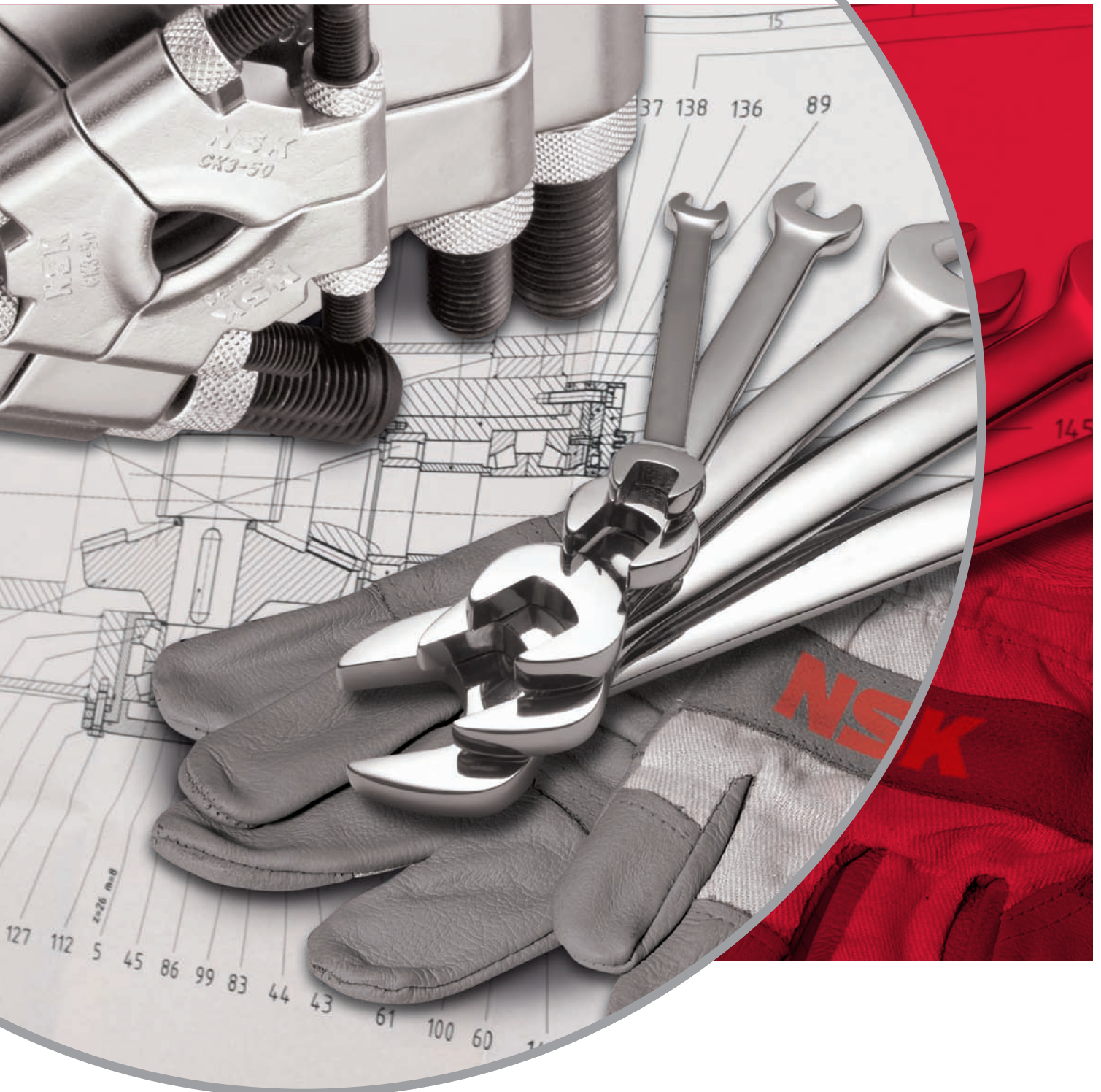


+ INSTRUKCJA OBSŁUGI ŁOŻYSK



Jako jeden z wiodących światowych producentów łożysk tocznych, komponentów technologii liniowej i układów kierowniczych, jesteśmy obecni prawie na każdym kontynencie – w zakładach produkcyjnych, biurach sprzedaży i centrach technologicznych – ponieważ nasi klienci doceniają krótkie kanały decyzyjne, sprawne dostawy i lokalny dostęp do naszych usług.



Firma NSK

NSK rozpoczęła swoją działalność w 1916 r. jako pierwszy japoński producent łożysk tocznych. Od tamtego czasu stale rozbudowujemy i ulepszamy nie tylko gamę naszych produktów, lecz również zakres usług dla różnych sektorów przemysłu. Z myślą o nich rozwijamy technologie w dziedzinie łożysk tocznych, systemów liniowych, komponentów dla branży motoryzacyjnej i systemów mechatronicznych. Nasze ośrodki badawcze i produkcyjne w Europie, Ameryce i Azji są ze sobą powiązane w globalnej

sieci technologicznej. Koncentrujemy się nie tylko na rozwoju nowych technologii, ale również na stałej optymalizacji jakości – na każdym etapie procesów.

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.

Partnerstwo oparte na zaufaniu, zaufanie oparte na jakości

Kompleksowa Jakość NSK: współdzielenie naszej globalnej sieci Centrów Technologicznych NSK. Oto jeden z przykładów na to, jak spełniamy wymagania wysokiej jakości.

NSK jest jedną z czołowych firm szcycących się długą tradycją opatentowanych rozwiązań dla części mechanicznych. W naszych centrach badawczych na całym świecie skupiamy się nie tylko na rozwijaniu nowych technologii, ale także na stałym ulepszaniu jakości w oparciu o zintegrowaną platformę

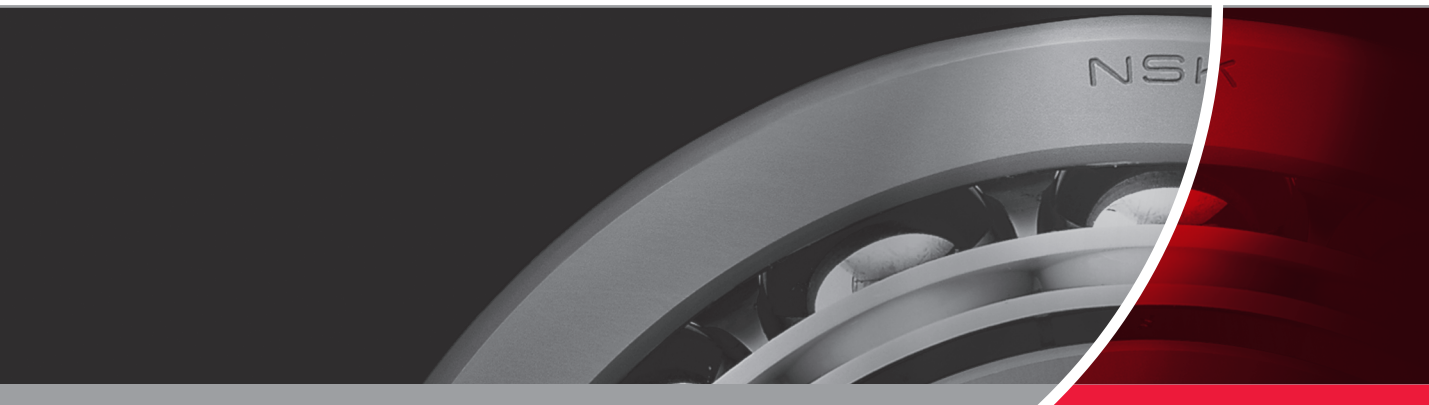
technologiczną: trybologii, technologii materiałowej, analizy i mechatroniki.

**Więcej o NSK na stronie internetowej
www.nskeurope.pl lub pod numerem telefonu
+48 22 645 15 25**



Dla właściwej obsługi łożysk tocznych





Spis treści

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Zalecenia do właściwej obsługi łożysk tocznych | 6 |
| 2. Montaż | 7 |
| 2.1. Pasowania i luzy | 7 |
| 2.2. Siła pasowania włączanego i temperatura nagrzewu dla ciasnego pasowania | 11 |
| 2.3. Prace montażowe | 12 |
| 2.4. Montaż łożysk z otworami stożkowymi | 14 |
| 2.5. Montaż obudowy | 16 |
| 2.6. Montaż z zastosowaniem napięcia wstępnego | 20 |
| 2.7. Ogólne środki ostrożności przy montażu | 21 |
| 2.8. Smarowanie | 23 |
| 2.9. Sprawdzenie działania | 32 |
| 3. Utrzymanie i przeglądy | 28 |
| 3.1. Procedury utrzymania i przeglądów | 28 |
| 3.2. Metody smarowania | 29 |
| 3.3. Uszkodzenia łożysk | 31 |
| 4. Demontaż | 37 |
| 4.1. Demontaż pierścieni zewnętrznych | 38 |
| 4.2. Demontaż pierścieni wewnętrznych | 39 |
| 4.3. Mycie łożysk | 40 |
| 5. Przechowywanie łożysk | 41 |
| 6. Załączniki | 42 |

1. Zalecenia do właściwej obsługi łożysk tocznych

Łożyska toczne są używane w różnorodnych warunkach pracy, w szerokim zakresie obciążeń od lekkich do ciężkich. Ponieważ są one produkowane z wysokim poziomem precyzji muszą być obsługiwane z ostrożnością i we właściwy sposób; właściwa obsługa łożysk jest tak samo ważna jak cel, dla którego są one zastosowane.

Niepoprawny montaż i niewłaściwa obsługa są najczęstszymi przyczynami przedwczesnych uszkodzeń łożysk. W konsekwencji jest oczywiste, że właściwa obsługa łożysk tak jak odpowiedni dobór i zastosowanie są sprawą podstawową. Wskazówki dla poprawnej obsługi łożysk tocznych są podsumowane poniżej:

1. Utrzymuj łożyska i części przynależne w czystości
2. Sprawdzaj czy wymiary i sposób wykończenia części przynależnych są poprawne dla żądanego zastosowania
3. Utrzymuj łożyska z dala od szkodliwych substancji włączając w to obce cząstki i wilgoć
4. Upewnij się, że montujesz łożyska zgodnie z ich przeznaczeniem i określonymi warunkami pracy
5. Używaj odpowiednich narzędzi do montażu i demontażu.
6. Ostrożnie obchodź się z łożyskami, aby ich nie zniszczyć lub uszkodzić w procesie montażu i demontażu.
7. Stosuj właściwe dawki odpowiedniego środka smarnego.

8. Kiedy obchodzisz się z łożyskami, utrzymuj ręce w czystości na ile to możliwe, aby zapobiec korozji. Zalecane jest stosowanie rękawiczek o ile to możliwe.

Chociaż obsługa łożysk nie wymaga wyrafinowanych urządzeń to jednak powinno się używać odpowiednich narzędzi właściwych dla specyficznych okoliczności w celu ułatwienia operacji roboczych i zapewnienia pełnych osiągnięć łożysk.

Oczywiście inżynierowie, którzy zajmują się projektowaniem i inspekcją łożysk muszą również dobrze znać się na obsłudze i metodach montażu zgodnych z wymaganym zastosowaniem łożysk. Cele właściwej obsługi to zabezpieczenie łożysk przed potencjalnym uszkodzeniem i zapewnienie obsługi zgodnie z ich wymaganym przeznaczeniem najefektywniejszej jak to możliwe.



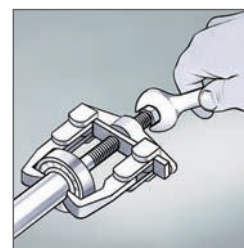
Utrzymuj łożyska i ich otoczenie w czystości!



Zabezpiecz łożyska przed korozją!



Obchodź się z nimi ostrożnie!



Używaj właściwych narzędzi!

2. Montaż

2.1 Pasowania i luzy

Łożyska standardowe z otworami walcowymi są często montowane poprzez zapewnienie ciasnego pasowania na odpowiadających im wałkach. Jednocześnie wciśnięcie pierścienia wewnętrznego na wałek wymaga znacznej siły. Dla montażu zapewniony jest taki poziom ciasnego pasowania, aby pierścień wewnętrzny łożyska mógł rozszerzyć się o pewną wartość, zwykle redukując wartość luzu wewnętrznego proporcjonalnie do rozszerzenia się pierścienia wewnętrznego.

Chociaż luz łożysk stożkowych może być regulowany po ich montażu to dla łożysk kulkowych i walcowych taka regulacja nie może być dokonana.

Dlatego też, łożyska powinny być dobierane z odpowiednim luzem w zależności od wielkości wcisku pasowania. Łożyska są zwykle produkowane z luzem CN odpowiednim dla warunków obciążenia normalnego. Jeżeli pasowanie z wciskiem jest większe niż luz CN, należy dobrać łożyska z większym luzem (C3, C4 itd.). Ogólnie zmniejszenie luzu pochodzące od pasowania pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i wałkiem może być wyrażone przez następujące równania (1) i (2):

Dla wałków toczonech:

$$\delta_i = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+3} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (1)$$

Dla wałków szlifowanych:

$$\delta_i = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+2} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (2)$$

gdzie

δ_i : Zmniejszenie luzu spowodowane pasowaniem (mm)

Δd : Wcisk efektywny (mm)

Δd_a : Wcisk pozorny (mm):

k : $d/D_i = 0.70$ do 0.90

d : Nominalna średnica otworu łożyska (mm)

D_i : Średnica bieżni pierścienia wewnętrznego (mm)

2. Montaż

2.1 Pasowania i luzy

Tabela 1: Pasowania łożysk poprzecznych z wałkami

| Warunki obciążenia | | Przykłady | Średnica wału (mm) | | | Tolerancja wałka | Uwagi |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | Łożyska kulkowe | Łożyska walcowe, łożyska stożkowe | Łożyska baryłkowe | | |
| Łożyska poprzeczne z otworami walcowymi | | | | | | | |
| Obciążenie wirujące pierścienia zewnętrznego | Pożądane łatwe przemieszczanie osiowe pierścienia wewnętrznego na wale | Koła na stacjonarnych osiach | Wszystkie średnice wałków | | | g6 | Gdzie wymagana jest dokładność należy zastosować g5 i h5. W przypadku dużych łożysk można stosować f6 dla uzyskania łatwego przemieszczenia osiowego |
| | Niewymagane łatwe osiowe przemieszczanie pierścienia wewnętrznego na wale | Koła naprężające krążków linowych | | | | h6 | |
| Obciążenie wirujące pierścienia wewnętrznego lub nieokreślony kierunek obciążenia | Lekkie lub zmienne obciążenia ($\leq 0.06 C_r^{(1)}$) | Domowe urządzenia elektryczne, pompy, dmuchawy, urządzenia transportowe, maszyny precyzyjne, narzędzia elektryczne | ≤ 18 | - | - | js5 | - Dla jednorzędowych łożysk stożkowych oraz jednorzędowych łożysk skośnych w miejsce k5 i m5 można stosować k6 i m6 |
| | | | 18-100 | ≤ 40 | - | js6 (j6) | |
| | | | 100-200 | 40-140 | - | k6 | |
| | - | 140-200 | - | m6 | | | |
| | Obciążenia normalne (0.06 do 0.13 $C_r^{(1)}$) | Ogólne zastosowania łożysk, średnie i duże silniki elektryczne, turbiny, pompy, główne łożyska silników spalinowych, przekładnie, maszyny do obróbki drewna | ≤ 18 | - | - | js5-6 (j5-6) | |
| | | | 18-100 | ≤ 40 | ≤ 40 | k5-6 | |
| | | | 100-140 | 40-100 | 40-65 | m5-6 | |
| | | | 140-200 | 100-140 | 65-100 | m6 | |
| | | | 200-280 | 140-200 | 100-140 | n6 | |
| | | | - | 200-400 | 140-280 | p6 | |
| - | - | 280-500 | r6 | | | | |
| - | - | > 500 | r7 | | | | |
| Obciążenia ciężkie lub udarowe ($> 0.13 C_r^{(1)}$) | Kolejowe maźnice, pojazdy przemysłowe, silniki trakcyjne, wyposażenie konstrukcyjne, kruszarki | - | 50-140 | 50-100 | n6 | Konieczny jest większy niż CN wewnętrzny luz łożyska | |
| | | - | 140-200 | 100-140 | p6 | | |
| | | - | > 200 | 140-200 | r6 | | |
| | | - | - | 200-500 | r7 | | |
| Tylko obciążenia osiowe | | | Wszystkie średnice wałków | | | js6 (j6) | - |
| Łożyska poprzeczne z otworem stożkowym i tulejami | | | | | | | |
| Wszystkie rodzaje obciążenia | Łożyska ogólnego stosowania, maźnice kolejowe | | Wszystkie średnice wałków | | | h9/IT5 | IT5 i IT7 oznacza, że odchylenia wałka od jego prawidłowej geometrii, to jest chropowatość i walcowość, powinny być odpowiednie do tolerancji IT5 i IT7. |
| | Wałki transmisyjne, wrzeciona do obróbki drewna | | | | | h10/IT7 | |
| Pasowanie łożysk wzdłużnych z wałkami | | | | | | | |
| Tylko obciążenie osiowe centralne | | Główne wałki obrabiarek | Wszystkie średnice wałków | | | h6 lub js6 (j6) | - |
| Obciążenia złożone osiowe i promieniowe (łożyska baryłkowe wzdłużne) | Obciążenie stacjonarne pierścienia wewnętrznego | Kruszarki stożkowe | Wszystkie średnice wałków | | | js6 (j6) | |
| | | | | | | Obrotowe obciążenie pierścienia wewnętrznego lub nieokreślony kierunek obciążenia | |
| | 200 - 400 | m6 | | | | | |
| | > 400 | n6 | | | | | |

Przypisy: ⁽¹⁾ C_r reprezentuje dynamiczną nośność bazową łożyska.

