulepszony materiał**

NSK oferuje stal, materiały ceramiczne i specjalne materiały SHX lub EP, zwiększające trwałość zmęczeniową w trudnych warunkach pracy.

› **Łożyska uszczelnione**

Umożliwiają wyeliminowanie zanieczyszczenia łożyska przed montażem i podczas pracy, zapewniając w ten sposób większą trwałość smaru. NSK oferuje uszczelnione łożyska skośne do wrzecion oraz uszczelnione łożyska do podparcia śrub kulowych.

› **Łożyska hybrydowe**

Łożyska z ceramicznymi kulkami, zapewniające niższe temperatury, wyższe prędkości, wyższą precyzję, zmniejszone zużycie, większą sztywność i większą trwałość.

› **Koszyki TYN**

Przeznaczone w szczególności do łożysk smarowanych smarem i wykorzystywane w łożyskach kulkowych skośnych.

› **Koszyki TB**

Wykorzystywane w łożyskach walcowych przeznaczonych do zastosowań wymagających większych prędkości.

› **Łożyska TAC do konwersji**

Zamiana łożysk wzdłużnych dwukierunkowych o kącie działania 60° na łatwiejsze w montażu i smarowaniu łożyska serii BTR i BAR o kącie działania 40° i 30° zapewnia wyższe prędkości pracy.

Modernizacja

Łożyska Robust – łożyska skośne

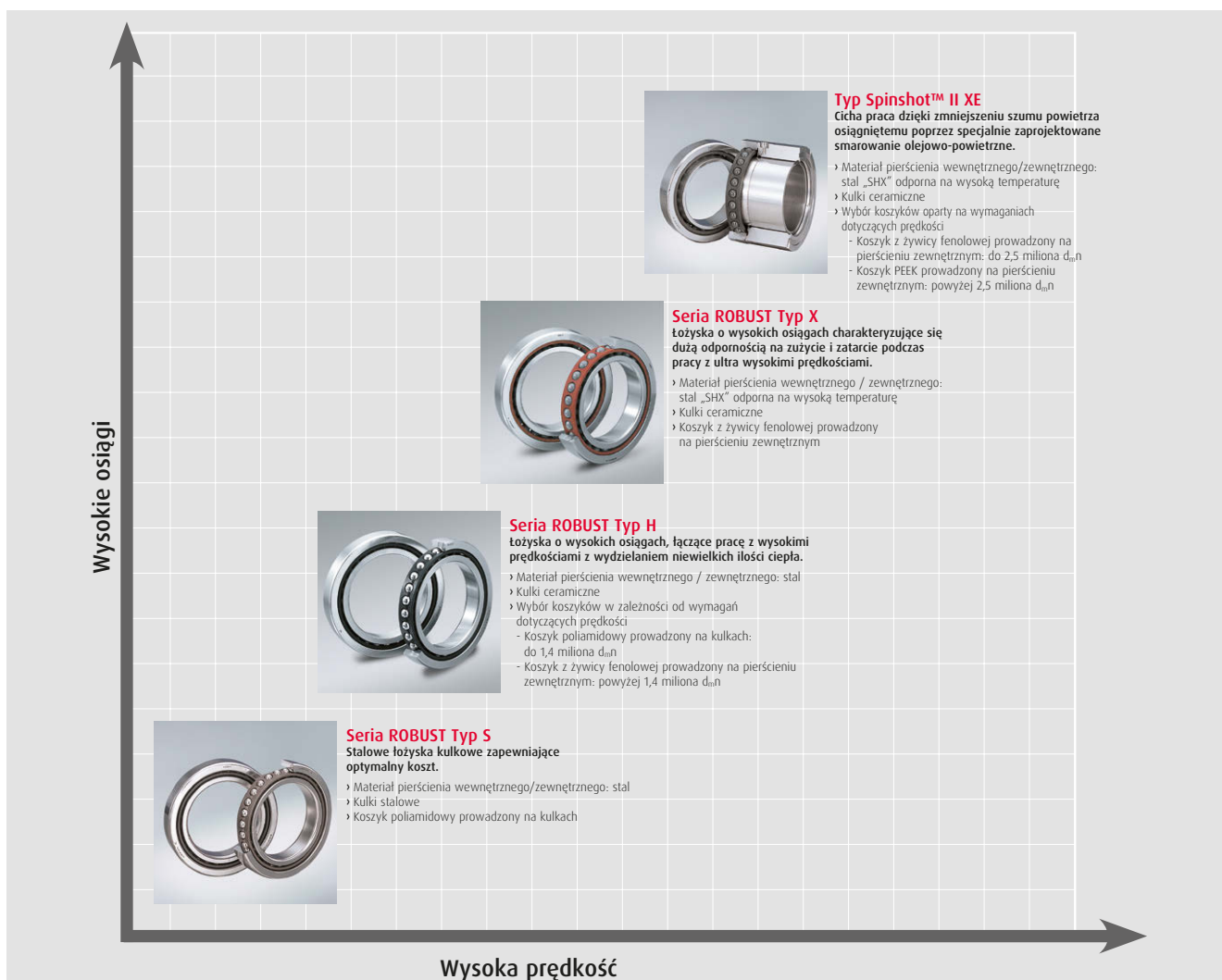
Łożyska Robust to łożyska skonstruowane do pracy z bardzo wysokimi prędkościami przy niewielkim wzroście temperatury, umożliwiające uzyskanie większej wydajności przy takich samych rozmiarach łożyska.

Zalety:

- › Niskie generowanie ciepła
- › Duża odporność na zatarcie
- › Większa stabilność temperaturowa
- › Stabilność podczas pracy z wysoką prędkością

Przykłady oznaczeń:

S-Type	w całości ze stali	70BNR10STSULP3
H-Type	stalowe pierścienie i ceramiczne kulki	70BNR10HTSULP3
X-Type	pierścienie ze specjalnego materiału SHX i ceramiczne kulki	70BNR10XTSULP3
XE-Type	o konstrukcji specjalnej, taki sam materiał jak powyżej	70BNR10XETSULP3



Modernizacja

Łożyska Robust – łożyska walcowe

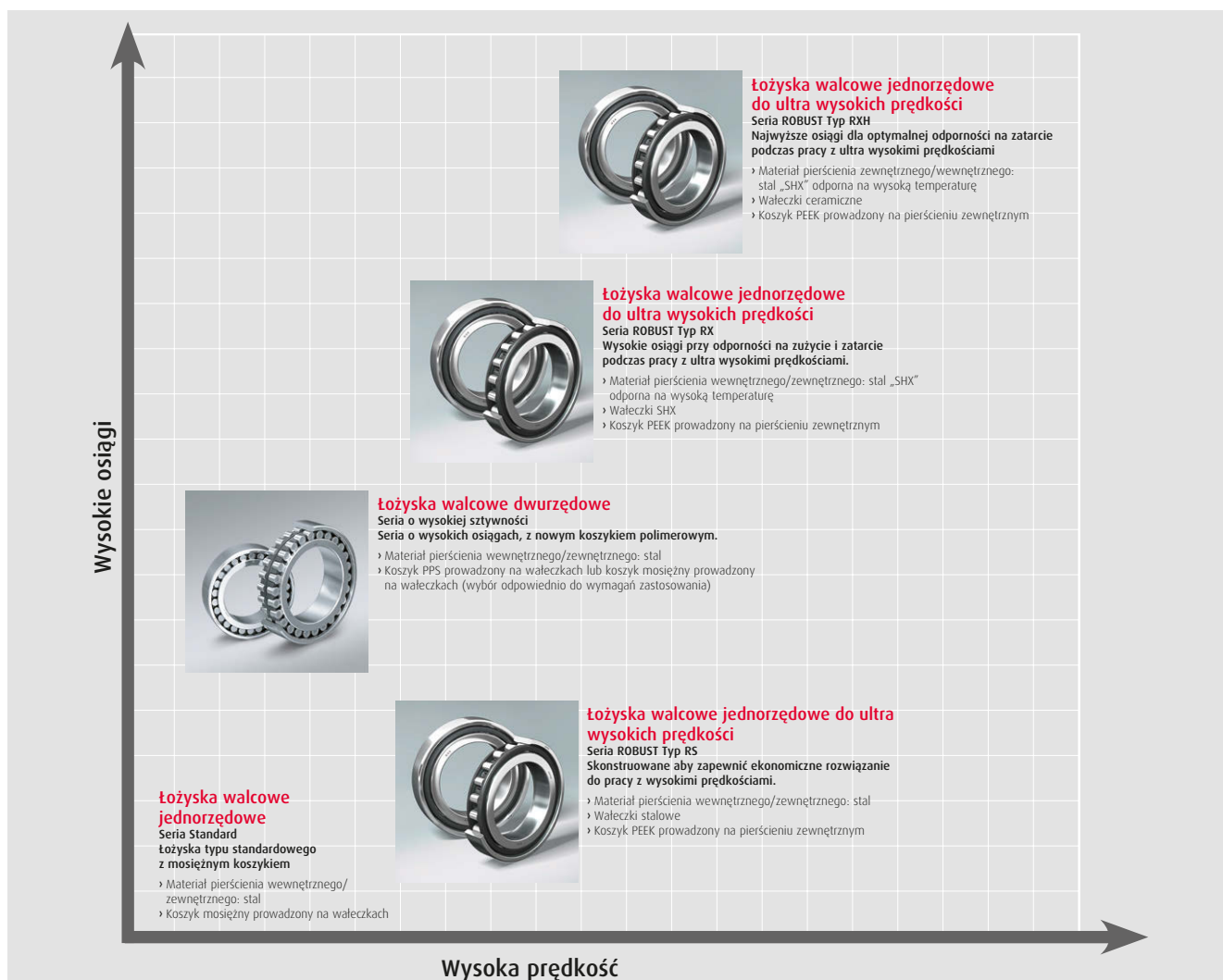
Cały asortyment łożysk walcowych NSK został skonstruowany tak, aby zapewniać możliwość pracy z bardzo wysokimi prędkościami połączoną z dużą sztywnością. Najlepszymi z łożysk walcowych są łożyska serii Robust.

Zalety:

- › Niskie generowanie ciepła
- › Zwiększona odporność na zatarcie
- › Stabilność podczas pracy z ultra wysokimi prędkościami

Przykłady oznaczeń:

Single row – seria Standard	N1014BMR1KRCCOP4
Single row – seria Robust, typ RS	N1014RSTPKRCCOP4
Double row – seria o wysokiej sztywności	NN3014TBKRE44CCOP4
Single row – seria Robust, typ RX	N1014RXTPKRCCOP4
Single row – seria Robust, typ RXH	N1014RXHTPKRCCOP4

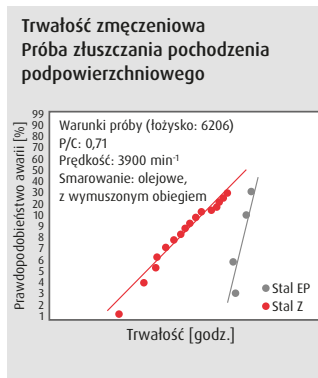
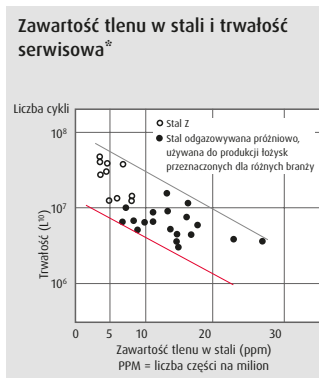


Modernizacja Materiał łożysk

Uzyskanie długiej żywotności i wysokich osiągnięć superprecyzyjnych łożysk NSK możliwe jest dzięki trzem rodzajom stali.