Uwaga: Tabela ta ma zastosowanie tylko do wałków stalowych pełnych.

Table 2: Pasowania łożysk poprzecznych z obudowami

| Warunki obciążenia | | Przykłady | Tolerancje otworu obudowy | Osiowe przemieszczenie pierścienia zewnętrznego | Uwagi | |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| łożyska poprzeczne z obudowami | | | | | | |
| Obudowy pełne | Obciążenie wirujące pierścienia zewnętrznego | Ciężkie obciążenia łożysk w cienkościennych obudowach lub ciężkie obciążenie udarowe | Piasty kół samochodowych (łożyska wałeczkowe), wędrujące koła dźwigu | P7 | Niemożliwe | - |
| | | Obciążenia normalne lub ciężkie | Piasty kół samochodowych (łożyska kulkowe), siła wibracyjna | N7 | | |
| | | Obciążenie lekkie lub zmienne | Przenośniki rolkowe, koła napędzające krążków linowych | M7 | | |
| Obudowy pełne lub dzielone | Nieokreślony kierunek obciążenia | Ciężkie obciążenia udarowe | Silniki trakcyjne | | Raczej niemożliwe | Jeśli nie jest wymagane przemieszczenie osiowe pierścienia zewnętrznego |
| | | Obciążenia normalne lub ciężkie | Pompy, łożyska główne wałków wykorbionych, średnie i duże silniki | K7 | | |
| | | Obciążenia lekkie lub normalne | | JS7 (J7) | | |
| | Obciążenie wirujące pierścienia wewnętrznego | Obciążenia wszystkich rodzajów | Łożyska ogólnych zastosowań, maźnice kolejowe | H7 | Możliwe z łatwością | - |
| | | Obciążenia normalne lub lekkie | Oprawy dzielone | H8 | | |
| | | Wysoki wzrost temperatury pierścienia wewnętrznego poprzez wał | Suszarnie papieru | G7 | | |
| Obudowy pełne | Nieokreślony kierunek obciążenia | Pożądanym dokładnym biegiem przy lekkich i normalnych obciążeniach | Tyłne łożyska kulkowe wrzeciona szlifierskiego | JS6 (J6) | Możliwe | Dla ciężkich obciążeń używanie jest pasowanie z wciśnięciem większym niż K. Gdy wymagana jest wysoka klasa dokładności, bardzo ścisłe tolerancje powinny być stosowane dla pasowania |
| | | | Swobodne łożyska kompresora odśrodkowego o dużej prędkości obrotowej | | | |
| | | Przednie łożyska kulkowe wrzeciona szlifierskiego | K6 | Raczej niemożliwe | | |
| | Ustalające łożyska kompresora odśrodkowego o dużej prędkości obrotowej | | | | | |
| | Obciążenie wirujące pierścienia wewnętrznego | Pożądana wysoka sztywność i dokładny bieg przy zmiennych obciążeniach | Łożyska wałcowe do wrzecion głównych obrabiarek | M6 lub N6 | Niemożliwe | |
| Wymagany minimalny szum | | Zastosowania w urządzeniach domowych | H6 | Możliwe z łatwością | - | |

| Pasowania łożysk wzdłużnych z obudowami | | | | | |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| Tylko dla obciążeń osiowych | | Łożyska kulkowe wzdłużne | Luz > 0.25 mm | | Dla ogólnych zastosowań |
| | | | H8 | | Kiedy wymagana jest precyzja |
| | | Łożyska baryłkowe wzdłużne, łożyska stożkowe o dużym kącie nachylenia | Pierścien zewnętrzny posiada luz promieniowy | | Kiedy obciążenia promieniowe przenoszone są przez inne łożyska |
| Obciążenia złożone promieniowe i osiowe | Obciążenia stacjonarne pierścienia zewnętrznego | Łożyska baryłkowe wzdłużne | H7 lub JS7 (J7) | | - |
| | Obciążenie wirujące pierścienia zewnętrznego lub nieokreślony kierunek działania | | K7 | Obciążenia normalne | |
| | | | | M7 | Obciążenia promieniowe relatywnie ciężkie |

Uwagi: (1) Tabela ta ma zastosowanie do obudów ze stali i żeliwa. Dla obudów wykonanych ze stopów lekkich wciśnięcie powinno być większe niż podane w tabeli.
(2) Aby znaleźć specjalne pasowania np. dla łożysk igiełkowych cienkościennych należy odnieść się do katalogów NSK.

2. Montaż

2.1 Pasowania i luzy

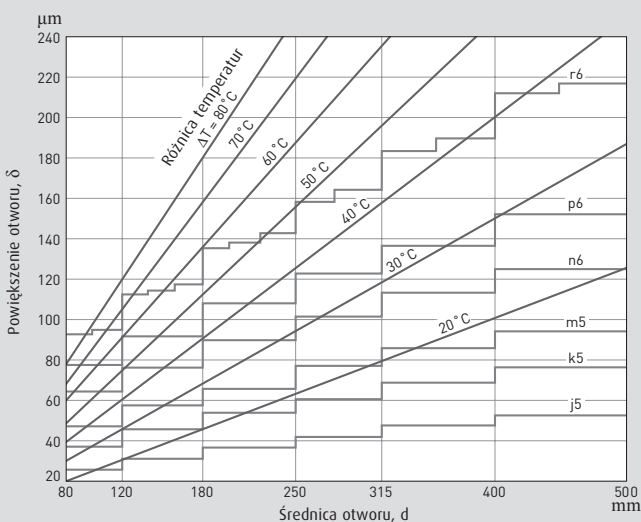
Tabela 3: Wartości μ

| Przykład zastosowania | Wartość μ (średnia) |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Pasowanie wtlaczane pierścienia wewnętrznego na wałek | 0.120 |
| Ściąganie pierścienia wewnętrznego z wałka walcowego | 0.180 |
| Pasowanie wtlaczane pierścienia wewnętrznego na wałek stożkowy lub tuleję stożkową | 0.165 |
| Ściąganie pierścienia wewnętrznego z wałka stożkowego | 0.135 |
| Pasowanie wtlaczane tulei stożkowej między wałek i otwór stożkowy łożyska | 0.300 |
| Ściąganie tulei spomiędzy wałka i otworu stożkowego łożyska | 0.330 |

Tabela 4: Wartości $(1-k^2)$

| D/d | $(1-k^2)$ |
|-----|-----------|
| 1.5 | 0.25 |
| 2.0 | 0.41 |
| 2.5 | 0.52 |
| 3.0 | 0.61 |
| 3.5 | 0.67 |

Rys. 1: Temperatura i rozszerzalność termiczna pierścienia wewnętrznego



Zatem w redukcji luzu wewnętrznego ma swój udział od 70% do 90% wartości wcisku. (Mniejszą wartość redukcji luzu przyjmuje się dla łożysk o serii średnic 4.) Ponadto różnica pomiędzy temperaturą pracy pierścienia wewnętrznego i zewnętrznego waha się zwykle w zakresie od 5°C do 10°C. Jednak rzeczywista różnica temperatur może przekroczyć ten zakres, jeżeli temperatura pierścienia wewnętrznego wzrośnie lub gdy pierścień zewnętrzny będzie chłodzony. Redukcja luzu wewnętrznego pochodząca od różnicy temperatur pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i zewnętrznym:

$$\delta_t = \alpha \cdot \Delta_t \cdot D_e \dots \dots \dots (3)$$

gdzie

δ_t : Redukcja luzu spowodowana różnicą temperatur pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i zewnętrznym (mm)

α : Współczynnik rozszerzalności liniowej stali łożyskowej 12.5×10^{-6} (1/°C)

Δ_t : Różnica temperatur pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i zewnętrznym (°C)

D_e : Średnica bieżni pierścienia zewnętrznego (mm)

$$\text{łożyska toczne} = \frac{1}{4} \cdot (3D + d)$$

$$\text{łożyska kulkowe} = \frac{1}{5} \cdot (4D + d)$$

d : Średnica nominalna otworu (mm)

D : Średnica nominalna pierścienia zewnętrznego (mm)

Tabele 1 i 2 (strony 8/9) podają przykłady w jaki sposób wartości pasowań są określone w oparciu o obciążenie, warunki temperatury itd. W zależności od wartości pasowania i warunków temperatury muszą być zastosowane łożyska z luzem C3 i C4 (większym niż luz normalny CN).

2. Montaż

2.2 Siła pasowania wślaczanego i temperatura nagrzewu dla ciasnego pasowania

Kiedy pierścien wewnętrzny łączymy mocno z wałkiem siła pasowania wślaczanego pierścienia wewnętrznego w kierunku osiowym zmienia się w zależności od wcisku i średnicy wałka. Jednakże wymagana siła wzrasta wraz ze wzrostem nacisku jednostkowego na pasowanej powierzchni i wzrostem współczynnika tarcia. Kiedy wymagana jest większa siła wślaczania pierścien wewnętrzny jest zwykle rozszerzany przez nagrzewanie w oleju przed montażem. W niektórych przypadkach pierścien ten jest wślaczany z użyciem prasy lub podobnych narzędzi, które pozwalają mierzyć wielkość wcisku czy określić siłę wślaczania. Nacisk powierzchniowy p_m , siła wślaczania lub siła ściągania pasowanych powierzchni, które są przykładane do wałka pełnego mogą być wyrażane za pomocą następujących równań (4) i (5):

$$p_m = \frac{1 - k^2}{2} \cdot \frac{\Delta d}{d} \cdot E \dots \dots \dots (4)$$

$$k = \mu p_m \cdot \pi \cdot d \cdot B \\ = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot E \cdot \pi \cdot B \cdot (1 - k^2) \cdot \Delta d \dots (5)$$

gdzie

- k:** d/D_i
- d:** Średnica nominalna otworu (mm)
- D_i :** Średnica bieżni pierścienia wewnętrznego (mm)
- B:** Nominalna szerokość pierścienia wewnętrznego (mm)
- Δd :** Wcisk efektywny (mm)
- E:** Moduł Younga (moduł sprężystości wzdłużnej) = 208 000 MPa
- μ :** Współczynnik tarcia pasowanej powierzchni

Tarcie na pasowanej powierzchni różni się zasadniczo w zależności od stanu tej powierzchni. W zasadzie można stosować wartości μ przedstawione w **Tabeli 3**. Również wartości $(1 - k^2)$ w związku z każdym stosunkiem D/d średnicy zewnętrznej do otworu łożyska mogą być w przybliżeniu wyrażone tak jak pokazano w **Tabeli 4**. Wartości te podano w celu obliczenia siły wślaczania pierścienia wewnętrznego na wałek. Jednak w wielu przypadkach łatwiej jest zamontować pierścien wewnętrzny na czop po nagrzaniu go w oleju, co powoduje jego rozszerzenie. Chociaż stosowane temperatury różnią się w zależności od wcisku i średnicy wałka to zaleca się nagrzewanie łożyska

do temperatury 120°C lub niższej jeśli to tylko możliwe ponieważ twardość łożyska zmniejsza się, gdy jest ono nagrzewane do temperatury 150°C lub wyższej.

Rys.1 pokazuje temperaturę nagrzewania i rozszerzenie pierścienia wewnętrznego łożyska w powiązaniu ze średnicą wałka. Na wykresie tym można znaleźć wymaganą różnicę temperatury, ponieważ pokazano tam również maksymalne wciski od różnych pasowań. Podczas rzeczywistych prac montażowych łożysko ulega ochłodzeniu i zamontowanie na wałek może być utrudnione. Dlatego łożysko musi być nagrzane do temperatury od 20°C do 30°C wyższej niż najniższa temperatura wymagana do montażu. Zwykle zaleca się, aby łożysko było zanurzone w oleju w celu jego nagrzania przez 20 minut. Na przykład, kiedy łożysko o otworze 120 mm jest montowane na wałek z pasowaniem n6 to maksymalny wcisk wynosi 65 mikrometrów. W tym przypadku wymagana temperatura nagrzania łożyska to temperatura otoczenia +50°C jak przedstawiono na **Rys. 1**, podczas, gdy temperatura ta musi być podwyższona o dodatkowe 20°C do 30°C w celu łatwego wsunięcia łożyska na wałek. W konsekwencji wymagana temperatura do nagrzania łożyska może być rozumiana jako temperatura otoczenia +70°C do +80°C.

Dotychczas omówiono siłę pasowania wślaczanego i pasowanie skurczowe dla ciasnych pasowań. Jednakże nadmierny wcisk może czasami generować nienormalnie duże naprężenie w pierścieniu wewnętrznym, mogące prowadzić do pęknięcia pierścienia wewnętrznego lub innych jego uszkodzeń. Spośród naprężeń generowanych w pierścieniu wewnętrznym największą wartość osiąga naprężenie obwodowe na pasowanej powierzchni pierścienia wewnętrznego, a jego wielkość może być wyrażona przez równanie przedstawione niżej.

$$\sigma_{tmax} = p_m \cdot \frac{1 + k^2}{2} \dots \dots \dots (6)$$

gdzie

- p_m :** Nacisk powierzchniowy (MPa)
- k:** d/D_i

Zgodnie z generalną zasadą pożądanym jest wybierać pasowanie, dla którego wartość maksymalnego naprężenia dla stali łożyskowej może być ustalona na 98 MPa lub mniej, a w najgorszym przypadku na 127 MPa.

2. Montaż

2.3 Prace montażowe

Pierścień wewnętrzny łożyska montowany jest zwykle na wałek za pomocą pasowania wślaczanego lub pasowania skurczowego. Pasowanie wślaczane wymaga jednak użycia znacznej siły. Siła potrzebna do zrealizowania pasowania wślaczanego może być określona za pomocą przytoczonego wcześniej równania (5).

Jeśli podczas wykonywania pasowania wślaczanego siła jest przykładana do pierścienia zewnętrznego na powierzchni bieżni może dojść do wgnieceń Brinella pochodzących od elementów tocznych (kulek lub wałeczków). Co więcej, bezpośrednie uderzenie przyłożone do małych obrzeży pierścienia wewnętrznego łożyska może doprowadzić do pęknięcia pierścienia. Jednocześnie żadna siła nie może być przyłożona do koszyka łożyska. Dlatego też czynności podczas pasowania wślaczanego należy wykonywać z rozważą i ostrożnością.

Jeśli mamy do czynienia z łożyskami małych i średnich rozmiarów pasowanych z mniejszym wciskiem, dla których wymagana jest jedynie mała siła wślaczania, pierścień wewnętrzny może być montowany na odpowiedni wałek w temperaturze pokojowej. Jak pokazano na **Rys. 2**, należy przyłożyć pręt mosiężny do bocznego czoła pierścienia wewnętrznego, a następnie pobijać go młotkiem, aby wślóżyć pierścień na wałek. W tym położeniu koniec mosiężnego pręta, który wcześniej został ukośnie przycięty, wchodzi w kontakt z bocznym czołem pierścienia wewnętrznego i w ten sposób czoło to nie będzie poddawane nadmiernym udom i pierścień wewnętrzny zostanie przemieszczony na pozycję pewnego kontaktu z odsadzeniem wałka. Trzeba zadbać o to, by nie dopuścić, aby mosiężne wiórki dostały się do łożysk.

Metodą bardziej efektywną jest metoda z użyciem zestawu narzędzi do wślaczania tulei montażowych (**Rys. 3**) wykonanych z miękkiej stali, która wchodzi w pełny kontakt z czołem pierścienia wewnętrznego. Stosując te narzędzia można dokonać wślaczania wywierając duże lecz nie niszczące oddziaływanie na pierścień. Zastosowanie prasy, sprężonego powietrza lub ciśnienia hydraulicznego ułatwia uzyskanie równomiernego wcisku i umożliwia wychwycenie (i kontrolę) ciśnienia wślaczania dla poprawnego montażu. Co za tym idzie narzędzia te są pomocne jeśli zachodzi potrzeba zaobserwowania czy dane pasowanie jest zbyt ciasne czy zbyt luźne.

Przed przeprowadzeniem czynności wślaczania na powierzchnie otworu pierścienia wewnętrznego i zewnętrzną powierzchnię wałka musi być zaaplikowany olej o wysokiej lepkości (preferowany jest środek smarny z dodatkami do wysokich nacisków). Należy również zauważyć, że zastosowanie na powierzchni pasowania wślaczanego środka smarnego wykonanego z dwusiarczku molibdenu (MoS_2) w formie pasty zapobiega zatarciom i porysowaniom i pozwala na łatwiejszy demontaż, ponieważ środek ten nie dopuszcza do przywierania łożyska do powierzchni pasowania.

Pasowanie skurczowe jest zalecane, jako łatwa metoda montażu dla łożysk z ciasniejszym pasowaniem. Temperatura nagrzania łożyska może być określona z **Rys.1** zgodnie z właściwym wymiarem łożyska i zamierzonym wciskiem. Do ogrzewania w oleju powinien być użyty wysokiej jakości olej mineralny.

Zastosowana wanna olejowa powinna być dostatecznie obszerna, aby pomieścić od dwóch do pięciu łożysk z wystarczającą ilością oleju aby całkowicie pokryć łożyska. Wskazówki, co do użycia wanny olejowej pokazano na **Rys.4**. Trzeba pamiętać o zastosowaniu siatki drucianej lub podobnych elementów do podparcia łożysk w kąpielii olejowej, aby nie dopuścić do bezpośredniego kontaktu łożysk z grzałką lub dnem wanny. Umieścić na górnych brzegach wanny długi pręt z przyczepionymi haczykami do zawieszenia łożysk, aby w ten sposób ułatwić obsługę.

W przypadku stosowania ciasnego pasowania pierścieni wewnętrznych łożysk walcowych do czopów wałców walcarek, jak również łożysk do osi kolejowych wymagana jest większa siła pasowania wślaczanego oraz siła ściągania przy montażu i demontażu łożysk. Z tego powodu w normalnych warunkach pracy mogą wystąpić trudności montażowe i możliwość uszkodzeń łożysk lub wałków. Zaleca się, aby dla przyspieszenia operacji montażu i demontażu łożysk walcowych, których pierścienie wewnętrzne nie posiadają obrzeży do nagrzewu i rozszerzenia samych pierścieni wewnętrznych stosować prądy indukcyjne.

Wykorzystując to zjawisko NSK opracowała urządzenie do montażu /demontażu termicznego, które może być zasilane z przemysłowej sieci prądu przemiennego o typowej częstotliwości sieciowej i udostępniła je dla

różnorodnych obszarów przemysłowych. Ponadto NSK wyprodukowała dostępną w sprzedaży nagrzewnicę indukcyjną jak pokazano na **Rys.5** do nagrzewu pojedynczych detali takich jak małe łożyska.

łożysko założone na wałek szybko ochładza się i po podgrzaniu rozszerzone łożysko kurczy się w kierunku poprzecznym. Dlatego w niektórych przypadkach, aby uniknąć luzu pomiędzy pierścieniem wewnętrznym a odsadzeniem wałka należy docisnąć mocno łożysko do czoła odsadzenia za pomocą nakrętki łożyskowej na wałku lub innego odpowiedniego narzędzia.

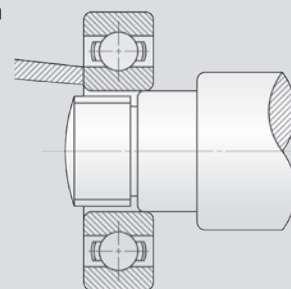
Po zamontowaniu łożyska na swoim miejscu (na czopie wałka) należy ostudzić je i zaaplikować środek smarny na powierzchnie pierścienia wewnętrznego i zewnętrznego. Podczas tej czynności sprawdzić czy łożysko jest wolne od jakichkolwiek śladów kurzu.

Zwykle wymagany jest pewien luz łożyska po montażu, za wyjątkiem, kiedy stosujemy dla łożyska napięcie wstępne; dlatego należy sprawdzić czy łożysko obraca się płynnie. Dla łożysk wałeczkowych luz łożyska może być zmierzony za pomocą przyrządu do pomiaru luzu-szczelinomierza.

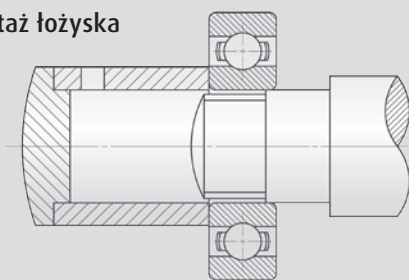
Ponieważ w przypadku łożysk walcowych pierścień wewnętrzny może być odłączony od pierścienia zewnętrznego pierścień ten powinien być oddzielony kiedy, montuje się pierścień wewnętrzny. Należy unikać stosowania niepotrzebnej siły w późniejszym etapie, kiedy pierścień zewnętrzny jest nakładany na pierścień wewnętrzny zamontowany już na wałek, ponieważ wałeczki i bieżnie mogą łatwo zostać uszkodzone. Uszkodzeń tego rodzaju powinno się unikać, gdyż mogą one skutkować szumem i przedwczesnym uszkodzeniem łożysk. Pierścienie składanych łożysk walcowych muszą być również kompatybilne. W konsekwencji należy sprawdzić wcześniej kompatybilność elementów i zwrócić szczególną uwagę na to, aby uniknąć błędnego złożenia ze sobą w kombinacji niezgodnych typów. Montaż łożysk na wałek z luźnym pasowaniem nie sprawia problemu, należy jednak pamiętać, aby luz między pierścieniem wewnętrznym łożyska i wałkiem był minimalny. Zwykle pasowanie pomiędzy pierścieniem wewnętrznym i wałkiem dla łożyska wzdłużnego powinno być bliskie pasowaniu js6.

Zwykle zapewnia się pewną wartość luzu, za wyjątkiem zastosowań w obrabiarkach gdzie wymagana jest wyższa klasa dokładności.

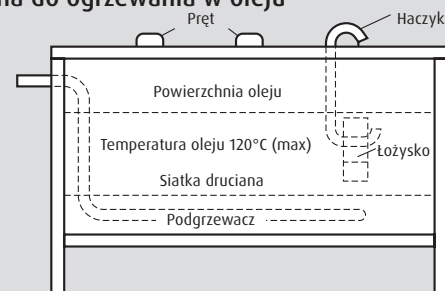
Rys. 2: Montaż łożyska



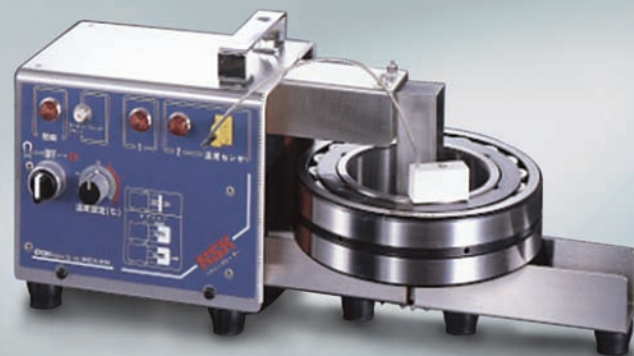
Rys. 3: Montaż łożyska



Rys. 4: Wanna do ogrzewania w oleju



Rys. 5: Nagrzew z użyciem nagrzewnicy indukcyjnej



2. Montaż

2.4 Montaż łożysk z otworami stożkowymi

łożyska z otworami stożkowymi są montowane i ustalane na wałku z wykorzystaniem tulei wciąganych lub wciskanych lub bezpośrednio na wałkach stożkowych. Wielkość pasowania (wcisku) uzależniona jest od redukcji luzu wewnętrznego łożyska i wartości wcisku (wtłoczenia) tulei (lub łożysk). Zmniejszenie luzu wewnętrznego podczas montażu dla łożysk baryłkowych jest zwykle mierzone za pomocą szczelinomierza. Redukcja luzu wewnętrznego i luz reszkowy łożyska po montażu pokazane są w **Tabeli 5**.

łożyska baryłkowe z otworami stożkowymi produkowane są zwykle z uwzględnieniem wartości redukcji luzu pokazanych w **Tabeli 5**. Kiedy łożysko będzie poddane dużemu obciążeniu należy zwiększyć wartość redukcji luzu o około 20% w stosunku do odpowiednich wartości przedstawionych w **Tabeli 5**. W niektórych przypadkach mierzona jest wielkość wtłoczenia (przemieszczenia osiowego) pierścienia wewnętrznego lub tulei wciskanej zamiast bezpośredniego pomiaru redukcji luzu wewnętrznego. Jednakże z powodu trudności z określeniem pozycji dla pomiaru początkowego bezpieczniej jest mierzyć bezpośrednio luz wewnętrzny i redukcję luzu wewnętrznego.

W sytuacji, gdy dla małych łożysk wałeczkowych nie może być zastosowany szczelinomierz, ponieważ luz wewnętrzny w końcowej pozycji montażowej łożyska jest mały, musi być mierzona wielkość przesunięcia osiowego zamiast wartości redukcji luzu. Przemieszczenie osiowe jest również mierzone w przypadku, gdy montowane jest duże łożysko w taki sposób, że łożysko jest nagrzewane w oleju w celu jego rozszerzenia dla łatwego montażu. Wtedy łożysko powinno być wstępnie założone na wałek jeszcze przed nagrzewem i to początkowe położenie należy określić. Następnie końcowa pozycja montażowa powinna być określona już po nagrzeniu łożyska za pomocą wielkości przesunięcia osiowego liczonego od tej pozycji początkowej. Na tym etapie zamierzona redukcja luzu musi zostać potwierdzona przez pomiar początkowego luzu łożyska przed nagrzewem i końcowego luzu po wystudzeniu łożyska.

Tabela 5: Montaż łożysk baryłkowych z otworami stożkowymi (w mm)

| Średnica otworu łożyska d | | Zmniejszenie luzu promieniowego | | Przesunięcie osiowe | | | | Minimalny dopuszczalny luz szczątkowy | |
|---------------------------|----------|---------------------------------|-------|---------------------|------|-------------|-------|---------------------------------------|-------|
| ponad | włącznie | min | max | Stożek 1:12 | | Stożek 1:30 | | CN | C3 |
| | | | | min | max | min | max | | |
| 30 | 40 | 0.025 | 0.030 | 0.40 | 0.45 | — | — | 0.010 | 0.025 |
| 40 | 50 | 0.030 | 0.035 | 0.45 | 0.55 | — | — | 0.015 | 0.030 |
| 50 | 65 | 0.030 | 0.035 | 0.45 | 0.55 | — | — | 0.025 | 0.035 |
| 65 | 80 | 0.040 | 0.045 | 0.60 | 0.70 | — | — | 0.030 | 0.040 |
| 80 | 100 | 0.045 | 0.055 | 0.70 | 0.85 | 1.75 | 2.15 | 0.035 | 0.050 |
| 100 | 120 | 0.050 | 0.060 | 0.75 | 0.90 | 1.90 | 2.25 | 0.045 | 0.065 |
| 120 | 140 | 0.060 | 0.070 | 0.90 | 1.10 | 2.25 | 2.75 | 0.055 | 0.080 |
| 140 | 160 | 0.065 | 0.080 | 1.00 | 1.30 | 2.50 | 3.25 | 0.060 | 0.100 |
| 160 | 180 | 0.070 | 0.090 | 1.10 | 1.40 | 2.75 | 3.50 | 0.070 | 0.110 |
| 180 | 200 | 0.080 | 0.100 | 1.30 | 1.60 | 3.25 | 4.00 | 0.070 | 0.110 |
| 200 | 225 | 0.090 | 0.110 | 1.40 | 1.70 | 3.50 | 4.25 | 0.080 | 0.130 |
| 225 | 250 | 0.100 | 0.120 | 1.60 | 1.90 | 4.00 | 4.75 | 0.090 | 0.140 |
| 250 | 280 | 0.110 | 0.140 | 1.70 | 2.20 | 4.25 | 5.50 | 0.100 | 0.150 |
| 280 | 315 | 0.120 | 0.150 | 1.90 | 2.40 | 4.75 | 6.00 | 0.110 | 0.160 |
| 315 | 355 | 0.140 | 0.170 | 2.20 | 2.70 | 5.50 | 6.75 | 0.120 | 0.180 |
| 355 | 400 | 0.150 | 0.190 | 2.40 | 3.00 | 6.00 | 7.50 | 0.130 | 0.200 |
| 400 | 450 | 0.170 | 0.210 | 2.70 | 3.30 | 6.75 | 8.25 | 0.140 | 0.220 |
| 450 | 500 | 0.190 | 0.240 | 3.00 | 3.70 | 7.50 | 9.25 | 0.160 | 0.240 |
| 500 | 560 | 0.210 | 0.270 | 3.40 | 4.30 | 8.50 | 11.00 | 0.170 | 0.270 |
| 560 | 630 | 0.230 | 0.300 | 3.70 | 4.80 | 9.25 | 12.00 | 0.200 | 0.310 |
| 630 | 710 | 0.260 | 0.330 | 4.20 | 5.30 | 10.50 | 13.00 | 0.220 | 0.330 |
| 710 | 800 | 0.280 | 0.370 | 4.50 | 5.90 | 11.50 | 15.00 | 0.240 | 0.390 |
| 800 | 900 | 0.310 | 0.410 | 5.00 | 6.60 | 12.50 | 16.50 | 0.280 | 0.430 |
| 900 | 1000 | 0.340 | 0.460 | 5.50 | 7.40 | 14.00 | 18.50 | 0.310 | 0.470 |
| 1000 | 1120 | 0.370 | 0.500 | 5.90 | 8.00 | 15.00 | 20.00 | 0.360 | 0.530 |

Uwagi: Wartości redukcji luzu wewnętrznego promieniowego określono dla luzu CN.
Dla łożysk z luzem C3, do redukcji luzu wewnętrznego promieniowego należy przyjąć podane wartości maksymalne.

2. Montaż

2.5 Montaż w obudowie

Łożyska są zwykle montowane do obudowy po tym jak zostały zamocowane na wałku. Metody montażowe i wskazówki zmieniają się w zależności od takich czynników jak konstrukcja obudowy, rodzaj pasowania oraz konfiguracja pozioma lub pionowa wałków. Informacje ogólne przedstawione w tym rozdziale powinny mieć zastosowanie do wszystkich aplikacji. Pasowanie pomiędzy otworem obudowy a pierścieniem zewnętrznym określane jest w oparciu o warunki obciążenia, chropowatość powierzchni, twardość materiału itd. Jeśli jednak rzeczywiste pasowanie jest ciaśniejsze niż wyspecyfikowano, to należy przeprowadzić modyfikacje otworu obudowy za pomocą operacji takich jak szlifowanie. Kiedy jedyną metodą do poszerzenia obudowy pozostaje użycie skrobaka należy dopilnować, aby uniknąć deformacji kształtu gniazda łożyska w kształt owalny lub pochylony w kierunku wzdłużnym.

W przypadku obudowy dzielonej, należy unikać wkładania cienkich podkładek pomiędzy części obudowy (górną i dolną) w celu poluzowania pasowania. Wszelkimi sposobami należy unikać wkładania arkuszy papieru lub folii metalowej między powierzchnie otworu obudowy i pierścienia zewnętrznego w sytuacji, kiedy pasowanie jest zbyt luźne. Jedynie, kiedy jest to absolutnie konieczne obudowa może zostać zmodyfikowana przez powlekanie galwaniczne powierzchni wewnętrznych otworu obudowy lub wmontowanie tulei i w ten sposób wymiary obudowy mogą zostać poprawione zgodnie z wymaganiami specyfikacji.

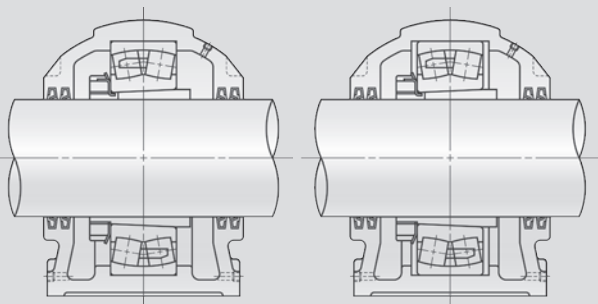
Podczas montażu obudowy nie dopuszczać, aby uszczelnienia labiryntowe i inne komponenty ocierały się o siebie. Trzeba podjąć środki zapobiegające nadmiernemu lub niewspółśrodkowemu obciążeniu, które mogą wynikać z niepoprawnego montażu do podłoża lub uszkodzonych elementów złącznych. Dobrac tylko jedno z łożysk, służące jako łożysko strony ustalającej, do ustalenia i utrzymywania zamontowanych łożysk w dokładnym położeniu w kierunku osiowym. Jako łożysko strony ustalającej wybrać typ łożyska, które może przenosić obydwa obciążenia promieniowe i osiowe.

Łożyska inne niż łożyska strony ustalającej powinny funkcjonować jako łożyska strony swobodnej, do których może być przyłożone jedynie obciążenie promieniowe i pozwalać na wydłużanie i kurczenie się wałka z powodu zmian temperatury. Powinny one również być przystosowane do dopasowania pozycji montażowej w kierunku osiowym. O ile nie zostaną podjęte odpowiednie środki zapobiegające kurczeniu się wałka spowodowane zmianami temperatury, to do łożysk zostanie przyłożone nienormalne obciążenie osiowe skutkujące przedwczesnym ich uszkodzeniem. Łożyska walcowe (typu NU oraz N), w których pierścień wewnętrzny może zostać oddzielony od pierścienia zewnętrznego i który może również przemieszczać się w kierunku osiowym są odpowiednio jako łożyska strony swobodnej. Zastosowanie tych typów łożysk często ułatwia procedury montażu i demontażu.