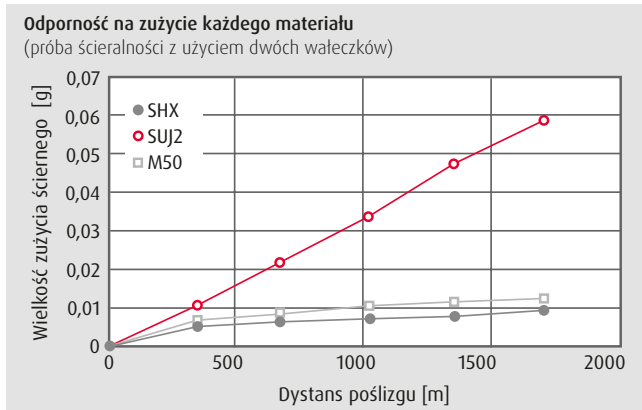
Stal Z

Jest to obecnie standardowa stal wykorzystywana do produkcji łożysk precyzyjnych. Stal ta ma lepszą charakterystykę niż standardowa wysokowęglowa chromowa stal łożyskowa, tj. stal odgazowywana próżniowo (SAE52100, SUJ2). Stal Z jest produkowana ze zmniejszoną ilością wtrąceń niemetalicznych, tlenkowych i innych, takich jak Ti (tytan) lub S (siarka). Próby udowodniły, że poprawia to znacząco trwałość zmęczeniową łożysk.



Zastosowanie stali Z prowadzi do nawet 1,8-krotnego zwiększenia trwałości zmęczeniowej w porównaniu do łożysk wykonanych ze standardowej stali odgazowywanej próżniowo.

Obliczając trwałość zmęczeniową łożysk precyzyjnych NSK dla obrabiarek, które będą pracować w stosunkowo czystym środowisku i nie będą mocno obciążane, trwałość zmęczeniową łożysk ze stali Z można zwiększyć około 14-krotnie.



Stal EP (o dużej czystości)

Liczba i rozmiar cząstek stali wpływa na trwałość zmęczeniową materiału, szczególnie przy ciężkich obciążeniach.

Nowy proces kontroli opracowany przez NSK umożliwił wyprodukowanie tej wyjątkowo czystej stali (EP), przeznaczonej do zastosowań, w których występują ciężkie obciążenia. Stal ta ma większą trwałość zmęczeniową w porównaniu do stali Z. Wykres pokazuje także, że krzywa wyników badania trwałości zmęczeniowej jest prawie pionowa, co wskazuje na dużą niezawodność. Ze stali EP wykonywane są wszystkie łożyska do podparcia śrub kulowych (TAC).

Zastosowanie stali EP zapewnia 3-krotne zwiększenie trwałości zmęczeniowej w porównaniu do standardowej stali odgazowywanej próżniowo.

Stal SHX

Stal ta to specjalny materiał opracowany przez NSK do zastosowań wymagających ultra wysokich prędkości. Stal ta charakteryzuje się dużą odpornością na działanie wysokich temperatur i na ścieranie dzięki specjalnej technologii obróbki cieplnej NSK.

Odporność na zużycie jest bardzo ważna w przypadku zastosowań wymagających bardzo wysokich prędkości. Szczególnie dotyczy to łożysk walcowych.

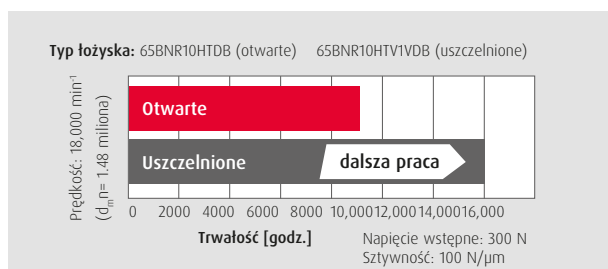
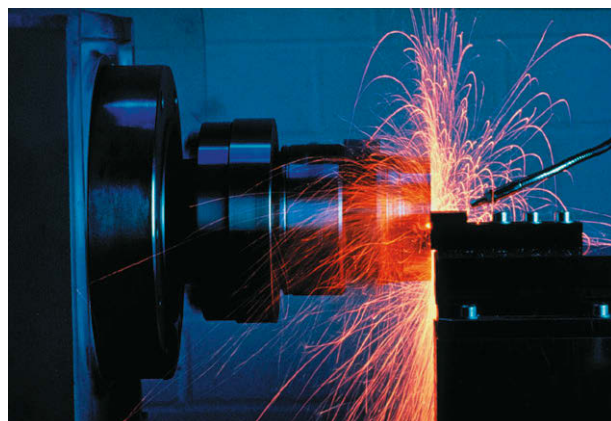
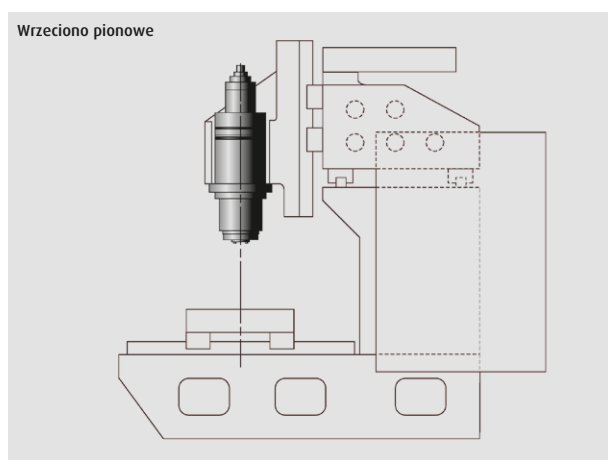
Zużycie i wysoka temperatura mogą prowadzić do zacierania łożysk. Stal SHX charakteryzuje się odpornością na zużycie i wysoką temperaturę podobną lub lepszą niż stal M50 (wykorzystywana w przemyśle lotniczym i kosmicznym do produkcji łożysk wałów głównych nagrzewających się do 300°C). Stal SHX jest stosowana w części łożysk skośnych i walcowych serii Robust. W przypadku łożysk walcowych zapewnia możliwość pracy z prawie takimi samymi prędkościami, co łożyska z waleczkami ceramicznymi, mając jednocześnie dużo niższą cenę. Takie rozwiązanie dostarcza wyłącznie NSK.

Wyniki dla stali SHX wskazują na 4-krotne zwiększenie trwałości zmęczeniowej w porównaniu do standardowej stali odgazowywanej próżniowo przy prędkości wyższej o 20 %.

Modernizacja

Łożyska uszczelnione

Wymiana łożysk na łożyska uszczelnione przynosi znaczące korzyści w postaci zwiększenia trwałości i osiągnięcia łożysk wrzecion. Łożyska skośne uszczelnione mają takie same wymiary zewnętrzne, jak łożyska otwarte, dzięki czemu ich zamiana jest bardzo łatwa.



Zalety łożysk uszczelnionych

1. Oszczędność czasu użytkownika, brak konieczności smarowania – łożyska są fabrycznie napełnione przez NSK.

Łożyska smarowane przez NSK są napełniane smarem o wysokich parametrach.

Zapewnia to oszczędność czasu użytkownika przez wyeliminowanie procesu smarowania i zapewnia napełnienie łożyska właściwą ilością smaru w warunkach bardzo wysokiej czystości.

2. Skrócenie czasu przestojów – eliminacja zanieczyszczeń dostających się do łożyska na skutek niewłaściwego postępowania z łożyskiem.

Łożyska uszczelnione zapobiegają wnikaniu zanieczyszczeń do łożyska podczas obsługi i montażu łożyska na wrzecionie.

Smar w łożyskach nieuszczelnionych może przyciągać pył i zanieczyszczenia metaliczne.

Zanieczyszczenia w łożysku powodują zużycie bieżni i, w rezultacie, przedwczesne uszkodzenie łożyska.

3. Lepsze działanie wrzeciona – zapobieganie wyciekom smaru we wrzecionach pionowych.

Temperatury wrzecion pracujących w pozycji pionowej mogą być różne w różnych miejscach na skutek spływania smaru z górnych łożysk na łożyska dolne. Zjawisko takie nie występuje w przypadku łożysk uszczelnionych, ponieważ zaś uszczelki są bezstykowe, prędkość pracy łożysk jest taka sama, jak prędkość pracy łożysk otwartych.

4. Większa dokładność dzięki ograniczeniu zanieczyszczeń – zapobieganie wnikaniu zanieczyszczeń do łożyska podczas pracy.

Uszczelnienie łożyska eliminuje wnikanie zanieczyszczeń stałych do łożyska podczas pracy. To z kolei zapobiega nadmiernemu szumowi i drganiom łożyska. Drgania mogą powodować utratę precyzji obrabianych elementów.

5. Większa trwałość smaru – uszczelki zapobiegają wyciekom smaru i opóźniają starzenie się smaru.

Uszczelnienie łożyska nie tylko zapobiega jego przedwczesnemu uszkodzeniu na skutek zanieczyszczenia, ale także zwiększa trwałość smaru zapobiegając jego wyciekom podczas pracy. Rezultatem jest co najmniej 50 % zwiększenie okresu eksploatacji.

Modernizacja

Łożyska uszczelnione

Seria Standard

Przykładowy numer łożyska: 7010CTRV1VSULP3 **MTSX**

Seria Robust do ultra wysokich prędkości

Przykładowy numer łożyska: 60BNR10XTV1VSUEL3 **MTSX**

Oznaczenia

Łożyska uszczelnione oferowane są w dwóch seriach: jako łożyska precyzyjne standardowe i jako łożyska precyzyjne wysokoobrotowe Robust, z otworami o średnicy od 30 mm do 100 mm. V1V oznacza łożysko uszczelnione.



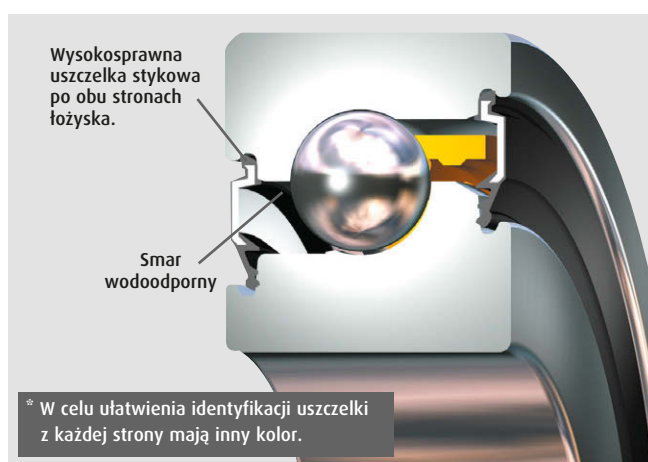
Podsumowanie zalet:

- › **Optymalna ilość i rozłożenie smaru**
Oszczędność czasu użytkownika końcowego
- › **Obsługa w czystym środowisku**
Eliminuje przestoje
- › **Brak wycieków smaru podczas pracy**
Lepsza wydajność
- › **Ograniczone wnikanie zanieczyszczeń zewnętrznych podczas pracy**
Większa dokładność
- › **Większa trwałość smaru**
1,5 razy większa trwałość w porównaniu z łożyskami otwartymi smarowanymi smarem

Modernizacja

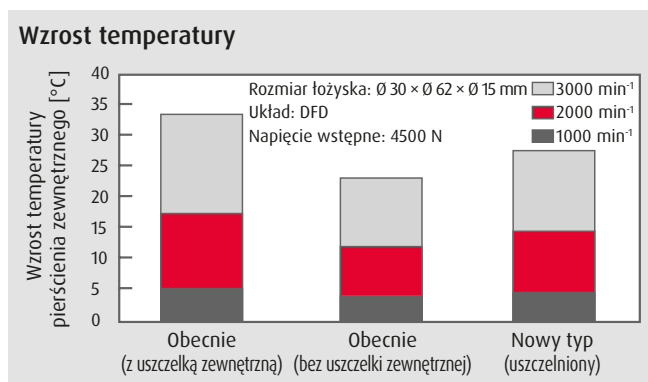
Łożyska uszczelnione TAC

Uszczelnione łożyska do podparcia śrub kulowych są teraz dostępne z uszczelkami zapewniającymi wyjątkową niezawodność w środowiskach zanieczyszczonych pyłem i mieszką olejowo-powietrzną.