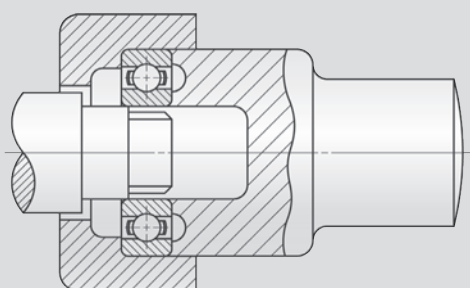
Jeśli jako łożyska strony swobodnej wałka zostaną zastosowane łożyska nierozdzielne to pierścień zewnętrzny łożyska powinien być luźno pasowany z wałkiem, aby podczas pracy umożliwić rozszerzenie wzdłużne wałka przez przemieszczanie wzdłużne łożysk. Rozszerzanie wałka może być czasami kompensowane poprzez powierzchnie pasowania pierścienia wewnętrznego i wałka. Jeżeli odległość pomiędzy łożyskami jest mała i kurczenie się wałka mniej oddziałuje na łożyska należy zastosować łożyska kulkowe skośne i łożyska stożkowe lub łożyska innego typu, które mogą przenosić obciążenia osiowe tylko z jednego kierunku montując je w układzie podwójnym w konfiguracji "X" lub "O". Luz osiowy pomontażowy (przemieszczenie w kierunku osiowym) powinien być

wyregulowany przez nakrętkę lub podkładkę. Podczas montażu pierścienia zewnętrznego z ciasnym pasowaniem używać narzędzia wykonanego z miękkiej stali jak pokazano na **Rys. 7**. Jeśli zarówno pierścień zewnętrzny jak i wewnętrzny są montowane z ciasnym pasowaniem jak również, gdy pierścień wewnętrzny jest wcześniej zamontowany na wałku lub pierścień zewnętrzny jest wcześniej połączony z obudową – wówczas używać narzędzi pokazanych na **Rys. 8 i 9**, aby uniknąć możliwości oddziaływania na wślazany pierścień łożyskowy poprzez elementy toczone. Co więcej, trzeba upewnić się czy zastosowano odpowiednią metodę nie pozwalającą na wystąpienia uderzeń na łożysku podczas montażu gotowego węzła łożyskowego, na przykład już po zamontowaniu łożyska na wałek i w obudowę.

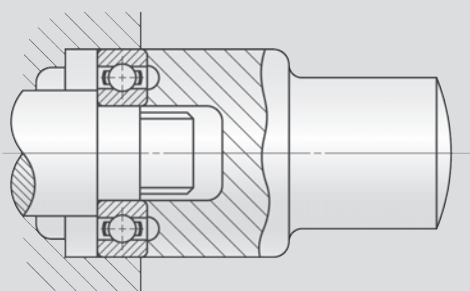
Rys. 6: Strona ustalona (z lewej) i strona swobodna (z prawej)



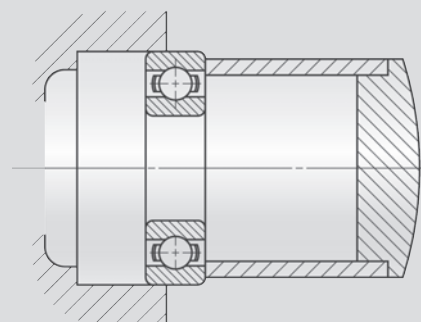
Rys. 7: Pasowanie wślazane pierścienia zewnętrznego



Rys. 8: Pasowanie wślazane pierścienia zewnętrznego



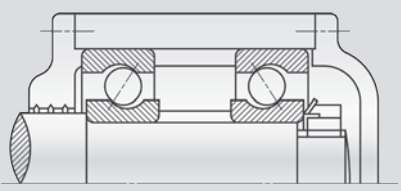
Rys. 9: Pasowanie wślazane pierścienia wewnętrznego



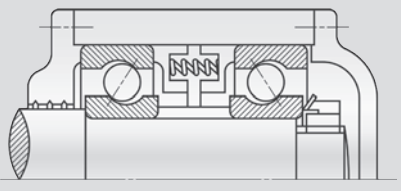
2. Montaż

2.6 Montaż z zastosowaniem napięcia wstępnego

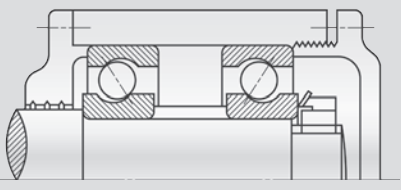
Rys. 10: Zastosowanie napięcia wstępnego przy użyciu śrub



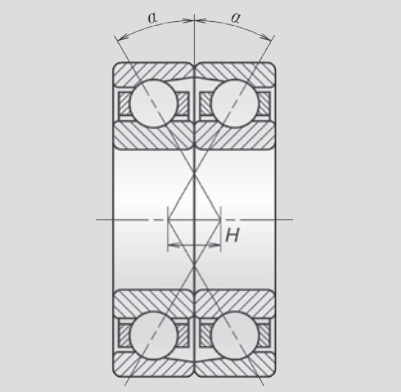
Rys. 11: Zastosowanie napięcia wstępnego przy użyciu sprężyny



Rys. 12: Zastosowanie napięcia wstępnego przy użyciu pierścieni dystansowych (na końcu swobodnym)



Rys. 13: Łożyska w układzie duplex "czoło do czoła"



Napięcie wstępne łożysk poprzecznych

Podczas montażu łożysk kulkowych i łożysk stożkowych musi być zastosowane napięcie wstępne uzależnione od specyficznych warunków aplikacji. Napięcie wstępne związane jest ze sposobem zabudowy łożysk, podczas której to wymagane obciążenie jest przykładane do kulek i wałeczków łożyska wcześniej zanim jeszcze żadne obciążenie nie jest przyłożone z zewnątrz do łożyska (lub z obciążeniem występującym w warunkach położenia względem bieżni łożyska w czasie montażu). Celem napięcia wstępnego jest minimalizacja ugięć wałka w kierunku osiowym lub promieniowym podczas pracy zgodnie z żądaną dopuszczalną minimalną tolerancją. Montaż z zastosowaniem napięcia wstępnego jest bardzo skutecznym sposobem zmniejszenia ugięcia wałka. Jednak pod żadnym warunkiem nigdy nie należy stosować dla łożyska napięcia wstępnego większego niż jest konieczne. Dlatego należy zawsze z uwagą rozważyć różne stosowane metody mając na względzie cel napięcia wstępnego.

Rys. 10 przedstawia sytuację, w której dwa pierścienie zewnętrzne łożysk kulkowych są zmontowane po przyłożeniu do nich napięcia wstępnego za pomocą śrub pokrywy zamykającej. Chociaż jest to prosta metoda, uzyskanie dostatecznych wyników jest nie możliwe bez uważnej regulacji przez wykwalifikowanego pracownika. Ponadto dokładny pomiar wielkości napięcia wstępnego jest utrudniony przy użyciu tej metody. Dlatego początkowy moment tarcia i wielkość napięcia wstępnego muszą być znane wcześniej.

Gdy lżejsze obciążenie łożyska wymagane jest podczas jego pracy to konieczne może być słabsze montażowe napięcie wstępne. W związku z tym występuje jeszcze inny sposób przyłożenia napięcia wstępnego

do łożyska: używając sprężyny jak pokazano na **Rys. 11**. W metodzie tej rozmiar i stała sprężystości sprężyny może być określona w zależności od wielkości napięcia wstępnego. Kilka sprężyn o odpowiednim rozmiarze jest umieszczanych w układzie zabudowy łożysk. W wielu przypadkach napięcie za pomocą sprężyn jest przeprowadzane dla mniejszych ugięć promieniowych.

Jedną z najlepszych metod zastosowania napięcia wstępnego jest metoda z użyciem pierścieni dystansowych umieszczonych pomiędzy obydwoma pierścieniami wewnętrznymi i zewnętrznymi łożysk jak przedstawiono na **Rys. 12**. Metoda ta ułatwia montaż i zapewnia przyłożenie właściwego napięcia wstępnego. Jeden pierścień jest nieznacznie dłuższy od drugiego i wymiary pojedynczych łożysk różnią się nieznacznie. Z tego powodu nie możemy powiedzieć, że pierścienie o podobnych długościach mogą być zastosowane do wszystkich łożysk, ale że właściwa długość musi być mierzona i określona indywidualnie podczas składania łożysk w układ. łożyska kulkowe skośne jednorzędowe nie są używane niezależnie, ale zawsze w parach. Mogą one być składane w układzie dwójkowym, jako "czoło do czoła" (DF) jak przedstawiono na **Rys. 13**, lub w układzie dwójkowym, jako "plecy do pleców" (DB) jak przedstawiono na **Rys. 14**.

Rys. 15 przedstawia sytuację, w której nie jest przyłożone żadne napięcie wstępne, gdzie dla osiągnięcia żądanego napięcia wstępnego wymagane są ugięcia pierścieni wewnętrznego i zewnętrznego w kierunku osiowym o wartościach "a" i "b" odpowiednio i gdzie napięcie wstępne T1 zostanie osiągnięte jedynie po przemieszczeniu pierścieni w kierunku osiowym o wartości "a" i "b" po dokręceniu nakrętki łożyskowej. Zwykle dla łożysk tego samego typu "a" jest równe "b".

W takim przypadku jak długo "a" i "b" są poprawnie zaprojektowane i wykonane dla specyficznych warunków zastosowania, montaż łożysk może być łatwo przeprowadzony po prostu poprzez mocne dokręcenie nakrętki. Zależność pomiędzy obciążeniem osiowym i przemieszczeniem łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych w kierunku osiowym może być w przybliżeniu wyrażona za pomocą równania (7) poniżej.

$$\delta_a = \frac{4.4 \cdot 10^{-4}}{\sin \alpha} \cdot \left(\frac{Q^2}{D_a}\right)^{1/3} \dots \dots \dots (7)$$

gdzie

- δ_a : Przeszczenie w kierunku osiowym (mm)
- Q**: Obciążenie przyłożone do pojedynczej kulki (N)
- α : Kąt pracy
- D_a : Średnica kulki (mm)

Jeśli obciążenie osiowe przyłożone do zewnętrznego łożyska zostanie oznaczone przez **T**, wtedy obciążenie przyłożone do pojedynczej kulki **Q**, gdy liczba kulek łożyska jest **Z**, może być wyrażone za pomocą następującego równania (8):

$$Q = \frac{T}{Z \sin \alpha} \dots \dots \dots (8)$$

Zatem ugięcie w kierunku osiowym δ_a , ogólnie może być wyrażone przez następujące równanie:

$$\delta_a = C_a \cdot T^{2/3} \dots \dots \dots (9)$$

C_a jest pewną stałą określoną przez typ i wymiary danego łożyska. Na **Rys. 16**, luzy **a** i **b** pomiędzy łożyskami mogą być wyrażone przez osiowe ugięcie δ_a . I tak, kiedy napięcie wstępne wzrasta luzy **a** i **b** będą się zmniejszać i wartość napięcia wstępnego będzie mieć wartość T_1 po tym jak te luzy osiągną wartość zero. Jeżeli zewnętrzne obciążenie osiowe **T**, jest przyłożone do łożyska **A**, łożysko to

będzie bardziej ugiąć się o wartość δ_i w kierunku osiowym. Ugięcie łożyska **B** będzie równocześnie zmniejszone o tę samą wartość. Zatem pojawią się ugięcia łożysk **A** i **B** jak następuje:

$$\delta_{aA} = \delta_a + \delta_i, \quad \delta_{aB} = \delta_a - \delta_i$$

Aby być bardziej precyzyjnym to siła przyłożona do łożyska **A**, włączając w nią siłę napięcia wstępnego wyrazi się jako **(T₁+T-G)**, a siła przyłożona do łożyska **B** jako **(T₁-G)**.

Jeśli pierścienie uginają się tylko o δ_r pod obciążeniem osiowym **T**, kiedy do łożyska nie jest przyłożone żadne napięcie wstępne, to wynikowe zmniejszenie ugięcia łożyska od napięcia wstępnego może być wyrażone jako $(\delta_r - \delta_i)$. Również w przypadku, gdy **G = T₁** lub $\delta_i = \delta_a$, to łożysko **B** znajduje się w warunkach odciążenia (braku obciążenia) i ugięcie łożyska **A**, δ_{aA} , przyjmuje następującą postać:

$$\delta_{aA} = 2\delta_a = 2C_a \cdot T_1^{2/3} = C_a \cdot (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots (10)$$

Co więcej siła przyłożona do łożyska **A** jest równa **G=T₁** i następujące równanie przyjmuje postać:

$$T_1 + (T - G) = G + (T - G) = T \dots \dots \dots (11)$$

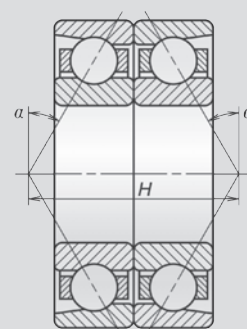
Zatem z równań (9), (10) i (11) otrzymuje się następującą postać równania:

$$\delta_{aA} = C_a \cdot T^{2/3} = C_a \cdot (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots \dots \dots (12)$$

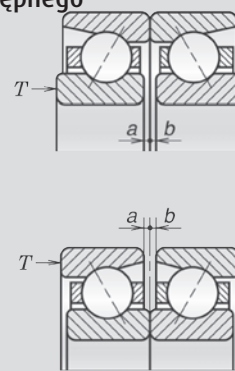
To jest, $T = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot T_1$

W przypadku zastosowania napięcia wstępnego łożysko **A** musi mieć odpowiednią obciążalność (nośność) taką, która wytrzyma obciążenie osiowe **(T₁ + T - G)** stosownie do wymaganej żywotności i warunków prędkości.

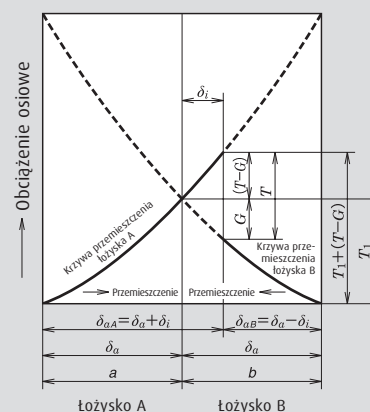
Rys. 14: łożyska w układzie duplex "plecy do pleców"



Rys. 15: Wielkość napięcia wstępnego



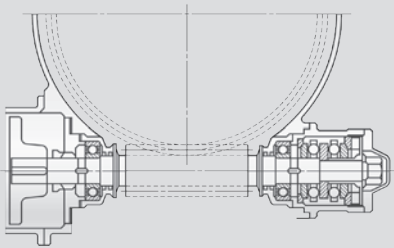
Rys. 16: Przeszczenie osiowe łożysk napiętych wstępnie



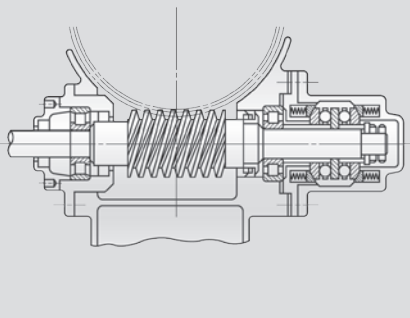
2. Montaż

2.6 Montaż z zastosowaniem napięcia wstępnego

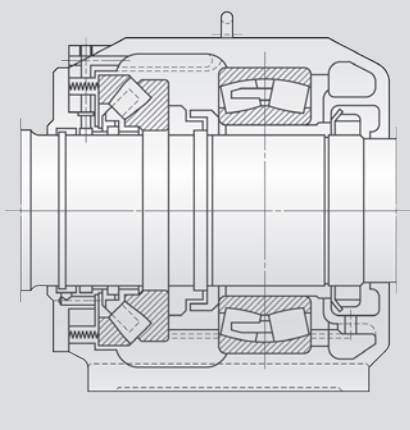
Rys. 17: Napięcie łożysk kulkowych wzdluznych za pomoca sruby



Rys. 18: Napięcie łożysk kulkowych wzdluznych za pomoca sprężyny



Rys. 19: Napięcie łożysk barytkowych wzdluznych za pomoca sprężyny



Napięcie wstępne łożysk wzdluznych

Należy zadbać, aby nie dopuścić by kulki i pierścienie łożyskowe przemieściły się podczas montażu łożysk kulkowych wzdluznych na poziome wałki. Jest to szczególnie ważne dla łożysk kulkowych wzdluznych dwukierunkowych lub dla dwóch łożysk kulkowych wzdluznych jednokierunkowych montowanych na poziomych wałkach. Innymi słowy, jeśli od strony nieobciążonej łożyska kulki, koszyki i/lub pierścienie łożyskowe ulegną przemieszczeniu w dół lub przesuną się poza oś symetrii wałka i przyłożone zostanie obciążenie do rzędu łożysk to nieuchronnie powstanie zniszczenie lub uszkodzenie spowodowane przez generację ciepła. Dlatego jako środek zapobiegawczy wymagane jest napięcie wstępne w kierunku osiowym. Taka niewspółosiowość kulek i koszyków lub pierścieni łożyskowych powoduje nierówny rozkład obciążenia na kulkach, który prowadzi do poślizgów podczas ich ruchu powrotnego do właściwej pozycji wyjściowej, co dalej skutkuje generacją ciepła i uszkodzeniem.

Tak jak w przypadku łożysk poprzecznych metoda stosowania napięcia wstępnego może być zrealizowana za pomocą sruby lub płytki dopasowującej, dzięki którym dokonuje się regulacji osiowej lub za pomocą sprężyny. Rys. 17 i 18 pokazują niektóre przykłady takich aplikacji. Jednakże, ponieważ wcześniejsza metoda wymaga trudnej regulacji i doświadczenia, w obecnie stosowanej metodzie używa się sprężyny. Jest ona prostsza i może zapewnić lepsze rezultaty. Metoda ta może mieć zastosowanie nie tylko dla łożysk kulkowych wzdluznych, ale również dla łożysk wałeczkowych wzdluznych jak pokazano na Rys. 19.