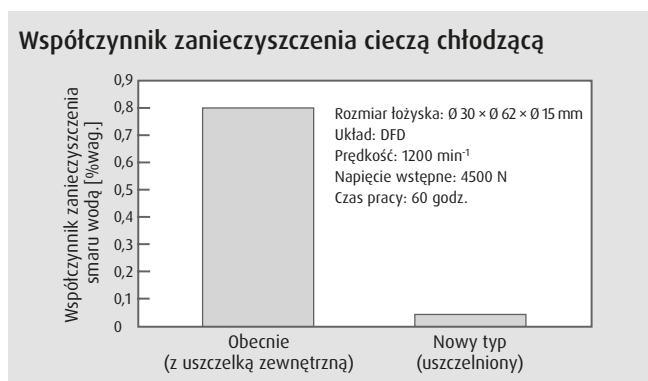


Zastosowane uszczelki są typu stykowego, co oznacza znakomite uszczelnienie. Każda uszczelka ma inny kolor, co pomaga w identyfikacji przedniego i tylnego czoła łożyska. Linia V jest zaznaczona także na powierzchni pierścienia zewnętrznego, pomagając dodatkowo w identyfikacji (kąt tworzony przez linię V wskazuje czoło przednie łożyska). Łożyska uszczelnione są napełnione specjalnym wodoodpornym smarem WPH, zapewniającym dodatkową ochronę przed wodą.

Jakkolwiek uszczelki te zapewniają dodatkową ochronę dzięki stykowi, ich niskie tarcie zapobiega dużemu wzrostowi temperatury.



Wykres po lewej pokazuje zalety nowej konstrukcji łożyska. Normalnie, do ochrony łożyska w wilgotnych warunkach konieczna byłaby uszczelka zewnętrzna; jak widać, nowe łożysko uszczelnione pracuje z mniejszą temperaturą niż łożysko otwarte tego samego typu wyposażone w uszczelkę zewnętrzną.



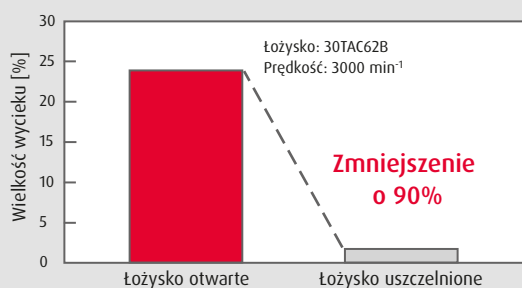
Wykres po lewej pokazuje skuteczność niskotarciowej uszczelki stykowej w zapobieganiu wnikaniu wody do łożyska.

Jakkolwiek zastosowanie uszczelki zapobiega także wnikaniu do wnętrza łożyska pyłu i innych zanieczyszczeń podczas montażu oraz wyciekom smaru z łożyska, szczególnie w przypadku śrub kulowych pracujących w pozycji pionowej. Ograniczenie wycieków smaru znacząco poprawia trwałość łożyska.

Modernizacja

Łożyska uszczelnione TAC

Wyciek smaru



Nowe łożysko jest wykonywane jako pojedyncze uniwersalne (SU) i jest dostępne z otworami o średnicy od 15 mm do 45 mm.

Przykład oznaczenia:

30TAC62BDDGSUC10PN7B (DDG = symbol uszczelki)



Podsumowanie zalet:

- › Większa trwałość
- › Zmniejszony wyciek smaru
- › Niższa temperatura w porównaniu z uszczelnieniami standardowymi
- › Zapobiega wnikananiu wody i pyłu
- › Ułatwiona obsługa

Modernizacja Łożyska hybrydowe

W trakcie wielu remontów łożyska w maszynach wymieniane są na łożyska hybrydowe (łożyska ze stalowymi pierścieniami i kulkami ceramicznymi z azotku krzemu) w celu zwiększenia niezawodności, szczególnie w przypadkach, gdy okres gwarancji wynosi od 1 do 2, a czasami nawet 3 lat.



Cechy łożysk hybrydowych – mniejszy ciężar

Ponieważ masa łożysk hybrydowych to około 40 % masy łożysk stalowych, łożyska te mogą obracać się do 25 % szybciej niż standardowe łożyska wykonane w całości ze stali. Oznacza to także, że ilość generowanego ciepła jest także mniejsza.

Gładza powierzchnia

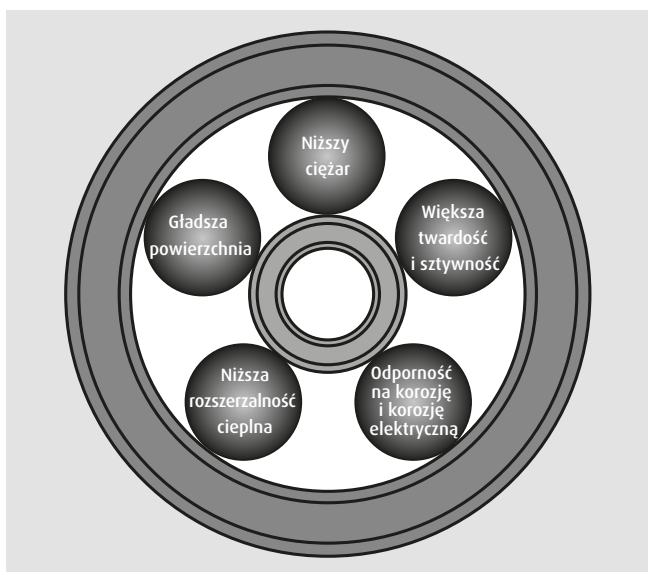
Powierzchnia kulek ceramicznych jest gładsza niż powierzchnia kulek stalowych, co poprawia dokładność obrotu i obróbki.

Większa twardość i sztywność

Kulki ceramiczne są dużo twardsze niż standardowe kulki stalowe (HV 1700 przy < 800°C w porównaniu do HV 700 przy 20°C). Oznacza to, że prawdopodobieństwo uszkodzenia kulki ceramicznej przez niewielkie twarde zanieczyszczenia jest mniejsze. Większa sztywność oznacza, że łożysko hybrydowe będzie pod dużym obciążeniem odkształcać się mniej niż łożysko z kulkami stalowymi.

Odporność na korozję i korozję elektryczną

Łożyska ceramiczne mogą pracować w bardziej niekorzystnych środowiskach. Odporność kulek zapobiega powstawaniu wżerów na ich powierzchni na skutek wyładowań elektrycznych w łożyskach montowanych we wrzecionach napędzanych przez wbudowane silniki elektryczne.



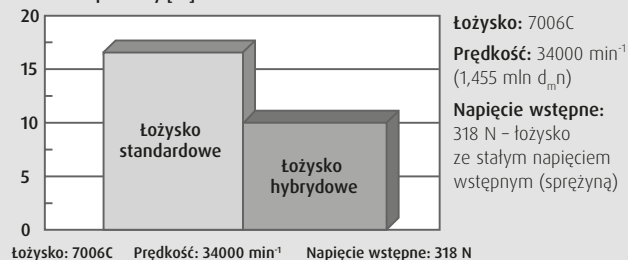
System oznaczania:

7014(SN24)RSULP3 (łożyska precyzyjne serii Standard)

70BNR10(H)SULP3 (łożyska wysokoobrotowe serii Robust)

Smarowanie smarem

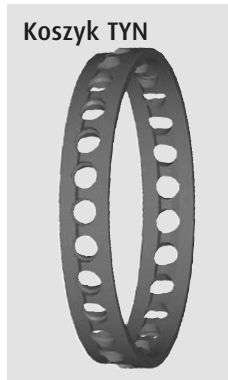
Wzrost temperatury [°C]



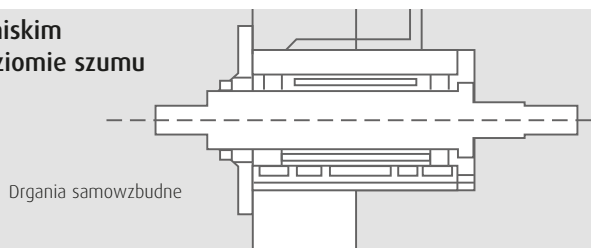
Podsumowanie zalet:

- › Wyższa prędkość
- › Niższa temperatura
- › Wyższa niezawodność
- › Większa trwałość
- › Większa dokładność

Modernizacja Koszyki TYN

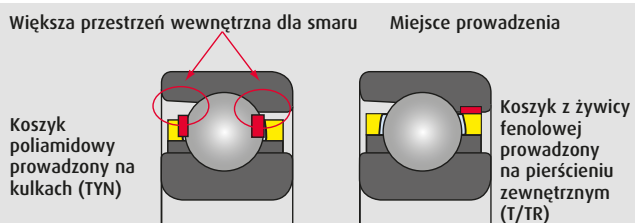


O niskim poziomie szumu



Koszyk	Smar		Temperatura		
			Pokojowa (20°C)	0°C	-10°C
TYN	Multemp	PS2	A	A	A
	Isoflex	NBU15	A	A	A
	Isoflex	NBU8EP	A	A	A
Z żywicy fenolowej	Multemp	PS2	B		C
	Isoflex	NBU15	B		C
	Isoflex	NBU8EP	C		

A: brak szumu koszyka, B: częsty szum koszyka, C: szum koszyka.
Koszyk TYN pracuje cicho w porównaniu do koszyka z żywicy fenolowej.



Typ koszyka	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]
T/TR	150	90
TYN	237	172

Wytrzymałość mierzona dla fragmentu poddanego badaniu, nie dla całego koszyka

W większości łożysk skośnych stosowane są koszyki z żywicy fenolowej, znakomicie sprawdzające się w szerokim zakresie warunków, w szczególności przy dużych prędkościach, ponieważ są prowadzone na pierścieniu zewnętrznym. Stosowanie koszyków TYN w pewnych zastosowaniach ma jednakże zalety, szczególnie w przypadku łożysk smarowanych smarem. TYN to materiał poliamidowy; koszyk TYN jest prowadzony na kulkach.