Kiedy kulki w łożyskach wzdluznych kulkowych wirują z bardzo dużymi prędkościami może pojawić się poślizg spowodowany momentami żyroskopowymi. Aby zapobiec takiemu poślizgowi należy użyć, jako minimalnej wartości obciążenia większej z dwu wartości otrzymanych z poniższych równań (13) i (14).

$$F_a \min = \frac{C_{oa}}{100} \cdot \left(\frac{n}{N_{\max}} \right)^2 \dots \dots \dots (13)$$

$$F_a \min = \frac{C_{oa}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

gdzie

- F_a min:** Minimalne obciążenie osiowe (N)
- C_{oa}:** Statyczna nośność bazowa (N)
- n:** Prędkość obrotowa (min⁻¹)
- N_{max}:** Prędkość graniczna (smarowanie olejowe) (min⁻¹)

Kiedy stosowane są łożyska barytkowe wzdluzne podczas pracy mogą pojawić się uszkodzenia takie jak zatarcia spowodowane poślizgiem pomiędzy wałeczkami i bieżnią pierścienia zewnętrznego. To minimalne obciążenie osiowe F_a min konieczne, aby zapobiec poślizgowi jest otrzymywane z następującego równania:

$$F_a \min = \frac{C_{oa}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

2. Montaż

2.7 Ogólne środki ostrożności przy montażu

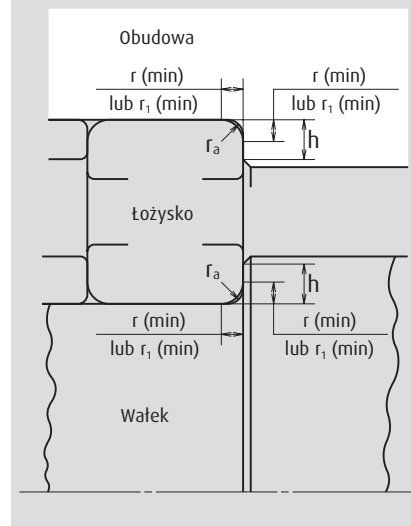
Aby zamontować łożysko poprzeczne na wałek generalnie należy wprowadzić łożysko w bliski kontakt z odsadzeniem wałka i tulei dystansowej i zamocować je w tej pozycji przez dokręcenie nakrętki łożyskowej. Powierzchnie końców odsadzenia wałka i tulei dystansowej muszą być prostopadłe do osi symetrii wałka. Jeśli części te nie są prostopadłe dokładność obrotu łożyska i jakość kontaktu elementów tocznych będą poddawane niekorzystnym wpływom skutkującym generacją ciepła i przedwczesnemu zmęczeniu. Takie same środki ostrożności muszą być podjęte aby zapewnić poprawny kontakt pomiędzy odsadzeniem obudowy i czołem bocznym pierścieni zewnętrznych. Ponieważ wysokość odsadzenia wałka i średnice zewnętrzne tulei dystansowych lub wysokość odsadzenia obudowy są ściśle związane z demontażem łożysk to ich standardowe wymiary są opisane w normie JIS jak również i w naszych katalogach jako odnośne zalecenia do stosowania.

Równocześnie z wysokościami odsadzeń ważne są promienie zaokrągleń naroży wałków i obudów. **Tabela 6** przedstawia wartości wysokości odsadzeń i wartości promieni zaokrągleń naroży. Podkładki kuliste łożysk kulkowych wzdłużnych montowane są zwykle w miejscu zabudowy z pewnym luzem pomiędzy podkładkami a obudową za wyjątkiem wałków głównych obrabiarek o wysokiej dokładności. Wysoki stopień dokładności prostopadłości pomiędzy wałkami i odsadzeniami obudów musi być osiągnięty w ten sam sposób jak to opisano wcześniej szczególnie dla łożysk kulkowych wzdłużnych z podkładką płaską. Montaż powinien być przeprowadzony

także z największą dbałością o minimalny poziom niewspółśrodkowości. Choć dla zapewnienia całkowitej dokładności maszyny mogą być wymagane łożyska o większej dokładności to dokładność wałków, obudów i innych współpracujących komponentów powinna być również poprawiona odpowiednio do dokładności użytych łożysk; niedokładność współpracujących komponentów jest główną przyczyną uszkodzeń łożysk.

Co więcej, jako generalny środek dla zapewnienia właściwego montażu, ważne jest, aby łożyska i części współpracujące przechowywać w warunkach jak największej czystości. Oznacza to, że ich obsługa powinna przebiegać w środowisku wolnym od zanieczyszczeń i wysokiej wilgotności, przy użyciu czystego oleju myjącego, z należytą rozważą, aby zapewnić ochronę przeciw rdzy i korozji. Należy pamiętać o sprawdzeniu każdej części przed montażem. Skontrolować miejsca uszczelnień a także wymiary, kształt, wygląd i dokładność wałków i obudów. Podczas kontroli zwrócić uwagę na zabezpieczenie przed potem pochodzącym od rąk oraz aby cząstki zanieczyszczeń obecne w miejscu pracy nie wchodziły w kontakt z łożyskami. Przedmiotem dyskusji był już montaż łożysk i metody pomiaru luzu. Idealem byłoby, aby przed przystąpieniem do procedur montażowych zaplanować starannie prace i zawsze stosować właściwie zapisy dokumentujące każdą operację.

Rys. 20: Wymiary promieni zaokrągleń naroży, wymiary zaokrągleń przejścia wałka i obudowy oraz wysokości odsadzeń



2. Montaż

2.7 Ogólne środki ostrożności przy montażu

Tabela 6: Minimalne zalecane wysokości odsadzeń i promienie zaokrągleń naroży dla wałka i obudowy przy stosowaniu łożysk promieniowych metrycznych (w mm)

| Wymiary nominalne promieni zaokrągleń naroży r (min) lub r ₁ (min) | Wałek lub obudowa | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| | Promień zaokrąglenia przejścia r _a (max) | Minimalna wysokość odsadzenia h (min) | |
| | | łożyska kulkowe poprzeczne ⁽¹⁾ , łożyska kulkowe wahliwe, łożyska walcowe ⁽¹⁾ , łożyska igielkowe z obrzeżami | łożyska kulkowe skośne, łożyska stożkowe ⁽²⁾ , łożyska baryłkowe |
| 0.05 | 0.05 | 0.20 | — |
| 0.08 | 0.08 | 0.30 | — |
| 0.10 | 0.10 | 0.40 | — |
| 0.15 | 0.15 | 0.60 | — |
| 0.20 | 0.20 | 0.80 | — |
| 0.30 | 0.30 | 1.00 | 1.25 |
| 0.60 | 0.60 | 2.00 | 2.50 |
| 1.00 | 1.00 | 2.50 | 3.00 |
| 1.10 | 1.00 | 3.25 | 3.50 |
| 1.50 | 1.50 | 4.00 | 4.50 |
| 2.00 | 2.00 | 4.50 | 5.00 |
| 2.10 | 2.00 | 5.50 | 6.00 |
| 2.50 | 2.00 | — | 6.00 |
| 3.00 | 2.50 | 6.50 | 7.00 |
| 4.00 | 3.00 | 8.00 | 9.00 |
| 5.00 | 4.00 | 20.00 | 11.00 |
| 6.00 | 5.00 | 13.00 | 14.00 |
| 7.50 | 6.00 | 16.00 | 18.00 |
| 9.50 | 8.00 | 20.00 | 22.00 |
| 12.00 | 10.00 | 24.00 | 27.00 |
| 15.00 | 12.00 | 29.00 | 32.00 |
| 19.00 | 15.00 | 38.00 | 42.00 |

Przypisy: ⁽¹⁾ Kiedy występują ciężkie obciążenia osiowe musi być zastosowane większe odsadzenie o wartościach wysokości znacznie większych niż podane w tabeli.

⁽²⁾ Dla łożysk z obciążeniem osiowym wysokość odsadzenia musi być znacznie większa niż wartości podane w tabeli.

Uwagi: 1. Promień zaokrąglenia przejścia stosuje się również do łożysk wzdłużnych.
2. Zamiast wysokości odsadzenia jak w tablicach łożyskowych podano średnicę odsadzenia.

2. Montaż

2.8 Smarowanie

Tabela 7: Gatunki smarów i porównanie ich właściwości

| Gatunki | Zagęszczacz | Olej bazowy | Punkt kroplenia (°C) | Konsystencja | Zakres temperatur roboczych ⁽¹⁾ (°C) | Odporność na naciski | Zakres stosowania w odniesieniu do prędkości granicznej ⁽²⁾ (%) |
|----------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------|--------------|-------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| ADREX | Litowy | Olej mineralny | 198 | 300 | 0--+110 | Dobra | 70 |
| APPOLOIL AUTOREX A | Litowy | Olej mineralny | 198 | 280 | -10--+110 | Dostateczna | 60 |
| Arapen RB 300 | Litowy/wapniowy | Olej mineralny | 177 | 294 | -10--+ 80 | Dostateczna | 70 |
| EA2 Grease | Mocznikowy | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 243 | -40--+150 | Dostateczna | 100 |
| EA3 Grease | Mocznikowy | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 230 | -40--+150 | Dostateczna | 100 |
| EA5 Grease | Mocznikowy | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 251 | -40--+160 | Dobra | 60 |
| EA7 Grease | Mocznikowy | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 243 | -40--+160 | Dostateczna | 100 |
| ENC Grease | Mocznikowy | Olej polioleostrowy + Olej mineralny | ≥ 260 | 262 | -40--+160 | Dostateczna | 70 |
| ENS Grease | Mocznikowy | Olej polioleostrowy | ≥ 260 | 264 | -40--+160 | Słaba | 100 |
| ECZ | Litowy + Węgiel | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 243 | -10--+120 | Dostateczna | 100 |
| ISOFLEX NBU 15 | Barowy kompleksowy | Olej dwuwestrowy + Olej mineralny | ≥ 260 | 280 | -30--+120 | Słaba | 100 |
| ISOFLEX SUPER LDS 18 | Litowy | Olej dwuwestrowy | 195 | 280 | -50--+110 | Słaba | 100 |
| ISOFLEX TOPAS NB52 | Barowy kompleksowy | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 280 | -40--+130 | Słaba | 90 |
| Aero Shell Grease 7 | Mikrozelowy | Olej dwuwestrowy | ≥ 260 | 288 | -55--+100 | Słaba | 100 |
| SH 33 L Grease | Litowy | Olej silikonowy | 210 | 310 | -60--+120 | Słaba | 60 |
| SH 44 M Grease | Litowy | Olej silikonowy | 210 | 260 | -30--+130 | Słaba | 60 |
| NS HI-LUBE | Litowy | Olej polioleostrowy + Olej dwuwestrowy | 192 | 250 | -40--+130 | Dostateczna | 100 |
| NSA | Litowy | Olej polialfaolefinowy + Olej estrowy | 201 | 311 | -40--+130 | Dostateczna | 70 |
| NSC Grease | Litowy | Olej alkidifenyloeterowy + Olej polioleostrowy | 192 | 235 | -30--+140 | Dostateczna | 70 |
| NSK Clean Grease LG2 | Litowy | Olej polialfaolefinowy + Olej mineralny | 201 | 199 | -40--+130 | Słaba | 100 |
| EMALUBE 8030 | Mocznik | Olej mineralny | ≥ 260 | 280 | 0--+130 | Dobra | 60 |
| MA8 Grease | Mocznikowy | Olej alkidifenyloeterowy + Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 283 | -30--+160 | Dostateczna | 70 |
| KRYTOX GPL-524 | PTFE | Olej czterofluoropolieteryowy | ≥ 260 | 265 | 0--+200 | Dostateczna | 70 |
| KP1 | PTFE | Olej czterofluoropolieteryowy | ≥ 260 | 280 | -30--+200 | Dostateczna | 60 |
| Cosmo Wide Grease WR No.3 | Tereftalamat sodowy | Olej polioleostrowy + Olej mineralny | ≥ 230 | 227 | -40--+130 | Słaba | 100 |
| G-40M | Litowy | Olej silikonowy | 223 | 252 | -30--+130 | Słaba | 60 |
| Shell Alvania EP Grease 2 | Litowy | Olej mineralny | 187 | 276 | 0--+ 80 | Dobra | 60 |
| Shell Alvania Grease S1 | Litowy | Olej mineralny | 182 | 323 | -10--+110 | Dostateczna | 70 |
| Shell Alvania Grease S2 | Litowy | Olej mineralny | 185 | 275 | -10--+110 | Dostateczna | 70 |
| Shell Alvania Grease S3 | Litowy | Olej mineralny | 185 | 242 | -10--+110 | Dostateczna | 70 |
| Shell Cassida Grease RLS 2 | Glinowy kompleksowy | Olej polialfaolefinowy | ≥ 260 | 280 | 0--+120 | Dostateczna | 70 |
| SHELL SUNLIGHT Grease 2 | Litowy | Olej mineralny | 200 | 274 | -10--+110 | Dostateczna | 70 |
| WPH Grease | Mocznikowy | Olej polialfaolefinowy | 259 | 240 | -40--+150 | Dostateczna | 70 |
| DEMNUM Grease L-200 | PTFE | Olej czterofluoropolieteryowy | ≥ 260 | 280 | -30--+200 | Dostateczna | 60 |
| NIGACE WR-S | Mocznikowy | Olej mieszany | ≥ 260 | 230 | -30--+150 | Słaba | 70 |
| NIGLUB RSH | Sodowy kompleksowy | Olej glikolowy polialkilenowy | ≥ 260 | 270 | -20--+120 | Dostateczna | 60 |
| PYRONOC UNIVERSAL N6B | Mocznikowy | Olej mineralny | 238 | 290 | 0--+130 | Dostateczna | 70 |
| PALMAX RBG | Litowy kompleksowy | Olej mineralny | 216 | 300 | -10--+130 | Dobra | 70 |
| Beacon 325 | Litowy | Olej dwuwestrowy | 190 | 274 | -50--+100 | Słaba | 100 |
| MULTEMP PS No.2 | Litowy | Olej mineralny + Olej dwuwestrowy | 190 | 275 | -50--+110 | Słaba | 100 |
| MOLYKOTE FS-3451 Grease | PTFE | Olej fluorosilikonowy | ≥ 260 | 285 | 0--+180 | Dostateczna | 70 |
| UME Grease | Mocznikowy | Olej mineralny | ≥ 260 | 268 | -10--+130 | Dostateczna | 70 |
| UMM Grease 2 | Mocznikowy | Olej mineralny | ≥ 260 | 267 | -10--+130 | Dostateczna | 70 |
| RAREMAX AF-1 | Mocznikowy | Olej mineralny | ≥ 260 | 300 | -10--+130 | Dostateczna | 70 |

Przypisy: ⁽¹⁾ Jeśli smar będzie stosowany w specjalnych środowiskach, takich jak próżnia lub powyżej, bądź poniżej zakresu temperatury zaleca się konsultację z NSK.

⁽²⁾ W przypadku pracy krótkookresowej lub kiedy stosowane jest chłodzenie, smar może być stosowany przy prędkościach wyższych niż podane w tabeli.

2. Montaż

2.8 Smarowanie

Metody smarowania łożysk tocznych są ogólnie podzielone pod względem zastosowania oleju i smaru. Smarowanie smarem jest metodą preferowaną dla łożysk tocznych, ponieważ umożliwia uproszczenie struktury uszczelnień łożysk i jest wygodne. Metoda ta staje się ostatnio coraz szerzej stosowana z powodu poprawienia własności i rozwoju samych smarów. Niemniej jednak należy przywiązywać specjalną uwagę do prędkości obrotowej, temperatury pracy, dawki smaru, żywotności smaru, etc.

Smarowanie smarem staje się utrudnione, kiedy prędkość obrotowa łożysk wzrasta. Górna granica prędkości obrotowej zmienia się w zależności od typu łożyska, wymiarów, metody smarowania i warunków serwisu. W tabeli wymiarowej katalogu łożysk tocznych NSK prędkości graniczne podane są dla łożysk przy założeniu normalnych warunków pracy.

Zakres temperatury pracy smaru zależy od typu użytego smaru. **Tabela 7** przedstawia ogólnie zalecane temperatury pracy smarów. Jeśli smar jest używany w temperaturze spoza podanego zakresu, należy z uwagą podchodzić do okresów dosmarowywania.

Do wnętrza łożyska powinna być dostarczona dostateczna ilość smaru włączając powierzchnie prowadzące kosza. Dostępna przestrzeń wewnątrz obudowy, wyłączając łożysko i wałek, powinna być wypełniona smarem w ilości zależnej od prędkości obrotowej jak podano niżej:

- › **1/2 do 2/3 przestrzeni**
(prędkość mniejsza niż 50% prędkości granicznej)
- › **1/3 do 1/2 przestrzeni**
(prędkość większa niż 50% prędkości granicznej)

Ponieważ jakość i własności smarów zmieniają się podczas pracy, smary muszą być wymieniane po upływie pewnego okresu pracy. Okres serwisowania nie może być czytelnie określony dla wszystkich aplikacji, ponieważ zmiany w jakości i własnościach są uzależnione od warunków zewnętrznych i warunków pracy. Użytkownicy mogą również mieć trudności z określeniem czasokresu wymiany na podstawie wyglądu smaru. Zakładając, że smar jest używany w normalnych warunkach pracy odnieś się do **Rys. 22** i **23** na str. 29, aby znaleźć czasokresy wymiany smaru.

Powszechnie stosowane jest smarowanie olejowe. Cechy oleju takie jak doskonała płynność i zdolność do odbierania ciepła są odpowiednie do smarowania w wymuszonym obiegu zamkniętym, z którego cząstki zanieczyszczeń i materiał ścierny są łatwo usuwane. Ma to również pozytywny wpływ na wibracje i efekty akustyczne. Olej stanowi zatem najlepszy wybór, jeśli chodzi o środek smarny.