Mniejszy szum koszyka

W niektórych zastosowaniach w przypadku łożysk smarowanych smarem może pojawić się szum powodowany przez koszyk. Wynika on z tarcia pomiędzy powierzchnią kulek i powierzchnią prowadzenia koszyka. Szum ten jest szczególnie zauważalny w niskich temperaturach. Konstrukcja koszyka TYN eliminuje ten szum dzięki bardzo małemu współczynnikowi tarcia materiału oraz dobremu tłumieniu drgań, jak również ulepszonemu kształtowi koszyka.

Po lewej przedstawiono dane porównawcze prób koszyka z żywicy fenolowej i koszyka poliamidowego:

Większa trwałość smaru – krótszy czas docierania

Trwałość smaru jest większa, ponieważ większa jest wolna przestrzeń wewnętrzna, w której może gromadzić się smar i ponieważ smar może oczyścić obracające się części szybciej, czas docierania jest krótszy.

Prowadzenie koszyka:

Łożysko z koszykiem TYN zapewnia więcej wolnej przestrzeni wewnętrznej dla smaru. Mniej smaru jest wypychane z łożyska, co przekłada się na większą trwałość. Krótszy czas docierania w porównaniu do łożyska z koszykiem z żywicy fenolowej i bardziej stabilna charakterystyka temperaturowa.

Większa wytrzymałość

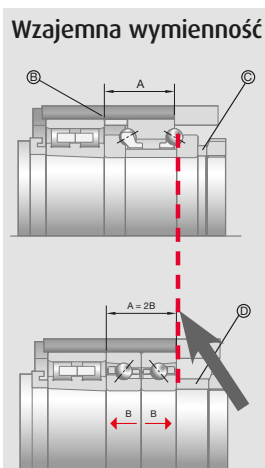
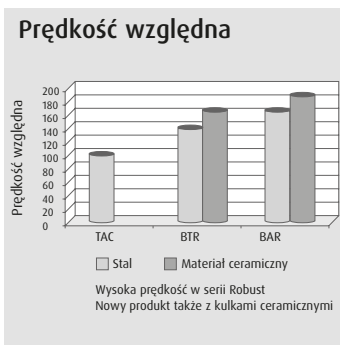
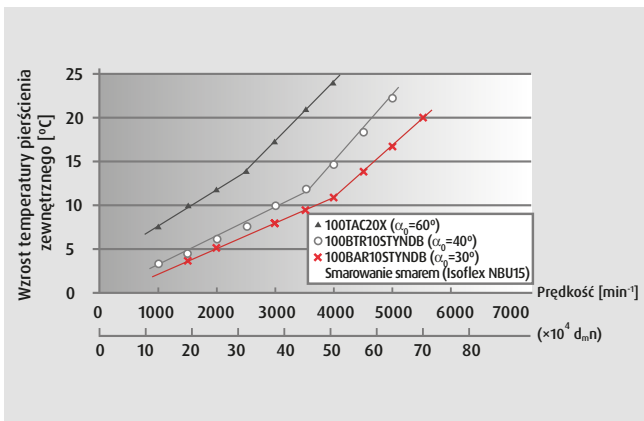
Materiał TYN charakteryzuje się większą wytrzymałością zarówno na zginanie, jak i na rozciąganie. Koszyki TYN mogą być używane w łożyskach osiągających prędkości do 1,4 mln $d_m n$ (średnia średnica łożyska w [mm] \times prędkość w $[\text{min}^{-1}]$). Pozwala to na użycie takich łożysk w większości zastosowań, w których stosowane jest smarowanie smarem. Przy prędkościach przekraczających 1,4 mln $d_m n$ należy stosować koszyk z żywicy fenolowej.

Przykłady oznaczeń:

7014CTYNDULP3 (łożyska precyzyjne serii Standard)

70BNR10TYNDULP3 (łożyska wysokoobrotowe serii Robust)

Modernizacja Łożyska TAC do konwersji



- Zalety**
- › Mniejsza liczba części – eliminuje konieczność stosowania przekładki pierścienia zewnętrznego B.
 - › Łatwy montaż dzięki jednorzędowej konstrukcji łożyska
 - › Łatwość modernizacji – przy zamianie starego łożyska na nowe konieczna jest tylko wymiana przekładki pierścienia wewnętrznego.
 - › (C do D), otwór i średnica zewnętrzna taka sama, jak w łożysku starego typu.

Tradycyjnie, średnie i duże tokarki wymagają bardzo dużej sztywności promieniowej i osiowej. Z tego powodu z przodu wrzeciona stosuje się zazwyczaj układ łożysk walcowych i wzdłużnych, zapewniających, odpowiednio, sztywność promieniową i osiową. Standardowy typ łożyska wzdłużnego to łożysko dwurzędowe, dwukierunkowe, o kącie działania 60° serii TAC. W dalszym ciągu dostępne są łożyska tego typu z otworem o średnicy 140 mm i większej. W przypadku wrzecion tokarek o mniejszym rozmiarze wymagane są obecnie większe prędkości i/lub niższa temperatura podczas pracy. Z tego względu skonstruowano nowy typ łożyska wzdłużnego, spełniającego te wymagania.

Nowe łożyska wzdłużne BAR i BTR serii Robust

Nowe łożyska mają taki sam rozmiar i taką samą liczbę kulek, jak łożyska serii TAC, ale charakteryzują się specjalną geometrią wewnętrzną i niższymi kątami działania (30° lub 40°), zapewniającymi niskie generowanie ciepła, pracę z wyższą prędkością oraz dobrą sztywność osiową.

Praca z wyższą prędkością

Nowe łożyska wzdłużne mogą pracować z wyższymi prędkościami: łożyska BAR (30°) mogą pracować z prędkością wyższą niż BTR (40°), które mają większą sztywność w porównaniu do łożyska BAR, ale mimo to mogą pracować z większymi prędkościami niż oryginalne łożyska TAC (60°). Nowe łożyska wzdłużne mogą być także wykonane jako łożyska hybrydowe (z ceramicznymi kulkami), osiągające jeszcze większe prędkości i mające jeszcze większą sztywność.

Zamienność

Szerokość pary nowych łożysk wzdłużnych została specjalnie dobrana tak, aby zapewnić łatwą wymianę łożysk TAC starego typu. Tolerancja wymiarów średnicy zewnętrznej jest taka sama, jak w łożyskach TAC, aby umożliwić luźne pasowanie w oprawie i w rezultacie przenoszenie przez sąsiednie łożysko walcowe wyłącznie obciążeń osiowych.

Przykłady oznaczeń::

Typ oryginalny o kącie działania 60°:

100TAC20DPN7+LC6

Nowy typ o kącie działania 30°:

100BAR10STYNDBLP4A (S=stalowe, H=hybrydowe)

Nowy typ o kącie działania 40°:

100BTR10STYNDBLP4A (S=stalowe, H=hybrydowe)

Niskie generowanie ciepła

- › łożyska Robust zapewniają niskie generowanie ciepła i możliwość pracy z wysokimi prędkościami.
- › Większa trwałość smaru dzięki ograniczonej degradacji smaru i zastosowaniu koszyka z żywicy TYN.
- › Większa dokładność obróbki.

Modernizacja Koszyki TB

NSK opatentowała nowy, przetłomowy materiał do zastosowania w łożyskach walcowych. Tym nowym materiałem jest przetworzony polimer nazwany PPS (polisiarczek fenylenu), a wykonane z niego koszyki oznaczone są jako typ TB.

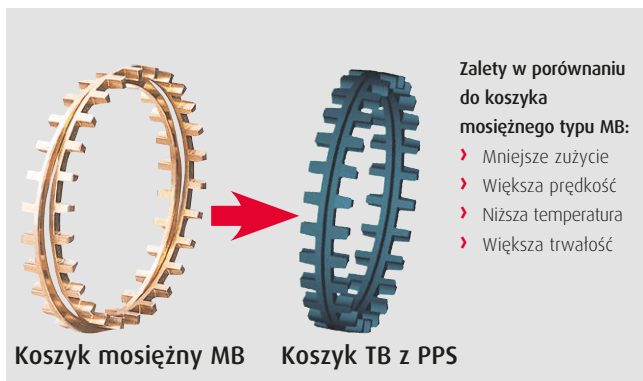


Większa trwałość

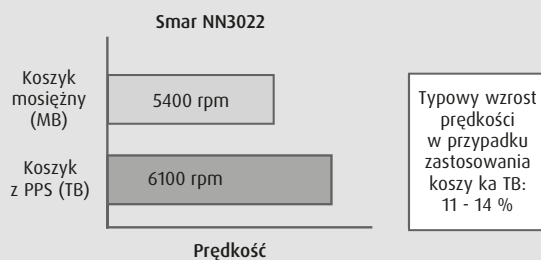
Eksperymenty pokazały także, że koszyk TB może pracować przy większym napięciu wstępnym i bliżej poziomu smarowania granicznego w porównaniu do koszyków mosiężnych. W próbach wytrzymałości w trudnych warunkach oznaki zużycia w łożyskach z koszykiem mosiężnym zaczynały występować po 200 godzinach, podczas gdy w łożyskach z koszykiem TB wykonanym z materiału PPS po 300 godzinach.

Przykładowe oznaczenie:

NN3022TBKRE44CCOP4



Prędkość



Odporność na ścieranie

Przebarwienie smaru na skutek ścierania się koszyka mosiężnego

Koszyk MB przed rozpoczęciem próby

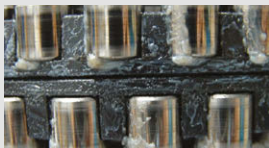


Koszyk MB po zakończeniu próby



Mniejsze zużycie przy zastosowaniu koszyka TB

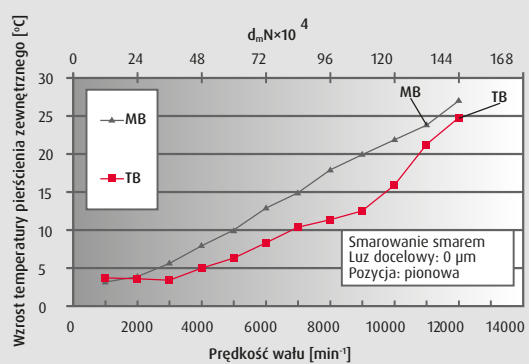
Koszyk TB przed rozpoczęciem próby



Koszyk TB po zakończeniu próby



Niższa temperatura



Rozmiary i asortyment

Typ łożyska	Symbol koszyka	Specyfikacja	Dostępne rozmiary
NN	MB	Koszyk mosiężny obrabiany maszynowo prowadzony na wałeczkach	NN3920 do NN3956 NN3920 do NN3956 NN4920 do NN4940
	TB	Koszyk z żywicy PPS prowadzony na wałeczkach	NN3006 do NN3024

Informacje uzupełniające

Przewodnik po zamiennikach łożysk

Przewodnik po zamiennikach precyzyjnych łożysk skośnych

(Symbole w nawiasach stanowią oznaczenie dostępnego uszczelnienia. Na czerwono oznaczono identyfikatory producentów dla poszczególnych parametrów).

Przykładowy kąt działania 25 stopni

Łożyska standardowe	Seria 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)

Łożyska wysokoobrotowe	Seria 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

○ Kulki stalowe ● Kulki ceramiczne [○] Kulki stalowe (łożysko uszczelnione) [●] Kulki ceramiczne (łożysko uszczelnione) Pierścienie ze stali specjalnej/kulki ceramiczne (łożysko uszczelnione)

Przewodnik po zamiennikach łożysk do podparcia śrub kulowych

Seria	NSK	INA	SKF	TIMKEN
Bez kołnierza pojedyncze	BSNxxxxDDUHP2B	ZLKNxxx-(2Z/2RS)	BEAM0xxxx-(2RZ/2RS)	MMN5xxBSxxPP DM
Bez kołnierza pojedyncze	BSFxxxxDDUHP2B	ZLKFxxx-(2Z/2RS)	BEAS0xxxx-(2RZ/2RS)	MMF5xxBSxxPP DM
Bez kołnierza para	BSNxxxxDDUHP2BDT	ZLKNxxx-(2Z/2RS)-2AP	-	MMN5xxBSxxPP QM
Bez kołnierza para	BSFxxxxDDUHP2BDT	ZLKFxxx-(2Z/2RS)-2AP	-	MMF5xxBSxxPP QM

Przewodnik po zamiennikach precyzyjnych łożysk wzdłużnych

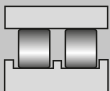
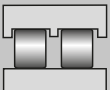

Łożyska wzdłużne do wrzecion Kąt działania	NSK	SKF	SNFA	Fafnir	FAG
30 stopni	xxBAR	BTMxx A/DB	-	-	-
40 stopni	xxBTR	BTMxx B/DB	-	-	-
60 stopni	xxTAC	2344xx	-	-	2344xx

Przewodnik po zamiennikach precyzyjnych łożysk do podparcia śrub kulowych




Seria	NSK	SKF	SNFA	Fafnir	FAG
Metryczne, z wyłączeniem ISO (otwór 30, średnica zewnętrzna 62, szerokość 15)	30TAC62B	BSD3062C	BS3062	MM30BS62	BSB030062
Metryczne, ISO (otwór 30, średnica zewnętrzna 62, szerokość 16)	BSB2030	BSA206C	BS230	-	760230
Wymiary w calach (otwór 23,838, średnica zewnętrzna 62, szerokość 15,875)	BSB093	BDAB634201C	-	MM9308W12H	-



Przewodnik po zamiennikach precyzyjnych łożysk walcowych

Łożyska standardowe	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)

Łożyska wysokoobrotowe

Łożyska wysokoobrotowe (*)	NSK	SKF	FAG
 <p>Wałeczki i pierścienie stalowe</p>	NN10xxRS(KR)	-	-
 <p>Wałeczki ceramiczne i pierścienie ze stali specjalnej</p>	N10xxRXH(KR)	N10xxHCS(K)(*)	HCN10xx(K)
 <p>Wałeczki i pierścienie ze stali specjalnej</p>	N10xxRX(KR)		

(*) Wyłącznie pierścienie ze stali normalnej

Niniejszy przewodnik służy wyłącznie jako pomoc, ponieważ oznaczenia producentów mogą zostać zmienione bez uprzedniego powiadomienia.

Informacje uzupełniające

Uszkodzenia łożysk i środki zaradcze

Sekcja ta omawia najbardziej powszechne przypadki uszkodzeń łożysk stosowanych w obrabiarkach, ich przyczyny oraz środki zaradcze.

W sekcji zamieszczono także tabelę diagnostyczną, pomagającą użytkownikowi końcowemu w szybkim znalezieniu najważniejszych przyczyn uszkodzenia.

Kontrola zdemontowanych łożysk zazwyczaj ujawnia, że najczęstszą przyczyną uszkodzenia łożyska jest zanieczyszczenie twardymi cząstkami albo cieczą. Zanieczyszczenia takie często powodują hałas i drgania i mogą być wykryte metodami opisanymi na końcu sekcji.

Konserwacja, kontrola i usuwanie nieprawidłowości

Warunkiem zachowania przez łożysko jego oryginalnych cech eksploatacyjnych przez jak najdłuższy czas jest właściwa konserwacja i kontrola. Stosowanie prawidłowych procedur pozwala uniknąć wielu problemów z łożyskami, a niezawodność, produktywność oraz koszty eksploatacji urządzeń, w których pracują łożyska, ulegają poprawie. Zalecane jest, aby okresowa konserwacja była wykonywana według określonej procedury. Ta konserwacja okresowa obejmuje nadzorowanie warunków eksploatacyjnych, uzupełnianie lub wymianę środków smarnych i regularne okresowe przeglądy. Do punktów, które powinny być stale kontrolowane podczas eksploatacji łożyska zalicza się szum, drgania, temperaturę i smarowanie.

W razie wykrycia nieprawidłowości podczas pracy urządzenia należy ustalić ich przyczynę oraz właściwe działania korygujące, posługując się zamieszczoną tabelą. W razie potrzeby łożysko należy zdemontować i poddać szczegółowej kontroli.

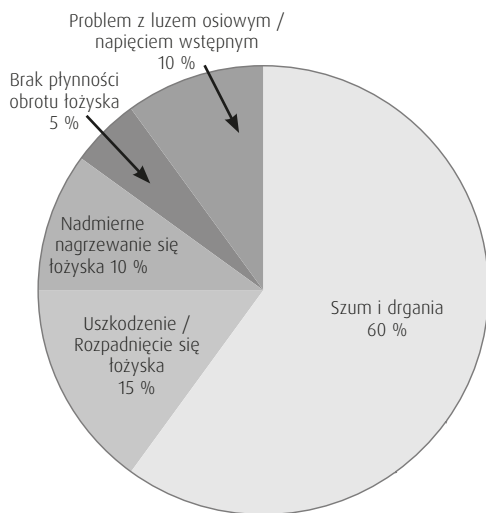
Uszkodzenia łożysk i środki zaradcze

Generalnie, jeśli łożyska toczne eksploatowane są w prawidłowy sposób, powinny przetrwać przewidywany okres ich trwałości zmęczeniowej. Jednakże bardzo często zdarza się, że ulegają one przedwczesnemu uszkodzeniu z powodu błędów, których można byłoby uniknąć. W odróżnieniu od trwałości zmęczeniowej, te przedwczesne uszkodzenia łożysk powstają w wyniku niewłaściwego montażu, użytkowania lub smarowania, dostawania się obcych cząstek lub generowania nienormalnej ilości ciepła. Na przykład, zarysowanie obrzeży może być wywołane przez niewłaściwie dobrany środek smarny, wadliwy system smarowania, obecność obcych cząstek, błędny montaż, nadmierne odkształcenie wrzeciona lub jakąkolwiek kombinację tych czynników. W związku z tym bardzo trudno jest określić rzeczywistą przyczynę niektórych przedwczesnych uszkodzeń łożyska.

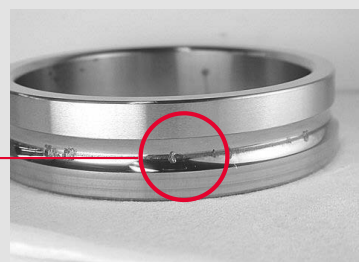
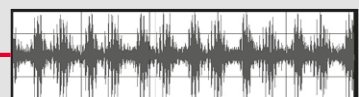
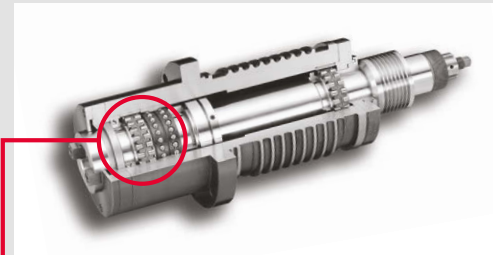
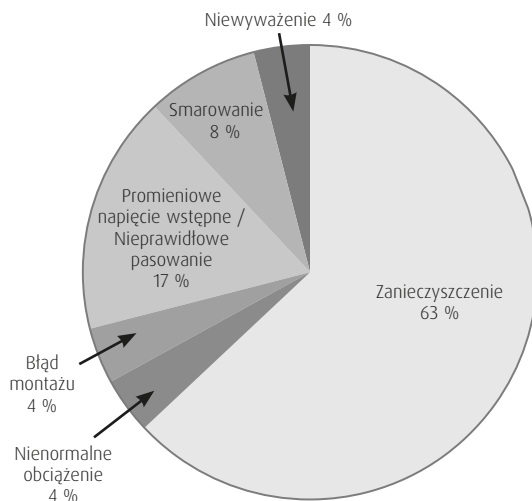
Jeżeli wszystkie warunki przed i w trakcie awarii są znane, w tym zastosowanie, warunki eksploatacyjne oraz warunki otoczenia, to dzięki dokładnemu przestudiowaniu natury awarii oraz jej przypuszczalnych przyczyn istnieje możliwość znacznego ograniczenia podobnych uszkodzeń w przyszłości. W tabeli podano przykłady najczęściej występujących uszkodzeń wraz z ich przyczynami i działaniami korygującymi.

Problemy zgłaszane przez użytkowników końcowych dzielą się na następujące kategorie:

Przyczyna zwrotu łożyska / problemu z łożyskiem



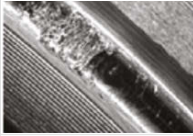









Przyczyny problemów z łożyskami








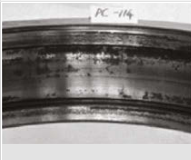


Informacje uzupełniające

Uszkodzenia łożysk i środki zaradcze

Przyczyny uszkodzeń łożysk i środki zaradcze

Rodzaj uszkodzenia	Nieprawidłowości	Zdjęcie	Możliwe przyczyny	Środki zaradcze
Złuszczenie	Złuszczenie jednej strony bieżni łożyska promieniowego.		Nienormalne obciążenie osiowe (uszkodzenie poślizgowe łożyska końca swobodnego).	Podczas zakładania pierścienia zewnętrznego powinno się stosować luźne pasowanie łożysk końca swobodnego, aby pozwolić na osiowe wydłużanie się wału.
	Wzór złuszczenia nachylony względem bieżni w łożyskach kulkowych promieniowych. Złuszczenie blisko krawędzi bieżni i powierzchni tocznych w łożyskach wałeczkowych.		Niewłaściwy montaż, odkształcenie wału, nieodpowiednie tolerancje wału i oprawy.	Wykazać staranność przy montażu i centrowaniu, dobrać łożysko z większym luzem oraz skorygować prostopadłość odsadzenia wału i oprawy.
	Złuszczenia bieżni w tych samych odstępach jak elementy toczne.		Duże obciążenie udarowe podczas montażu, korozja, gdy łożysko nie pracuje przez dłuższy czas, wady montażowe w przypadku łożysk wałeczkowych.	Zachować staranność w trakcie zakładania łożyska oraz stosować odpowiednie zabezpieczenie antykorozyjne, gdy maszyna jest zatrzymana na dłuższy okres czasu.
	Przedwczesne złuszczenie bieżni lub elementów tocznych.		Zbyt mały luz, nadmierne obciążenie, niewłaściwe smarowanie, korozja itd.	Dobrac odpowiednie pasowanie, luz łożyska oraz środek smarny.
	Przedwczesne złuszczenie układu łożysk.		Zbyt duże napięcie wstępne.	Wyregulować napięcie wstępne.
Zarysowania	Zarysowania lub przytarcia smugowe pomiędzy bieżnią i powierzchniami tocznymi.		Nieodpowiednie smarowanie wstępne, zbyt twardy smar i zbyt duże przyspieszenie podczas rozruchu.	Stosować bardziej miękki smar i unikać nagłych przyspieszeń.
	Zarysowania lub przytarcia smugowe pomiędzy powierzchnią czołową wałeczków i obrzeżem prowadzącym.		Nieodpowiednie smarowanie, niepoprawny montaż oraz duże obciążenie osiowe.	Wybrać właściwy środek smarny oraz poprawić sposób montażu.
Pęknięcia	Pęknięcia pierścienia wewnętrznego i zewnętrznego.		Zbyt duże obciążenie udarowe, zbyt ciasne pasowanie, niewłaściwa walцовość wału, niewłaściwy stożek tulei wciskanej, zbyt duży promień zaokrąglenia, rozwój pęknięć termicznych oraz zwiększone luzowanie.	Sprawdzić warunki obciążenia, zmienić pasowanie łożyska i tulei, poprawić dokładność obróbki wału i tulei, dopasować promień zaokrąglenia (promień zaokrąglenia musi być mniejszy niż promień ścięcia łożyska).
	Pęknięcia w elemencie tocznym lub pęknięcie w obrzeżu.		Rozwój znacznych złuszczeń, uderzenie w obrzeże podczas montażu lub upadek podczas przenoszenia.	Zachować ostrożność podczas montażu, obsługi i przenoszenia.
	Pęknięcie koszyka.		Nienormalne obciążenie koszyka spowodowane niewłaściwym montażem łożyska. Niewłaściwe smarowanie.	Wyeliminować błąd montażu i sprawdzić metodę smarowania oraz środek smarny.