Jednakże, smarowanie olejowe wyraźnie komplikuje system smarowania i wymaga starannej konserwacji. Co więcej uszczelnienia łożysk muszą być starannie doglądane, aby zapobiegać wypływowi oleju.

Wybór właściwego oleju smarującego wymaga rozważenia jego lepkości w temperaturze pracy zastosowanego łożyska. Generalnie lepiej jest wybrać dany olej, który posiada podaną jak następuje lub lepszą lepkość w odpowiedniej temperaturze pracy i dla zastosowanego typu łożyska:

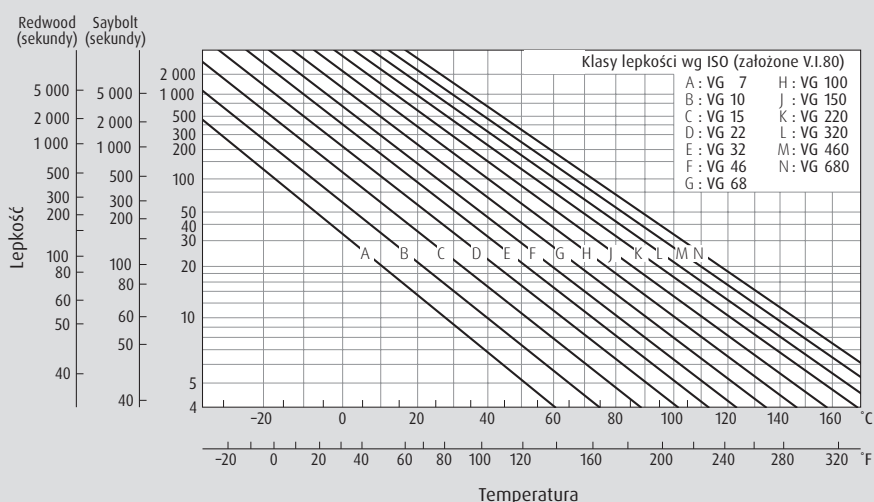
łożyska kulkowe i walcowe: **13 mm²/S lub wyższą**

łożyska baryłkowe i stożkowe: **20 mm²/S lub wyższą**

łożyska baryłkowe wzdłużne: **32 mm²/S lub wyższą**

Rys. 21 przedstawia generalne zależności pomiędzy lepkością oleju i temperaturą, choć mogą występować pewne różnice od podanych wartości. Metody smarowania włączają smarowanie w kąpeli olejowej, smarowanie rozbryzkowe, smarowanie z obiegiem wymuszonym i smarowanie mgłą olejową. Wybór właściwej metody smarowania zależy od struktury otoczenia łożysk i warunków pracy. Najbardziej typowe prędkości graniczne dla łożysk przedstawione w naszych katalogowych tablicach wymiarowych określone zostały przy przyjęciu smarowania w kąpeli olejowej.

Rys. 21: Wykres Temperatura-Lepkość



2. Montaż

2.9 Sprawdzenie działania

Po zakończeniu procesu montażu powinno być przeprowadzone sprawdzenie działania. Punkty, które należy sprawdzić podczas testu obejmują występowanie nienormalnego szumu i nadmiernego wzrostu temperatury łożyska. Rzecz jasna podczas testu obrót łożyska musi być płynny.

Jeśli podczas sprawdzania zostanie znalezione jakiegokolwiek odstępstwo od normy należy natychmiast przerwać test, wymontować łożysko i przeprowadzić inspekcję w zależności od specyfiki zaobserwowanego zjawiska. Szczególnie dla maszyn pracujących z wysoką prędkością należy rozpocząć test przy niższej prędkości, a następnie stopniowo zwiększać prędkość. Chociaż temperatura łożyska może być ogólnie oszacowana na podstawie temperatury zewnętrznej powierzchni obudowy to lepiej jest zmierzyć ją bezpośrednio na powierzchni pierścienia zewnętrznego łożyska wykorzystując do tego celu otwory olejowe. Zmiany temperatury mogą być oszacowane na podstawie temperatury środka smarnego. Ponieważ zwykle temperatura łożyska stopniowo wzrasta i stabilizuje się po pewnym czasie, obserwacja wzrostu temperatury umożliwia sprawdzenie czy montaż łożyska został przeprowadzony poprawnie.

W przypadku problemów z łożyskiem, jego montażem lub obydwoma zjawiskami temperatura łożyska może nie ustabilizować się i będzie wzrastać do nienormalnego poziomu. Stabilizacja temperatury łożyska zmienia się w zależności od pojemności cieplnej, wydzielania ciepła, prędkości obrotowej i obciążenia maszyny głównej. Zwykle wzrost temperatury zawiera się w zakresie od 20°C do 30°C.

Prawdopodobne przyczyny nieograniczonego wzrostu temperatury do poziomu nienormalnego to:

- › Dostarczanie nadmiernej ilości smaru lub oleju
- › Nienormalne obciążenie łożyska
- › Nadmierne tarcie uszczelki łożyskowych
- › Niewłaściwy kontakt łożyska z powodu niedokładności wałka, obudowy lub odsadzeń
- › Niedostateczny luz łożyska
- › Nadmierna prędkość łożyska w odniesieniu do zastosowanego typu łożyska i metody smarowania
- › Wady łożysk, etc.

Ponadto mogą wystąpić przypadki takie jak niepoprawny montaż, niedokładne wykonanie lub niepoprawny dobór łożyska.

Dźwięk łożyska może być sprawdzany za pomocą detektora szumu lub innego instrumentu odsłuchu wprowadzonego w kontakt z obudową. Nienormalne warunki takie jak głośne metaliczne dźwięki, dziwne szумы lub nieregularne dźwięki mogą być spowodowane przez niedostateczne smarowanie, niedokładność wałka lub obudowy, wnikanie obcych cząstek i zanieczyszczeń do łożyska lub wadliwe łożyska.

Dla celów informacyjnych w **Tabeli 8**, przedstawiono prawdopodobne przyczyny uszkodzeń różnych typów łożysk i odnośnych środków zaradczych.

Wyniki sprawdzenia działania muszą być zawsze zarejestrowane po zakończeniu montażu dla celów informacyjnych, jako przyszły materiał odniesienia w przypadku wystąpienia kłopotów z łożyskami.

Tabela 8: Przyczyny nieprawidłowej pracy łożysk i środki zaradcze

| Nieprawidłowości | | Możliwe przyczyny | Środki zaradcze |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Szum | Głośnie metaliczne dźwięki ⁽¹⁾ | Nienormalne obciążenie | Poprawić pasowanie, luz wewnętrzny, obciążenie wstępne, pozycję odsadzenia obudowy, itp. |
| | | Nieprawidłowy montaż | Poprawić współosiowość wału i obudowy, dokładność metody montażu |
| | | Niewystarczająca ilość lub niewłaściwy środek smarny | Uzupełnić środek smarny lub wybrać właściwy środek smarny |
| | | Stykanie się obracających się części | Poprawić uszczelkę labiryntową itd. |
| | Głośnie, regularne dźwięki | Skazy, korozja lub rysy na bieżniach | Wymienić lub wymyć łożysko, poprawić uszczelnienia oraz zastosować czysty środek smarny |
| | | Odciski Brinella | Wymienić łożysko i zwrócić szczególną uwagę podczas osadzania |
| | | Złuszczenie na bieżniach | Wymienić łożysko |
| | Nieregularne dźwięki | Zbyt duży luz wewnętrzny | Poprawić pasowanie i luz wewnętrzny oraz obciążenie wstępne |
| | | Wnikanie obcych cząsteczek do wnętrza łożyska | Wymienić lub wymyć łożysko, poprawić uszczelnienia oraz zastosować czysty środek smarny |
| Odkształcenia lub złuszczenia na powierzchniach kulek | | Wymienić łożysko | |
| Nienormalny wzrost temperatury | Nadmierna ilość środka smarnego | Zmniejszyć ilość środka smarnego, wybrać twardszy smar (o wyższej klasie konsystencji) | |
| | Niewystarczająca ilość środka smarnego lub niewłaściwy środek smarny | Uzupełnić lub wybrać właściwy środek smarny | |
| | Nienormalne obciążenie | Poprawić pasowanie, luz wewnętrzny, obciążenie wstępne, pozycję odsadzenia obudowy, itp. | |
| | Nieprawidłowy montaż | Poprawić współosiowość wału i obudowy, dokładność montażu lub metodę montażu | |
| | Pelzanie pasowanych powierzchni, nadmierne tarcie uszczelki | Poprawić uszczelnienia, wymienić łożysko, poprawić pasowanie lub montaż | |
| Drgania (osiowe) | Falshywe odciski Brinella | Wymienić łożysko i zwrócić szczególną uwagę podczas osadzania | |
| | Złuszczenie | Wymienić łożysko | |
| | Nieprawidłowy montaż | Poprawić prostopadłość pomiędzy wałem a odsadzeniem obudowy lub czołem pierścienia dystansowego | |
| | Wnikanie obcych zanieczyszczeń do wnętrza łożyska | Wymienić lub wymyć łożysko, poprawić uszczelnienia | |
| Wyciek lub odbarwienie środka smarnego | Nadmierna ilość środka smarnego. Przedostanie się obcych zanieczyszczeń lub startych drobinek metalu do wnętrza łożyska | Zmniejszyć ilość środka smarnego, wybrać twardszy smar. Wymienić łożysko lub środek smarny. Wymyć obudowę i sąsiednie części | |

Przypis: ⁽¹⁾ Piski mogą być słyszane w średnio i wielkogabarytowych łożyskach walcowych i kulkowych pracujących w warunkach smarowania smarem w niskiej temperaturze. W takich warunkach, nawet jeśli pojawiają się piski, temperatura nie będzie wzrastać i nie będzie to miało wpływu na żywotność smaru i żywotność zmęczeniową. W konsekwencji łożyska takie mogą być dalej używane.

3. Utrzymanie i przeglądy

3.1 Procedury utrzymania i przeglądów

Konsekwentne utrzymanie i regularne przeglądy wymagane są dla zapewnienia ciągłego użytkowania łożysk przez okres ich żywotności w taki sposób, że problemy są wykrywane i rozwiązywane na tyle wcześnie, aby unikać przyszłych (i potencjalnie nasilonych) problemów i wypadków.

Przeгляд łożysk podczas ich pracy wprowadza takie działania jak okresowe odsłuchy dźwięków łożysk, monitoring temperatury łożysk lub badania drgań łożysk. Nawet drobne złuszczenie łożyska może generować nienormalny lub nieregularny szum, który może być łatwo odróżniony od normalnego dźwięku przez doświadczonego pracownika używającego detektora szumu. Chociaż temperatura łożyska może być zgrubnie określona przez łatwy kontakt z powierzchnią obudowy, należy wkładać termometr w otwór smarowniczy lub podobny punkt dostępu, aby bezpośrednio zmierzyć temperaturę łożyska.

Łożyska zabudowane w poruszających się w czasie pracy zespołach, które nie mogą być monitorowane w zakresie szumu lub temperatury, takie jak łożyska toczne w pojazdach, powinny być okresowo przeglądane i okresowo dosmarowywane świeżym smarem. Oględziny stanu smaru podczas pracy są również użyteczną metodą dla określenia stanu pracy łożyska. Stan i kondycja łożyska podczas pracy mogą być określone na podstawie ilości zanieczyszczeń i drobin sproszkowanego żelaza zawartego w smarze jak również na podstawie śladów wycieków smaru, czy oznak pogarszania się jego jakości.

Zawsze, kiedy takie oględziny ujawnią nienormalny stan lub uszkodzenie łożyska, łożysko powinno być wymontowane dla dalszego szczegółowego badania w celu wykrycia przyczyny.



3. Utrzymanie i przeglądy

3.2 Metoda smarowania

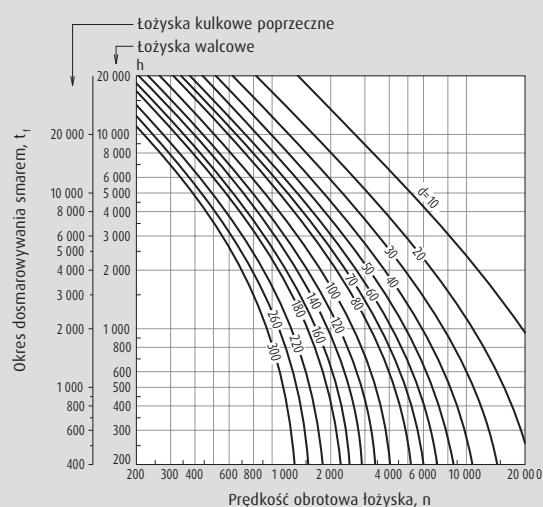
3.2.1 Smarowanie smarem

Środek smarny jest nieodzowny do pracy łożysk; jednakże wymagana jest tylko mała ilość środka smarnego i zwykle nie ma potrzeby częstego dosmarowywania. Okres dosmarowywania różni się w zależności od typu łożyska, jego wymiarów, liczby obrotów i innych warunków pracy.

Czynniki te są często określane doświadczalnie.

Rys. 22 i 23 stanowią wskazówkę do określenia okresów dosmarowywania w warunkach zastosowania wysokiej jakości smaru litowego na bazie oleju mineralnego, temperatury łożyska 70°C i normalnego obciążenia ($P/C=0.1$). Jeśli temperatura łożyska przekracza 70°C, okres dosmarowywania musi być zredukowany o połowę dla każdorazowego wzrostu temperatury łożyska o 15°C. Okres dosmarowywania zależy również od wielkości obciążenia łożyska i powinien być skorygowany przez pomnożenie współczynnika obciążenia pokazanego w **Tabeli 9**.

Rys. 22: Okresy dosmarowywania smarem dla łożysk kulkowych poprzecznych i łożysk walcowych



Rys. 23: Okresy dosmarowywania smarem dla łożysk stożkowych i łożysk baryłkowych

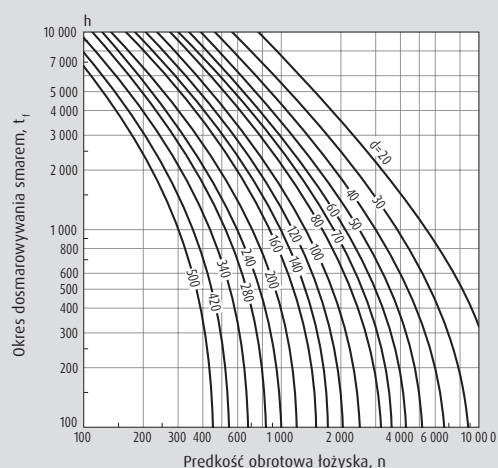


Tabela 9: Współczynnik obciążenia

| P/C | ≤ 0.06 | 0.1 | 0.13 | 0.16 |
|-------------------------|--------|-----|------|------|
| Współczynnik obciążenia | 1.5 | 1 | 0.65 | 0.45 |

3. Utrzymanie i przeglądy

3.2 Metoda smarowania

Okres dosmarowywania łożysk, szczególnie w przypadku łożysk kulkowych może, być rozszerzony w zależności od typu zastosowanego smaru. (Np. wysokiej jakości smar litowy na bazie oleju syntetycznego pozwala na dwukrotne wydłużenie okresu dosmarowywania przedstawionego na **Rys. 22 i 23.**)

Własności smarne smaru zmniejszają się poprzez emulgowanie czy też utratę jakości spowodowane wnikaniem obcych cząstek i wody. Jeśli zatem łożyska są stosowane w takich trudnych warunkach konieczne jest skrócenie okresu dosmarowywania z **Rys 22 i 23** od połowy do jednej dziesiątej.

Obudowa łożyska powinna być zaprojektowana przy uwzględnieniu potrzeby dosmarowywania lub wymiany smaru. Przykładowo obudowa używana w maszynie wymagającej rzadkiej wymiany smaru powinna być łatwa w demontażu. A w sytuacji, gdy występuje częste dosmarowywanie smarem i kiedy nie można uniknąć wnikania wody przez uszczelnienie obudowa musi być zaprojektowana w taki sposób, aby stary smar mógł być łatwo wypierany i zastępowany nowym. Chociaż kiedy stosowane jest łożysko pracujące z niezmiernie niską prędkością obrotową, a cała obudowa może być napełniana smarem to należy unikać całkowitego wypełnienia smarem obudowy dla aplikacji wysokoobrotowych.

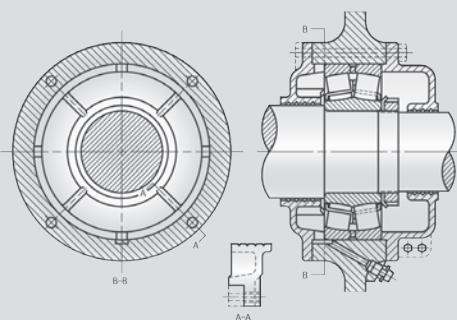
Kiedy obudowa może być regularnie demontowana lepiej nie wyposażać jej w otwór do podawania smaru.

W praktyce smar dotrze tylko do skraju otworu smarnego nie docierając do łożyska i w ten sposób może obniżyć jego osiągi.