Rodzaj uszkodzenia	Nieprawidłowości	Zdjęcie	Możliwe przyczyny	Środki zaradcze
Wgniecenia	Wgniecenia w bieżni o tym samym odstępie jak elementy toczne (odciski Brinella).		Obciążenie udarowe podczas montażu lub zbyt duże obciążenie, gdy łożysko nie obraca się.	Zachować ostrożność przy obsłudze.
	Wgniecenia w bieżni i elementach tocznych.		Obce cząstki zanieczyszczeń, jak wióry metalowe lub piasek.	Wymyć oprawę, poprawić uszczelnienia oraz użyć czystego środka smarnego.
Nienormalne zużycie	Falszywe odciski Brinella (zjawisko podobne do odcisków Brinella).		Drgania łożyska bez obrotów gdy nie pracuje, na przykład podczas transportu lub ruch wahadłowy o małej amplitudzie.	Zabezpieczyć wał i oprawę, zastosować olej jako środek smarny i zmniejszyć drgania przez zastosowanie napięcia wstępnego.
	Zużycie czarno-korozyjne, ograniczone zużycie z czerwono-brązowym pyłem na powierzchniach pasowanych.		Zużycie poślizgowe powierzchni pasowania.	Zwiększyć wcisk i zastosować olej.
	Zużycie bieżni, elementów tocznych, obrzeży i koszyka.		Wnikanie obcych cząstek, niewłaściwe smarowanie i rdza.	Poprawić uszczelnienia, wyczyścić oprawę oraz zastosować czysty środek smarny.
	Pelzanie, zarysowania powierzchni pasowanych.		Zbyt mały wcisk, zbyt słabe dokręcenie tulei.	Zmienić pasowanie i dokręcić odpowiednio tuleję.
Zatarcie	Odbarwienie i stopienie bieżni, elementów tocznych i obrzeży.		Zbyt mały luz, nieprawidłowe smarowanie lub niewłaściwy montaż.	Sprawdzić pasowanie oraz luz wewnętrzny łożyska, dostarczyć odpowiednią ilość właściwego środka smarnego i sprawdzić metodę montażu łożyska oraz jakość części współpracujących.
Korożja i rdza	Korożja i rdza na powierzchniach pasowanych i wewnątrz łożyska.		Skroplenie pary wodnej lub zużycie czarno-korozyjne, wnikanie substancji powodujących korożję (szczególnie benzyna lakiernicza).	Zachować ostrożność podczas przechowywania w klimacie wilgotnym lub gorącym, zastosować zabezpieczenie antykorozyjne na wypadek dłuższej przerwy w eksploatacji i dobrać odpowiedni rodzaj rozpuszczalnika i smaru.

Informacje uzupełniające

Uszkodzenia łożysk i środki zaradcze

Nazwa uszkodzenia	Umiejscowienie (zjawisko)	Typowe przyczyny											Uwagi		
		Przemieszczenie i obsługa		Otoczenie łożyska			Smarowanie		Obciążenie			Prędkość		Dobór łożyska	
		Przechowywanie, transport	Montaż	Wał, oprawa	Uszczelnienie, woda, drobiny	Temperatura	Środek smarny	Metoda smarowania	Nadmierne obciążenie	Obciążenie momentem	Zbyt małe obciążenie	Wysoka prędkość, duże przyspieszenie			Oscylacja, drgania, łożysko nieruchome
01. Złuszczenie	Bieżnia, powierzchnia toczna		●	●	●		●	●	●	●				●	
02. Mikrozluszczenie	Bieżnia, powierzchnia styku elementów tocznych (styk toczny)				●		●	●				●	●		
	Powierzchnie średnicy zewnętrznej łożyska			●	●		●	●							* współpracujące części toczne
03. Zarysowania	Powierzchnia czołowa wałeczka, powierzchnia obrzeża		●	●	●		●	●	●	●		●			
	Powierzchnia prowadząca koszyka, powierzchnia gniazda		●		●		●	●							
04. Przytarcia smugowe	Bieżnia, powierzchnia toczna				●		●	●			●	●			
05. Odłamania	Obrzeża bieżni, wałeczki	●	●	●						●	●				
06. Pęknięcia	Bieżnie pierścieni, elementy toczne		●	●		●			●	●					
	Powierzchnia obrzeża, powierzchnia czoła wałeczka, powierzchnia prowadząca koszyka (pęknięcia termiczne)			●				●	●	●					
07. Uszkodzenia koszyka	(Deformacja), (odłamanie)		●	●					●	●					
	(Zużycie)		●		●		●	●	●	●		●			
08. Wgniecenia	Bieżnia, powierzchnie toczne (liczne małe wgniecenia)				●			●							
	Bieżnia (drobiny na średnicy podziałowej elementów tocznych)	●	●						●				●		
09. Wżery korozyjne	Bieżnia, powierzchnia toczna				●		●	●							
10. Ścieranie	Bieżnia, powierzchnie toczne, powierzchnie obrzeży, powierzchnie czoł wałeczków		●		●		●	●							
11. Korozja cierna	Bieżnia, powierzchnia toczna	●	●	●			●	●	●			●	●		
	Powierzchnia zewnętrzna i powierzchnia otworu łożyska, powierzchnia boczna (styk z oprawą i wałem)		●	●					●						
12. Fałszywe odciski Brinella	Bieżnia, powierzchnia toczna	●					●	●					●		
13. Pełzanie	Bieżnia, powierzchnia toczna		●	●		●	●	●	●			●			* Luźne pasowanie
14. Zatarcie	Powierzchnie pasowane		●	●	●		●	●	●	●		●	●		
15. Korozja elektryczna	Bieżnia, powierzchnia toczna		●	●											* Prąd elektryczny przechodzący przez elementy toczne
16. Rdza i korozja	Bieżnie pierścieni, elementy toczne, koszyk	●	●		●	●	●	●							
17. Odkształcenia montażowe	Bieżnia, powierzchnia toczna		●	●											
18. Przebarwienia	Bieżnie pierścieni, elementy toczne, koszyk					●	●	●							

Uwaga: tabela ta nie jest wyczerpująca. Podaje ona tylko najbardziej powszechnie występujące uszkodzenia, przyczyny i umiejscowienia.

Informacje uzupełniające

Diagnozowanie uszkodzeń

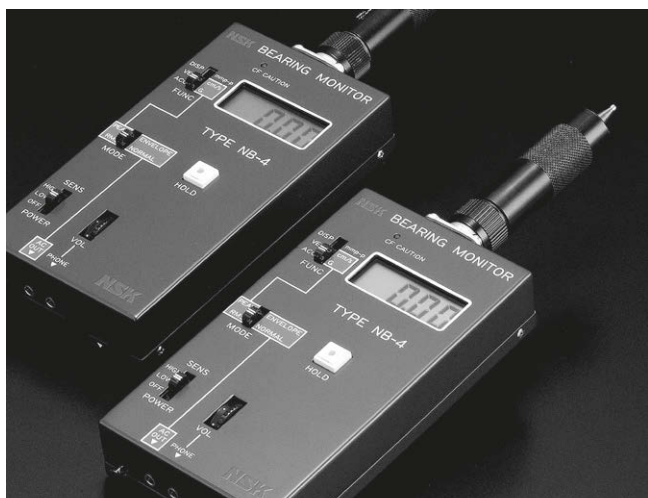
Dźwięki i drgania

Klasyfikacja dźwięków i drgań

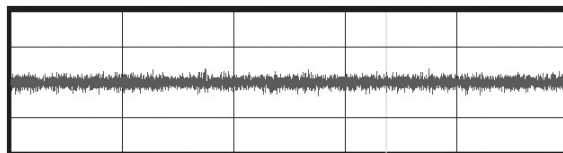
Obracaniu się łożysk tocznych towarzyszą dźwięki i drgania. Ton i amplituda tych dźwięków i drgań zmienia się w zależności od rodzaju łożyska, warunków montażu, warunków pracy itp. Dźwięki i drgania łożyska tocznego można sklasyfikować zgodnie z poniższymi czterema głównymi kategoriami wymienionymi w tabeli na stronie 76, zaś każdą kategorię można dalej podzielić na kilka podkategorii, zgodnie z tabelą zamieszczoną poniżej. Granice pomiędzy poszczególnymi grupami nie są jednakże ściśle określone. Nawet jeżeli pewne rodzaje dźwięku lub drgań występują w łożyskach zawsze, ich poziom może być związany z procesem produkcji, podczas gdy niektóre rodzaje dźwięku lub drgań, nawet jeżeli wynikają z produkcji, nie mogą być wyeliminowane nawet w warunkach normalnych.

Rejestrując dźwięki i drgania maszyny wirującej i analizując je można wnioskować o ich przyczynie. Jak pokazano na rysunku na następnej stronie, mechanicznie poprawne łożysko daje falę stałą. Jednakże, na przykład, łożysko zarysowane daje falę o dużych wzniesieniach, wskazującą na występowanie dźwięków o dużej amplitudzie w regularnych odstępach. NSK produkuje urządzenie do monitorowania łożysk (monitor łożysk NB-4), służące do pomiaru drgań, które pozwala na diagnozowanie nieregularności w pracy maszyn wirujących oraz wnioskowanie o ich przyczynach przy wykorzystaniu urządzenia NB-4 i urządzeń rejestrujących, takich jak komputer osobisty.