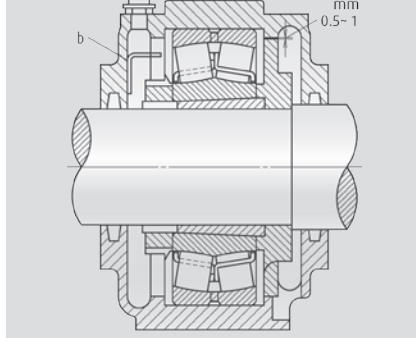
Jednakże większe łożyska lub łożyska stosowane do pracy z wysokimi prędkościami wymagają częstego i odpowiedniego dosmarowywania. W takim przypadku w obudowie powinien być wykonany otwór dla dostarczenia smaru, ponieważ demontaż obudowy podczas każdego dosmarowywania może sprawiać trudności. Zaleca się dokonania podziału przestrzeni wewnętrznej obudowy po stronie otworu do dostarczenia smaru na kilka sektorów smarowych (**Rys. 24**) w celu pokrycia wnętrza łożyska nowym smarem bez napełniania smarem całej obudowy. Po przeciwnej stronie niż otwór wlotowy dla smaru powinna być zapewniona duża przestrzeń w celu zbierania starego smaru, który od czasu do czasu powinien być usuwany po otworzeniu pokrywy.

Łożyska stosowane do pracy z wysokimi prędkościami mogą być smarowane dużo łatwiej poprzez użycie zaworu smarującego. Jest to właściwe dla łożysk używanych w długich okresach ciągłej pracy takich jak dla silników elektrycznych czy pomp wirowych. Zawór smarowy ma za zadanie zapobiegać przepięnieniu smarem. **Rys. 25** ilustruje lokalizację sektorów smarowych i wyposażenie obudowy w zawór smarowy. **Rys. 26** przedstawia oprawę wyposażoną w zawór smarowy gdzie cienka płytką b tworzy sektory smarowe wewnątrz obudowy.

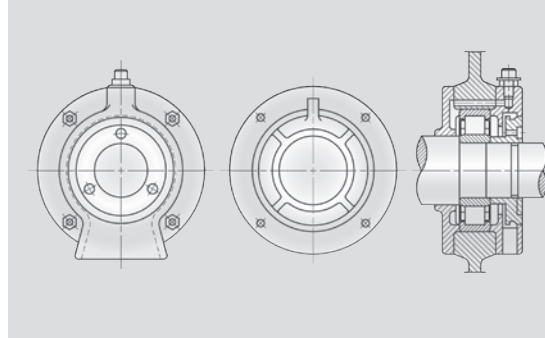
Rys. 24: Sektory smarowe



Rys. 25: Zawór smarowy



Rys. 26: Zawór smarowy (oprawa)



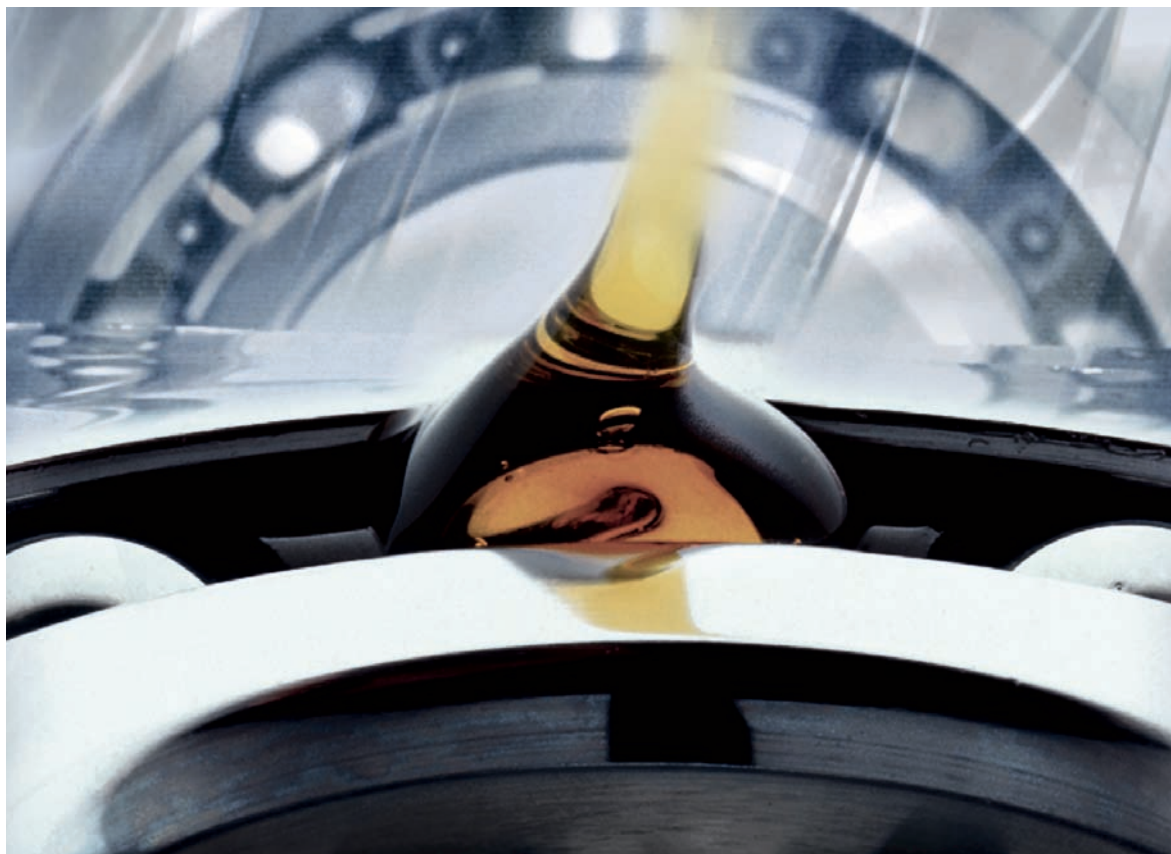
3.2.2 Smarowanie olejowe

Oprawy ze smarowaniem w formie kąpeli olejowej wyposażone są we wskaźnik poziomu oleju. Gdy łożysko nie pracuje wskaźnik ten powinien być kontrolowany w celu określenia poziomu oleju w oprawie i zmniejszenia możliwości pojawienia się błędu.

W zasadzie, jeśli ilość oleju jest mniejsza niż prawidłowy poziom oleju to olej powinien być uzupełniony; jednakże, jeśli system uszczelnień funkcjonuje poprawnie bez żadnych hydraulicznych wycieków to nie ma większej potrzeby uzupełniania oleju. Konieczność wymiany oleju zależy od warunków pracy. Jeśli łożysko jest używane w temperaturze 50°C lub niższej w korzystnym środowisku z małą ilością kurzu i zanieczyszczeń wystarczający powinien być okres wymiany do jednego roku.

Jeśli łożysko jest używane w temperaturze powyżej 100°C w obecności zewnętrznego źródła ciepła wtedy olej powinien być wymieniany co dwa, trzy miesiące lub częściej, nawet jeśli stosowany jest olej o dużej stabilności termicznej.

W przypadku stosowania smarowania kropłowego liczba kropli powinna być właściwie dopasowana do specyficznych warunków pracy; jednakże kilka kropli na minutę powinno być wystarczające dla normalnych warunków pracy. W przypadku pracy z wysoką prędkością, kiedy łożysko smarowane jest metodą strumieniową ilość środka smarnego będzie dopasowana poprzez dobór ciśnienia oleju i średnicy otworu dyszy wtryskowej. Ważne jest zapewnienie takich warunków, aby dostarczany olej nie gromadził się w części łożyska.



3. Utrzymanie i przeglądy

3.3 Uszkodzenia łożysk

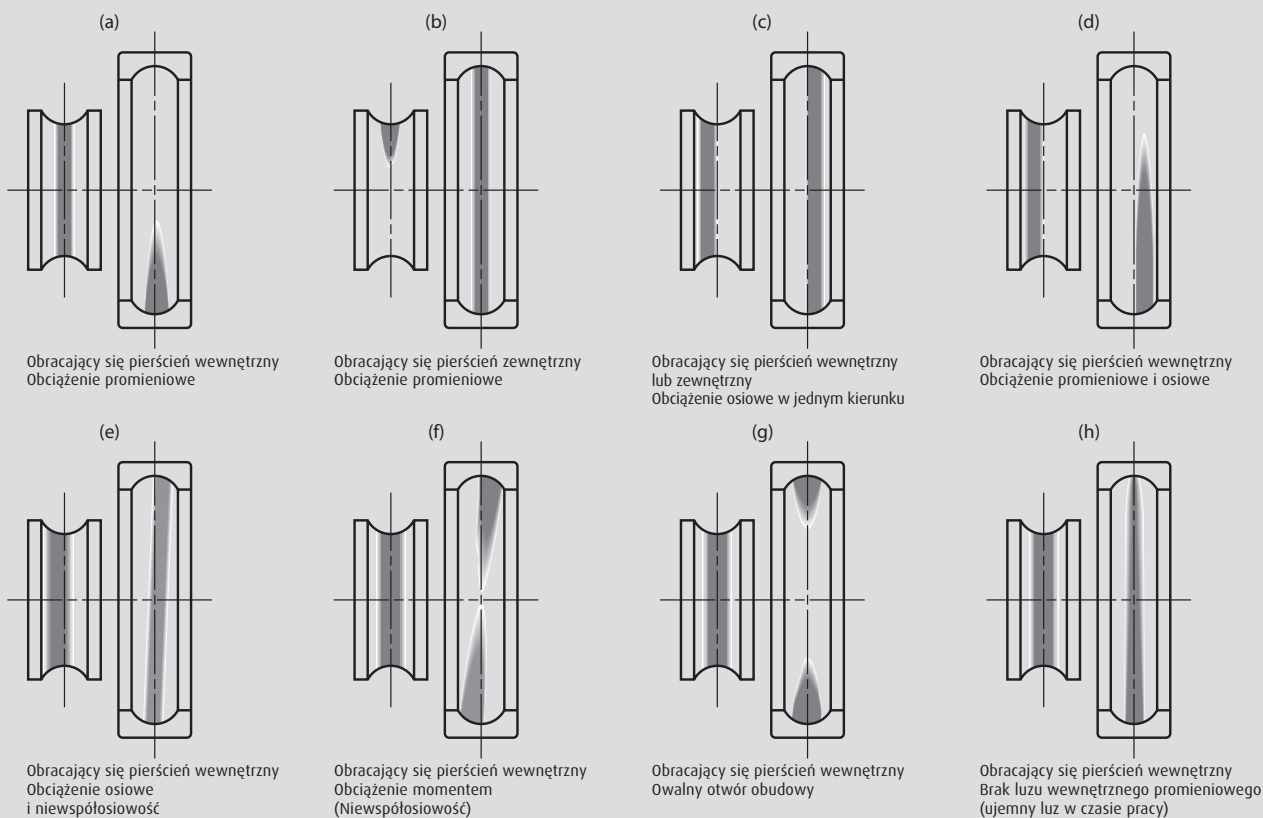
Aby nie dopuścić do powtórnych błędów i aby zbadać proces prowadzący do uszkodzenia łożyska ważne są dokładne oględziny łożyska, które uległo przedwczesnemu uszkodzeniu, ocena stanu środka smarnego oraz warunków montażu łożyska. Prawdopodobne przyczyny uszkodzeń to niepoprawny montaż, obsługa lub smarowanie; niepełny system uszczelnień; niewłaściwe rozważenie oddziaływania cieplnego. Na przykład zatarcia na obrzeżach łożyska jako jeden z przypadków przedwczesnego uszkodzenia mogą być wynikiem zbyt skąpego smarowania olejem, usterki systemu smarowania, zastosowania nieodpowiedniego środka smarnego, wnikania wody lub obcych cząstek, nadmiernie dużego względnego wychylenia pierścieni wewnętrznego i zewnętrznego łożyska spowodowanego zbyt dużym błędem montażowym lub nadmiernym ugięciem wałka lub jakąkolwiek kombinacją wymienionych przyczyn.

Zatem znalezienie prawdziwej przyczyny tylko na podstawie oględzin samego uszkodzonego łożyska jest zbyt trudne. Jednakże przez śledzenie warunków pracy przed i po wystąpieniu uszkodzenia, a także sprawdzenie maszyny i miejsca zabudowy łożyska oraz historii warunków pracy maszyny, historii pracy i obsługi maszyny staje się możliwe określenie kilku prawdopodobnych przyczyn. Może to pomóc uniknąć powtórnego uszkodzenia łożyska. Najszybszą drogą identyfikacji przyczyny jest skrupulatny zapis wszystkich aspektów dotyczących uszkodzenia włączając korozję kontaktową lub plamy na powierzchni średnicy wewnętrznej i zewnętrznej jak również obraz powierzchni wewnętrznych łożyska taki jak ślady pracy na bieżniach i obszary poślizgów włączając obrzeża.

Często pomocna jest również ocena nieuszkodzonych łożysk stosowanych w podobnych warunkach pracy. Podsumowując, ważne jest pełne zbadanie maszyny, w której pracują łożyska. Na sąsiedniej stronie przedstawione są reprezentatywne przypadki uszkodzeń łożysk.



Rys. 27: Typowe ścieżki pracy łożysk kulkowych poprzecznych



Ścieżki pracy i przykładowe obciążenia

Ponieważ łożyska obracają się bieżnie pierścieni wewnętrznego i zewnętrznego pozostają w kontakcie z elementami tocznymi. Efektem tego są ścieżki zużycia zarówno na elementach tocznych jak i na bieżniach. Normalne jest, że ślady pracy są zaznaczone na bieżni, a szerokość i kształt tych ścieżek pracy dają użyteczną wskazówkę o warunkach obciążenia. Dzięki uważnym oględzinom ścieżek pracy możliwe jest określenie czy łożysko przenosi obciążenie promieniowe, duże obciążenie osiowe czy obciążenie momentem lub czy występują skrajne zmiany sztywności obudowy. Również może zostać określone nieprzewidywalne obciążenie przyłożone do łożyska lub nadmierny błąd montażowy czy podobne zapewniając wskazówkę do badań przyczyn uszkodzeń łożysk.

Na Rys. 27 przedstawiono reprezentatywne ścieżki pracy łożysk kulkowych poprzecznych.

Rys. 27 (a) do (d), przedstawiają ogólne ścieżki pracy pod obciążeniem promieniowym i osiowym.

Ścieżki te różnią się w zależności od tego czy obciążenie przyłożone jest do pierścienia wewnętrznego czy zewnętrznego i w zależności od warunków obciążenia.

Rys. 27 (e) przedstawia ścieżki pracy przy nachylonym wałku z powodu niewspółosiowości;

(f) jest ścieżką pracy przy obciążeniu momentem;

(g) jest ścieżką pracy łożyska w obudowie

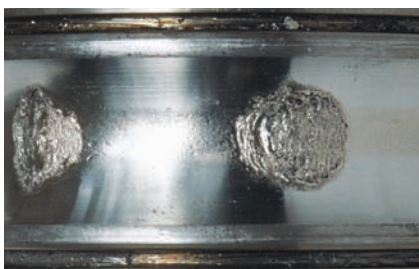
o eliptycznym kształcie otworu i małej dokładności;

i (h) jest ścieżką pracy łożyska z niedostatecznym luzem wewnętrznym. Ścieżki pracy od (e) do (h)

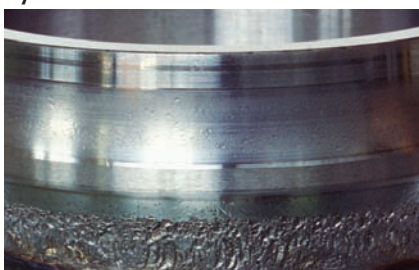
często prowadzą do uszkodzeń łożyska i muszą być uważnie obserwowane.

3. Utrzymanie i przeglądy

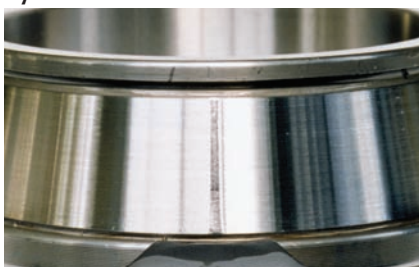
3.3 Uszkodzenia łożysk



Rys. 28: Złuszczenie



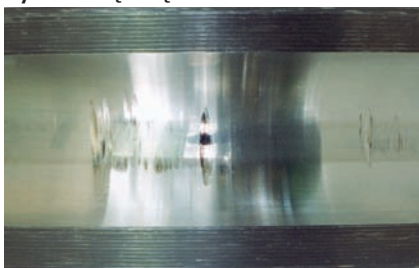
Rys. 29: Złuszczenie



Rys. 30: Odłamanie



Rys. 31: Pęknięcie



Rys. 32: Wgniecenia

Złuszczenie

Pomimo że złuszczenie pojawia się początkowo na łożysku, jako bardzo nieznaczny defekt to rozszerza się znacznie w stosunkowo krótkim czasie (**Rys.28**). Nie można łatwo określić czy złuszczenie jest związane z żywotnością łożyska kiedy to złuszczenie pojawia się w ciągu normalnej pracy, czy jest rezultatem nienormalnego obciążenia. Ponadto inaczej niż w przypadku innych uszkodzeń złuszczenia są często spowodowane przez wzajemne oddziaływanie takich czynników jak smarowanie, obciążenia, drgania i w ten sposób trudno zawęzić je do jednej przyczyny. Jednakże, w przypadku stosowania prawidłowego smarowania i obciążeń prawdopodobieństwo przedwczesnych pęknięć jest niezmiernie małe, dlatego też smarowanie i skala obciążeń powinny być głównie badane jako możliwe źródło kłopotów.