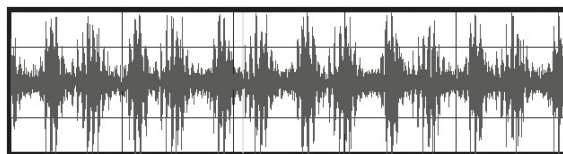
Urządzenie do pomiaru drgań, monitor łożysk NB-4



Kształt fali dźwiękowej dla łożyska normalnego



Kształt fali dźwiękowej dla łożyska zarysowanego



Informacje uzupełniające

Diagnozowanie uszkodzeń

Klasyfikacja dźwięków i drgań w łożysku tocznym

	Dźwięk	Drgania	Cechy	
Konstrukcyjne	Szum bieżni	Drgania swobodne bieżni pierścienia	Ciągły szum, podstawowy nieusuwalny szum generowany przez wszystkie łożyska	
	Klikanie	Drgania swobodne bieżni pierścienia, drgania swobodne koszyka	Regularny dźwięk o określonym odstępnie, występuje w dużych łożyskach z poziomym wałem, przy obciążeniu promieniowym i niskich obrotach	
	Pisk	Drgania swobodne bieżni pierścienia	Przerywany lub ciągły, występuje najczęściej w dużych łożyskach walcowych, przy obciążeniu promieniowym, smarowaniu smarem, przy określonej prędkości.	
	Szum koszyka	Dźwięk „CK”	Drgania swobodne koszyka	Regularny dźwięk o określonym odstępnie, generowany przez wszystkie typy łożysk
		Dźwięk “CG”	Drgania koszyka	Przerywany lub ciągły, związany ze smarowaniem określonym smarem
		Stukanie	Drgania swobodne koszyka	O określonym odstępnie, ale lekko nieregularny przy obciążeniu promieniowym i na etapie początkowym
-	Drgania przy przemieszczaniu się elementów tocznych	Ciągłe, wszystkie rodzaje łożysk przy obciążeniu promieniowym		
Produkcyjne	Szum wynikający z falistości	Drgania spowodowane falistością powierzchni	Pierścień wewnętrzny	Ciągły szum
			Pierścień zewnętrzny	Ciągły szum
			Element toczny	Ciągły w przypadku wałeczków, okazjonalny w przypadku kulek
Obsługowe	Szum wynikający z wady	Drgania spowodowane wadą	Pierścień wewnętrzny	Regularny dźwięk o określonym odstępnie
			Pierścień zewnętrzny	
			Element toczny	
Szum od zanieczyszczeń	Drgania spowodowane zanieczyszczeniami		Nieregularny	
Pozostałe	Szum uszczelki	Drgania swobodne uszczelki	Uszczelka stykowa	
	Szum środka smarnego	-	Nieregularny	
	-	Bicie	f_t	Ciągły
			f_c	Ciągły
$f_t - 2f_c$			Ciągły	

n: Dodatnia liczba całkowita (1, 2, 3...)

Z: Liczba elementów tocznych

f_{RIN} : Częstotliwość własna pierścienia w trybie zginania promieniowego, [Hz]

f_{MI} : Częstotliwość drgań własnych w trybie drgań kątowych (skośnych) od bezwładności układu pierścieni zewnętrzny-sprężyna, [Hz]

f_i : Częstotliwość obrotów pierścienia wewnętrznego, [Hz]

Częstotliwość generowana (analiza częstotliwości)			Źródło	Środki zaradcze
FFT fali oryginalnej		FFT dla obwiedni (liczba podstawowa)		
Kierunek promieniowy (skośny)	Kierunek osiowy			
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	-	Wybiórczy rezonans falistości (tarcie toczne)	Poprawić sztywność łożysk, zastosować odpowiedni luz promieniowy, smar o wysokiej lepkości, łożyska o wysokiej jakości
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	Zf_c	Kolizje elementów tocznych z pierścieniem wewnętrznym lub koszykiem	Zmniejszyć luz promieniowy, zastosować napięcie wstępne, olej o wysokiej lepkości
$(\approx f_c 2N, f_c 3N)$	-	-	Samowzbudzone drgania spowodowane tarciem poślizgowym na powierzchni tocznej	Zmniejszyć luz promieniowy, zastosować napięcie wstępne, zmienić smar, wymienić łożyska na inne
Częstotliwość własna koszyka		f_c	Kolizje koszyka z elementami tocznymi lub pierścieniami	Zastosować napięcie wstępne, środek smarny o wysokiej lepkości, ograniczyć błędy montażowe
Częstotliwość własna koszyka		-	Samowzbudzone drgania spowodowane tarciem na powierzchni prowadzenia koszyka	Wymienić smar na inny, wymienić koszyk na inny
Częstotliwość własna koszyka		Zf_c	Kolizje koszyka i elementów tocznych spowodowane oporem smaru	Zmniejszyć luz promieniowy, zastosować napięcie wstępne, środek smarny o niskiej lepkości
Zf_c	-	-	Przemieszczenie pierścienia wewnętrznego spowodowane przemieszczeniem się elementów tocznych	Zmniejszyć luz promieniowy, zastosować napięcie wstępne
$nZf_i \pm f_i$ (nZ ± 1 szczytów falistości)	nZf_i (nZ szczytów falistości)	-	Falistość bieżni pierścienia wewnętrznego, nieregularność zewnętrznej powierzchni wału	Zastosować łożyska o wysokiej jakości, poprawić dokładność wału
nZf_c (nZ ± 1 szczytów falistości)	nZf_c (nZ szczytów falistości)	-	Falistość bieżni pierścienia zewnętrznego, nieregularność otworu oprawy	Zastosować łożyska o wysokiej jakości, poprawić dokładność otworu oprawy
$2n f_b \pm f_c$ (2n szczytów falistości)	$2n f_b$ (2n szczytów falistości)	-	Falistość elementów tocznych	Zastosować łożyska o wysokiej jakości
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	Zf_i	Wyszczerbienia, wgniecenia, rdza, złuszczenia na bieżni pierścienia wewnętrznego	Wymiana i ostrożne obchodzenie się z łożyskami
		Zf_c	Wyszczerbienia, wgniecenia, rdza, złuszczenia na bieżni pierścienia wewnętrznego	Wymiana i ostrożne obchodzenie się z łożyskami
		Zf_b	Wyszczerbienia, wgniecenia, rdza, złuszczenia na elementach tocznych	Wymiana i ostrożne obchodzenie się z łożyskami
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	Nieregularne	Wnikanie zanieczyszczeń i drobin	Wymyć, poprawić uszczelnienie
Częstotliwość własna uszczelki		(f_r)	Samowzbudzone drgania spowodowane tarciem na powierzchni kontaktowej uszczelki	Zmienić uszczelkę, zmienić smar
-	-	Nieregularne	Środek smarny lub pęcherze środka smarnego zgniatanie pomiędzy elementami tocznymi i bieżnią	Zmienić smar
f_i	-	-	Nieregularność przekroju pierścienia wewnętrznego	Zastosować łożyska o wysokiej jakości
f_c	-	-	Nierówność kulek w łożysku, nierównomierne rozmieszczenie elementów tocznych	Zastosować łożyska o wysokiej jakości
$f_i - Zf_c$	-	-	Drgania nieliniowe w wyniku zmian sztywności spowodowanych nierównomiernym rozmieszczeniem kulek	Zastosować łożyska o wysokiej jakości

f_c : Częstotliwość obrotów orbitalnych elementów tocznych, [Hz]

f_{AIN} : Częstotliwość własna pierścienia w trybie zginania osiowego, [Hz]

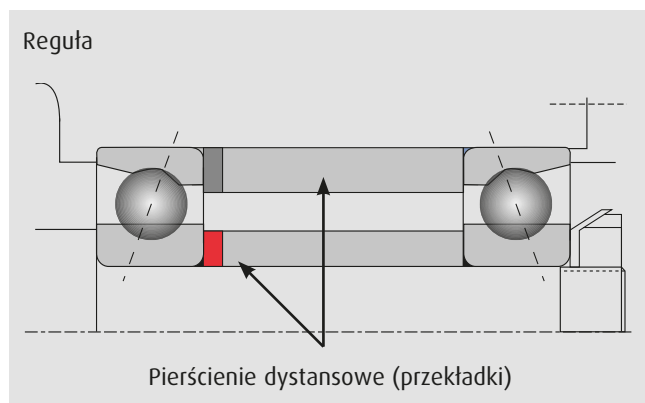
f_{AM} : Częstotliwość drgań własnych w trybie drgań osiowych od masy układu pierścien zewnętrzny-sprężyna, [Hz]

f_i : $f_i = f_c - f_{ei}$ [Hz]

f_b : Częstotliwość obrotów elementu tocznego wokół jego osi, [Hz]

Informacje uzupełniające

Tabele konwersji napięcia wstępnego łożyska – Łożyska skośne standardowe



Aby zwiększyć napięcie wstępne: zmniejszyć grubość przekładki pierścienia wewnętrznego



Aby zmniejszyć napięcie wstępne: zmniejszyć grubość przekładki pierścienia zewnętrznego



Tabele konwersji napięcia wstępnego

W sytuacjach awaryjnych możliwa jest zmiana napięcia wstępnego układu łożysk poprzez zastosowanie pierścienia dystansowego pomiędzy napiętymi wstępnie przeciwstawnymi łożyskami.

W tabelach na stronach 79-83 przedstawiono wielkości korekty szerokości pierścieni dystansowych wymagane do zmiany napięcia wstępnego.

Na przykład, jeżeli napięcie wstępne łożyska skośnego o kącie działania 15° ma zostać zmienione z ekstra lekkiego na lekkie, konieczne jest zmniejszenie szerokości przekładki pierścienia wewnętrznego o $6 \mu\text{m}$. Dla zmiany napięcia wstępnego ze średniego na duże wymagane będzie zmniejszenie szerokości przekładki pierścienia wewnętrznego o $13 \mu\text{m}$. Jeżeli wymagana jest zmiana napięcia wstępnego z lekkiego na duże, należy dodać wartości, to jest 12 i 13, uzyskując wartość zmniejszenie szerokości przekładki pierścienia wewnętrznego równą $25 \mu\text{m}$.

W podanym przykładzie, przy zmniejszaniu napięcia wstępnego należy wybrać z tabeli poniżej takie same wartości, ale w tym przypadku zmniejszenie szerokości dotyczy przekładki pierścienia zewnętrznego.

Seria Standard

Seria 79

Numer łożyska	Napięcie wstępne dla kąta działania 15°			Napięcie wstępne dla kąta działania 25°		
	Ekstra lekkie na lekkie [μm]	Lekkie na średnie [μm]	Średnie na duże [μm]	Ekstra lekkie na lekkie [μm]	Lekkie na średnie [μm]	Średnie na duże [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

Informacje uzupełniające

Tabele konwersji napięcia wstępnego łożyska – Łożyska skośne standardowe

Seria Standard

Seria 70

Numer łożyska	Napięcie wstępne dla kąta działania 15°			Napięcie wstępne dla kąta działania 25°			Napięcie wstępne dla kąta działania 30°		
	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Średnie na duże [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Średnie na duże [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Średnie na duże [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

Seria Standard

Seria 72

Numer łożyska	Napięcie wstępne dla kąta działania 15°			Napięcie wstępne dla kąta działania 25°			Napięcie wstępne dla kąta działania 30°		
	Ekstra lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Średnie na duże [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Średnie na duże [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Średnie na duże [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

Informacje uzupełniające

Tabele konwersji napięcia wstępnego łożyska – Łożyska serii Robust

Seria Robust

Rozmiar otworu	BNR19S		BER19S		Rozmiar otworu	BNR19H,X,XE		BER19H,X,XE	
	Napięcie wstępne dla kąta działania 18°		Napięcie wstępne dla kąta działania 25°			Napięcie wstępne dla kąta działania 18°		Napięcie wstępne dla kąta działania 25°	
	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]		Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [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

Seria Robust

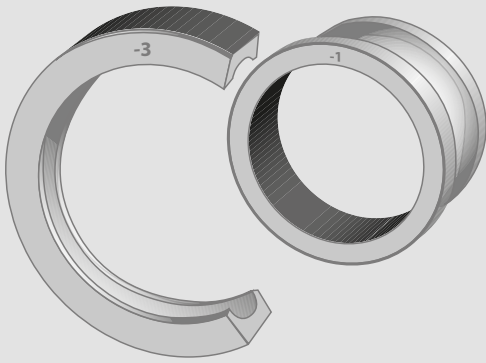
Rozmiar otworu	BNR10S		BNR10S	
	Napięcie wstępne dla kąta działania 18°		Napięcie wstępne dla kąta działania 25°	
	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]
30	5	8	8	7
35	5	7	8	7
40	5	6	8	7
45	5	6	8	7
50	5	7	8	7
55	5	8	10	8
60	5	10	10	8
65	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

Rozmiar otworu	BNR10H,X,XE		BER10H,X,XE	
	Napięcie wstępne dla kąta działania 18°		Napięcie wstępne dla kąta działania 25°	
	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [µm]	Ekstra lekkie na lekkie [µm]	Lekkie na średnie [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

Informacje uzupełniające

Tabela parowania wymiarów otworu i średnicy zewnętrznej

Różnice wymiarowe pierścieni wskazywane są zarówno na pierścieniach łożyska, jak i na pudełku.



7005A5TRDULP3
7005A5TRDULP3
R 5
MJ16427A

Różnica wymiarowa średnicy zewnętrznej

Różnica wymiarowa średnicy otworu

029176 616952

710 Made in England

Przy wyborze łożysk SU lub dopasowywaniu układów łożysk w celu uzyskania nowego lub innego układu ważne jest, aby odchylenia wymiarów średnicy otworu i średnicy zewnętrznej mieściły się w określonych granicach. Jeżeli użytkownik nie dysponuje kartą dopasowywania wymiarów NSK, może skorzystać z zamieszczonych poniżej tabeli, aby wybrać maksymalną różnicę dla każdego odchylenia wymiarów łożyska w układzie. W tabeli przedstawiono maksymalne wartości konieczne dla uzyskania optymalnego rozłożenia obciążenia w układzie łożysk w zależności od rozmiaru łożyska i klasy dokładności, niezależnie dla średnicy otworu i średnicy zewnętrznej łożyska. Wymiary średnic otworów łożysk tworzących układ należy dobierać niezależnie od wymiarów średnic pierścienia zewnętrznego.

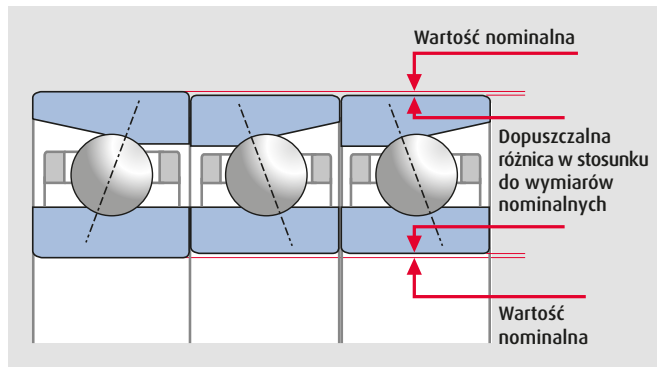
Tabela parowania wymiarów otworu i średnicy zewnętrznej



72**	72
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy otworu łożyska w układzie parowanym [µm]	P3 P4

73**	73
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy otworu łożyska w układzie parowanym [µm]	P3 P4

Uniwersalne parowanie łożysk
Łożyska kulkowe superprecyzyjne są produkowane zgodnie z normami wymiarowymi Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO. Wszystkie łożyska w układzie muszą mieć dopuszczalne odchylenia wymiarów otworów i średnic zewnętrznych od wymiarów nominalnych. Poprawia to rozkład obciążenia w przypadku montażu łożysk blisko obok siebie.
Różnica wymiarów średnic zewnętrznych i otworów łożysk w układach jest generalnie mniejsza niż 1/3 rozbieżności wymiarowej. Karta może być wykorzystana do zidentyfikowania dopuszczalnej różnicy wymiarów średnic zewnętrznych i otworów łożysk w układzie dla klas dokładności P2, P3 i P4.



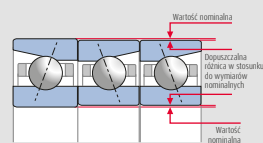
Łożyska kulkowe superprecyzyjne NSK



79**	79
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Permissible difference of bore in a matched set [µm]	P2 P3 P4

70**	70
Dopuszczalna różnica średnicy zewnętrznej w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4
Dopuszczalna różnica średnicy otworu łożyska w układzie parowanym [µm]	P2 P3 P4

Odchylenia wymiarów łożysk od wartości nominalnych są podawane z dokładnością do jednego mikrona.



► Poproś NSK lub swojego dystrybutora o wygodną i poręczną kartę doboru, która umożliwi szybkie i dokładne parowanie wszystkich łożysk z asortymentu NSK. Karta ta to dwustronna karta o formacie kieszonkowym, powlekana plastikiem.

Tabela parowania wymiarów otworów i średnic zewnętrznych

	P2		P3/P4	
	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska
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	
	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska
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

Informacje uzupełniające

Tabela parowania wymiarów otworu i średnicy zewnętrznej

Tabela parowania wymiarów otworu i średnicy zewnętrznej

	P2		P3/P4	
	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska
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	
	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska	Średnica zewnętrzna łożyska	Średnica otworu łożyska
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
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

Użyteczne wskazówki

Lista wskazówek zamieszczonych w tej publikacji

Numer wskazówki	Opis wskazówki	Sekcja	Numer strony
1	Ustawianie punktów maksymalnego bicia łożysk	Dobór łożysk	13
2	Niższy koszt łożysk o klasie dokładności P3	Dobór łożysk	17
3	Zmiana napięcia wstępnego łożysk z użyciem przekładek	Dobór łożysk	21
4	Dokładne smarowanie łożysk za pomocą strzykawki	Czynności przed montażem	28
5	Pomiar części w temperaturze pokojowej	Czynności przed montażem	30
6	Podgrzewanie opraw opalarką	Montaż	32
7	Ustawianie zespołów wrzecion dla osiągnięcia mniejszego bicia	Montaż	35
8	Montaż łożysk walcowych w oprawach	Montaż	37
9	Prosty sposób obliczania napięcia wstępnego łożysk walcowych	Montaż	41
10	Ustawianie napięcia wstępnego łożysk walcowych z otworem stożkowym za pomocą przekładek	Montaż	43
11	Kontrola bezpieczeństwa podczas docierania	Czynności po montażu	51

Indeks

A			
Asortyment produktów	6-8		
B			
Bicie	17		
C			
Częstotliwości drgań własnych	49		
Czystość	27		
D			
Diagnozowanie uszkodzeń	75-77		
Dokładność mikronowa	17		
Dokręcanie pokrywy zamykającej	36		
I			
Ilość smaru	28-29		
K			
Karta doboru	24		
Karta doboru łożysk	24, 85-86		
Kąt działania	14		
Klasy dokładności	17		
Kod kreskowy na pudełku	24		
Konstrukcje wrzeciona	16		
Kontrola części	30		
Kontrola wrzeciona	34		
Kontrole przy rozruchu	52		
Konwersja napięcia wstępnego	78-83		
Koszyk TB	66		
Koszyk TYN	64		
Kulki ceramiczne	63		
L			
Linie V – łożysko pojedyncze	13		
Linie V – układ łożysk	13		
Luz osiowy	19, 24		
Ł			
Łożyska do podparcia śrub kulowych	10		
Łożyska hybrydowe	63		
Łożyska Robust	9, 56-57		
Łożyska skośne wzdłużne	11		
Łożyska standardowe	9		
Łożyska uszczelnione	59-60		
Łożyska walcowe	10		
Łożyska wysokoobrotowe	9		
Łożyska wzdłużne TAC do konwersji	65		
Łożyska wzdłużne	65		
Łożysko typu X	56		
M			
Materiał koszyka	64		
Materiał SHX	58		
Metoda montażu łożysk walcowych z użyciem sprawdzianu	42-43		
Metoda obliczania napięcia wstępnego łożysk walcowych	35-41		
Modernizacja	54-55		
Moment dokręcania nakrętki zabezpieczającej	34		
N			
Nagrzewnica indukcyjna	33		
Napięcie wstępne	18-23		
Napięcie wstępne pozycyjne	18		
Napięcie wstępne sprężyną	18		
Nośność łożyska	20		
Numer seryjny	13		
O			
Obszar demontażu łożysk	26		
Obszar montażu łożysk	26		
Opakowania	27		
Osiowanie	50		
Oznaczenia d i D na łożysku oraz pudełku	13		
Oznaczenia F i B na pudełku łożyska	13		
Oznaczenia identyfikacyjne	13		
Oznaczenia punktów maksymalnego bicia	13		
Oznaczenie C na łożysku i pudełku	13		

P		U	
Pasowanie łożysk	32-33	Układy DU	24
Pierścienie dystansowe (przekładki)	30	Układy DUD	24
Połączenia sprzęgane	50	Układy łożysk	20
Pomiary oprawy	30	Układy tandem	16
Pomiary wału	30	Układy typu „O”	16
Postępowanie z łożyskami	26	Układy typu „X”	16
Procedury montażu	34	Układy QU	24
Proces docierania	51	Ulepszenia materiałów	58
Przegląd łożysk	9	Uniwersalne układy łożysk	16
Przewodnik po zamiennikach łożysk	68	Uszkodzenia, przyczyny uszkodzeń i środki zaradcze	70-74
Przykłady wrzecion	44-47	Użyteczne wskazówki	87
R		W	
Regulacja napięcia wstępnego – łożyska skośne	20	Wartości CA	19
Regulacja napięcia wstępnego – łożyska walcowe	22	Wartości C _r	20
S		Wartości C _{or}	20
Smarowanie smarem	27	Wbudowany silnik elektryczny	15
Sprawdzanie napięcia wstępnego	48-49	Wciskanie za pomocą prasy	33
Stal EP	58	Wewnętrzny luz promieniowy	22
Stal Z	58	Wprowadzenie	4-5
Stałe napięcie wstępne	18	Wrzeciona napędzane pasem klinowym	50
Stożek (łożysko walcowe)	35	Współczynnik d _m n	19
Szczelina / luz pokrywy zamykającej	36-37	Współczynniki prędkości	18
Sztywność łożyska	20-21	Wyważanie	50
Sztywność na zginanie	14	Z	
Sztywność osiowa	14, 20, 49	Zanieczyszczenia	26
Sztywność promieniowa	14, 20		
Szum – przyczyny	53		
T			
Temperatura – przyczyny	52		
Tolerancje	17, 24		
Tolerancje łożysk	24		
Trwałość – łożyska walcowe	23		

Biura sprzedaży NSK – Europa, Bliski Wschód i Afryka

Polska i Europa Środkowo-Wschodnia

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

Bliski Wschód

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

Francja i Beneluks

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

Hiszpania

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

Niemcy, Austria, Szwajcaria, Skandynawia

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

Republika Południowej Afryki

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

Rosja

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

Turcja

NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti.
Cevizli Mah. D-100 Güney Yan Yol
Kuriş Kule İş Merkezi No:2 Kat:4
Kartal - Istanbul
Tel. +90 216 5000 675
Fax +90 216 5000 676
turkey@nsk.com

Wielka Brytania

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

Włochy

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

Zapraszamy na naszą stronę internetową: www.nskeurope.pl

Global NSK: www.nsk.com