Rys. 29 pokazuje wczesne stadium złuszczenia, które pojawiło się tylko na jednej stronie łożyska baryłkowego, jako wynik nadmiernego obciążenia osiowego. W dodatku takie nienormalne obciążenie powodujące wczesne złuszczenie może wynikać z montażu z przekoszeniem, niewłaściwego doboru luzu łożyska i małej dokładności wykonania obudowy.

Odłamanie i pęknięcia

Rys. 30 pokazuje odłamania szerokiego obrzeża pierścienia wewnętrznego łożyska stożkowego. Występują one, kiedy nienormalne obciążenie osiowe lub obciążenie udarowe zostanie przyłożone do łożyska lub kiedy nienormalna siła zostanie przyłożona do obrzeża w czasie montażu lub demontażu łożyska. Przyczyny pęknięć wiążą się z występowaniem ciężkich udarów (**Rys.31**) lub nadmiernego wcisku. Jeśli łożysko jest podparte jedynie przez dwa obrzeża pierścienia zewnętrznego może ono pęknąć wzdłuż płaszczyzny osiowej, a tam gdzie występuje poślizg pomiędzy pierścieniem wewnętrznym lub zewnętrznym a wałkiem lub obudową pęknięcie pojawi się pod kątem prostym do kierunku poślizgu. Zjawisko to jest widoczne w przypadku, kiedy pierścień wewnętrzny jest luźno pasowany z wałkiem i pojawia się obrót pierścienia na wałku.

Wgniecenia

Wgniecenia na bieżni (odciski Brinella) mogą występować w wyniku niedbałej obsługi łożysk, wychwytywania obcych cząstek lub ciężkich obciążeń udarowych, które oddziałują na łożysko, gdy znajduje się ono w spoczynku. W dodatku odciski podobne do odcisków Brinella mogą być spowodowane zaawansowanym tarcieniem w obszarze styku między elementem tocznym i bieżnią jako wynik drgań lub ruchu oscylacyjnego. Zjawisko to znane jest jako fałszywe odciski Brinella i jest często obserwowane szczególnie kiedy maszyna jest transportowana z zamontowanym w niej łożyskiem (**Rys. 32**).

Zarysowania

W łożyskach wałeczkowych uszkodzenie występuje na powierzchni obrzeży lub końcach wałeczków w wyniku kumulacji drobnych zarysowań spowodowanych przez niedostateczne smarowanie lub zanieczyszczenie wyłapanie przez powierzchnie obrzeży lub końce wałeczków zanim wytarcia pojawią się na powierzchniach toczy (Rys.33, Rys.34).

Dlatego też uszkodzenie to występuje na powierzchniach obrzeży i końcach wałeczków zanim jeszcze pojawią się uszkodzenia na powierzchniach toczy.

Rys. 33: Zarysownia na obrzeżach łożyska baryłkowego



Rys. 34: Zarysowania na czołach wałeczków



Ścieranie

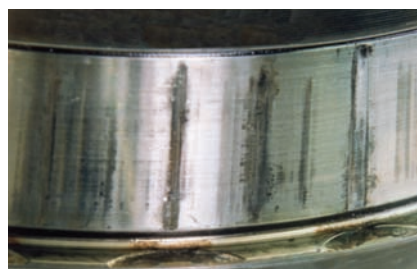
Do czynników mających wpływ na ścieranie należą wnikanie cząstek, niedostateczne smarowanie i nieodpowiedni środek smarny (Rys.35), lub kiedy wniknięcie wody powoduje zużycie korozyjne na powierzchniach poślizgu lub na powierzchniach toczy. Dodatkowo nieodpowiednie pasowanie może spowodować obrót pierścienia i na powierzchniach pasowania wałka może wystąpić korozja cierna.

Rdza

Rdza wewnątrz łożyska spowodowana jest wnikaniem wilgoci lub nieodpowiednim środkiem smarnym. Rys.36 przedstawia przykład rdzy spowodowanej przez niewystarczające smarowanie w wyniku wniknięcia wilgoci.

Czerwonawobrazowy lub czarny pył ścierny może pojawić się na powierzchniach pasowania pomiędzy wałkiem/obudową i pierścieniem wewnętrznym/zewnętrznym.

Tlenki tworzą się wskutek utleniania się powierzchni pasowanych w wyniku nieznacznych poślizgów pomiędzy wałkiem/obudową i pierścieniem wewnętrznym/zewnętrznym, co występuje, kiedy kontakt między nimi jest słaby i często są obserwowane w miejscach oddziaływania drgań i ciężkich obciążeń. Zjawisko to, znane jako zużycie cierne (również cierno-korozyjne), na pierwszy rzut oka jest podobne do rdzy.



Rys. 35: Ścieranie



Rys. 36: Rdza

3. Utrzymanie i przeglądy

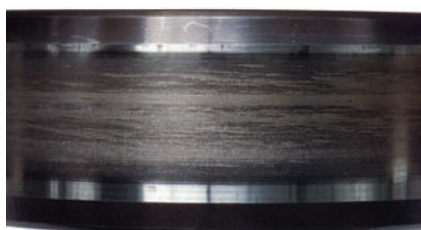
3.3 Uszkodzenia łożysk



Rys. 37: Korozja elektryczna

Korozja elektryczna

Kiedy prąd elektryczny przepływa przez łożysko podczas jego pracy powierzchnia styku pomiędzy pierścieniem wewnętrznym/zewnętrznym i kulką/wałeczkami ulega punktowemu topieniu z powodu łuku elektrycznego przechodzącego przez niezmiernie cienką warstwę filmu olejowego i tworzą się rowki podobne do fałdek. Czasami rowki te rzucają się w oczy jako powierzchnia usiana kraterami lub nierównymi paskami (Rys.37). Kiedy zakres korozji elektrycznej jest znaczny wywołuje ona złuszczenia lub pogorszenie twardości powierzchni bieżni, co skutkuje zaawansowanym zużyciem ściernym.



Rys. 38: Przytarcia

Przytarcia

Przytarcia są uszkodzeniami, które występują podczas pracy łożyska pomiędzy powierzchnią bieżni i powierzchnią toczną elementów tocznych, jako zbiór małych zatarć powstałych w wyniku poślizgu i przerwania filmu olejowego. Uszkodzona powierzchnia staje się chropowata w wyniku kumulacji bardzo słabej adhezji pokazano na Rys.38. Wymagana jest zmiana metody smarowania lub polepszenie środka smarowego.



Rys. 39: Pełzanie

Pełzanie

Pełzanie jest zjawiskiem w łożyskach, kiedy występuje względny poślizg między pasowanymi powierzchniami (pomiędzy powierzchnią otworu pierścienia wewnętrznego i wałka oraz pomiędzy powierzchnią zewnętrzną pierścienia zewnętrznego i obudową). W ten sposób tworzy się luz przy pasowaniu. Zjawisko to wywołuje wytłuszczenie lub zadymienie powierzchni ze sporadycznymi śladami zarysowań lub zużycia. Rys.39 przedstawia przykład takiego uszkodzenia. Sprawdzenie wcisku pasowanych powierzchni i boczne zaciśnięcie pierścienia zewnętrznego skutecznie zapobiegają obrotowi pierścienia w otworze. Nasmarowanie powierzchni łożyska i wałka/otworu obudowy skutecznie zapobiegają zarysowaniu i ścieraniu powierzchni.

4. Demontaż

łożyska wymontowywane są w celu przeprowadzenia okresowej kontroli lub wymiany. Jeśli zdemontowane łożysko przeznaczone jest do powtórnego użycia lub jest wymontowane tylko w celu sprawdzenia, demontaż powinien być przeprowadzony tak starannie jak i montaż zwracając uwagę, aby nie uszkodzić łożyska oraz jego poszczególnych komponentów. Ponieważ szczególnie trudno jest demontować łożyska, które są ciasno pasowane to na etapie projektowania struktury otoczenia węzła łożyskowego powinny być wzięte pod uwagę dostateczne rozwiązania, pozwalające na łatwy demontaż łożyska. Ważne jest również zaprojektowanie i wykonanie narzędzi do demontażu, jeśli są wymagane.

Wszystkie możliwe przygotowania do demontażu muszą być podejmowane po przestudiowaniu metody demontażu, kolejności procedur i warunków pasowania łożyska jak to przedstawiono na rysunkach. Podczas badania przyczyn uszkodzeń łożyskowych łożyska również muszą być traktowane z ostrożnością, jak opisano powyżej, aby zabezpieczyć stan łożyska przed demontażem. W trakcie demontażu łożyska należy uważać, aby nie zarysować łożyska, nie zetrzeć smaru, kurzu, zabrudzeń czy pyłu metalicznego, ponieważ takie działania mogą uniemożliwić identyfikację przyczyn uszkodzenia.

łożyska luźno pasowane mogą być łatwo demontowane, natomiast trzeba zachować jak największą ostrożność, gdy łożysko jest ciasno zamocowane.



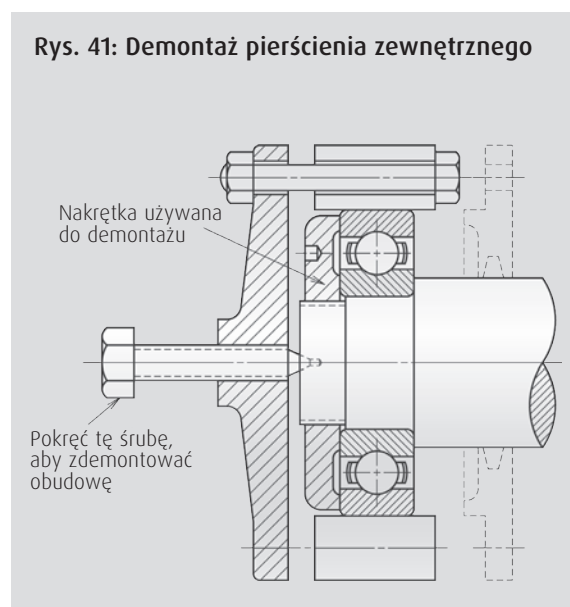
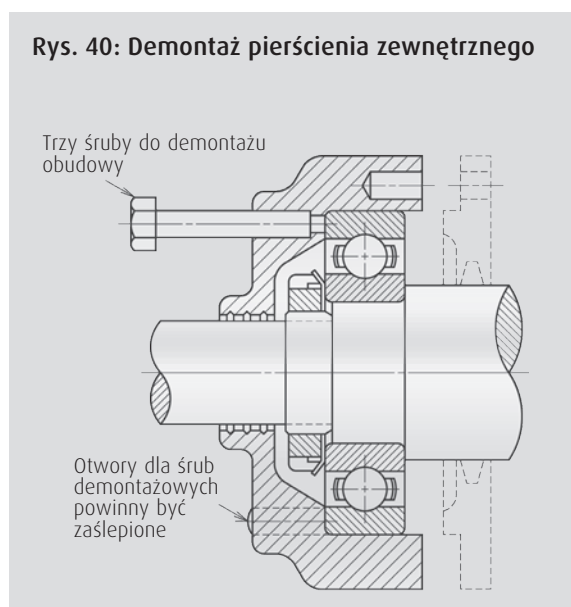
4. Demontaż

4.1 Demontaż pierścieni zewnętrznych

Rys. 40 przedstawia łatwą i skuteczną metodę demontażu łożyska z ciasno pasowanym pierścieniem zewnętrznym. W metodzie tej śruby demontażowe są najpierw umieszczone w otworach wypychowych w trzech punktach obudowy, które poza operacją demontażu są zwykle zaślepione.

Metoda pokazana na **Rys. 41** zalecana jest dla obudów z pokrywami tylną i przednią mocowanymi za pomocą śrub. Pierścień wewnętrzny/zewnętrzny musi być zabezpieczony przed wgnieceniami i zarysowaniami w ten sposób, że łożysko jest wyciągane przy użyciu specjalnej nakrętki, która jednocześnie podtrzymuje obydwa pierścienie łożyskowe wewnętrzny i zewnętrzny.

W zależności od okoliczności łożysko może być demontowane przez podgrzewanie obudowy; jednakże obwód obudowy musi być równomiernie nagrzewany, ponieważ może zostać odkształcony lub może pęknąć. Należy również zauważyć, że jeśli obudowa nagrzewana jest zbyt długo, łożysko może ulec rozszerzeniu i jego wyciągnięcie stanie się trudne.



4. Demontaż

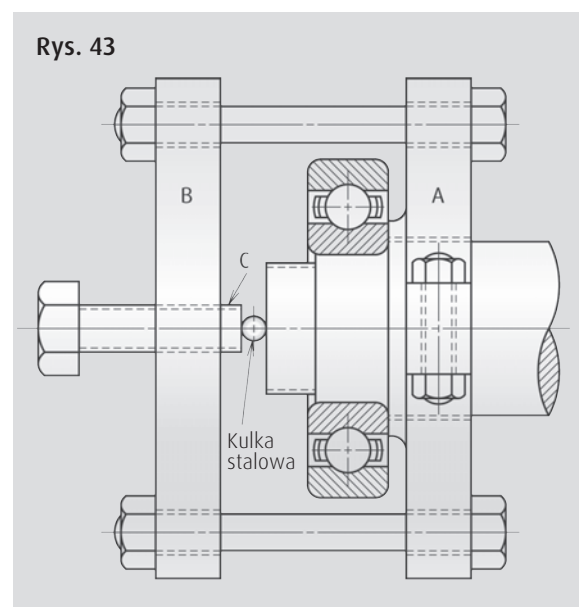
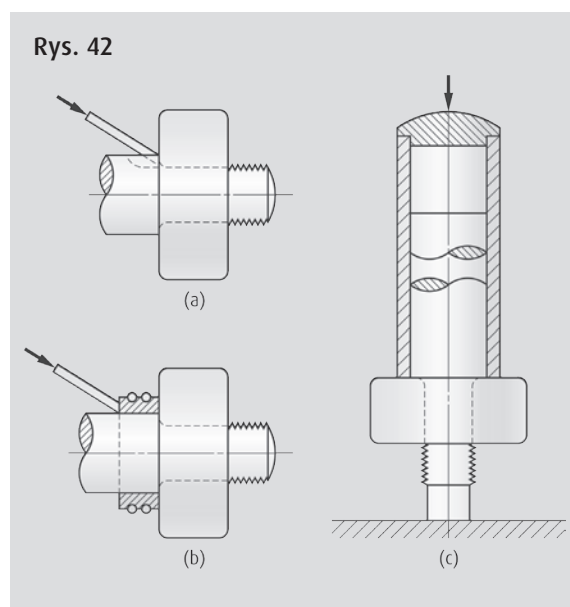
4.2 Demontaż pierścieni wewnętrznych

Demontaż pierścienia wewnętrznego jest trudniejszy niż jego montaż z ciasnym pasowaniem. Choć często używane są ściągacze z pazurami do zaczepienia, a następnie demontażu pierścienia wewnętrznego to użycie tego samego narzędzia do ściągnięcia pierścienia zewnętrznego może doprowadzić do wgniecia na bieżni i uszkodzenia łożyska. Łatwa metoda, która jest często stosowana, kiedy pasowanie jest względnie słabe (**Rys.42-a**) wykorzystuje wykonane dwa lub trzy nacięcia na odsadzeniu wałka i w dzięki nim pobijając młotkiem poprzez pobijak pozwala ściągnąć pierścień wewnętrzny. Jednakże uderzanie może być bardziej bezpiecznie przeprowadzone przy użyciu podwójnego pierścienia jak to przedstawiono na **Rys.42-b**, ponieważ przy uderzaniu zbyt mocnym pobijak może ześliznąć się i przyczynić się do uszkodzenia małego obrzeża pierścienia wewnętrznego.

Inne bezpieczniejsze metody używają rury, jako elementu pośredniego jak przedstawiono na **Rys.42-c**. Również zalecane jest zastosowanie śruby lub prasy. Narzędzie przedstawione na **Rys.43** jest również skutecznym narzędziem do ściągania pierścienia wewnętrznego. Płyta tylna A składa się części górnej i dolnej łączonych za pomocą śrub. Wprowadzenie kulki stalowej (łożyska kulkowego wzdłużnego dla dużych łożysk) pomiędzy

płytę przednią B i śrubę C zwiększa niezawodność układu. W płytach A i B powinny być wywiercone właściwe otwory pod śruby zgodnie z indywidualnym wymiarem łożyska. Siła wymagana do wyciągnięcia pierścienia wewnętrznego może być uzyskana z wykorzystaniem wcześniej wspomnianego równania (5) i **Tabeli 3 i 4**. W zależności od specyficznych warunków zamiast płyty tylnej A może być wykorzystana pokrywa tylna obudowy. łożyska wałeczkowe wielkogabarytowe z dużym wciskiem mogą być łatwiej demontowane bez uszkodzeń pierścienia wewnętrznego zgodnie z poprzednio opisaną metodą montażu/demontażu wykorzystującą nagrzewanie indukcyjne. Jeśli urządzenie to nie jest dostępne pierścień wewnętrzny może być rozszerzony przez obwodowe ogrzewanie pierścienia z użyciem specjalnego palnika lub innego podobnego sprzętu. Celem tej metody jest zapobieganie uszkodzeniom wałka bez brania pod uwagę możliwości powtórnego użycia łożyska.

Demontaż łożysk powinien być wcześniej dostatecznie dobrze przemyślany na etapie projektowania, a stosowana metoda powinna być dobrana i przygotowana przed jej zastosowaniem. Innymi słowy dopóki nie zostaną wzięte pod uwagę procesy montażu i demontażu to aspekty konstrukcji łożysk nie są w pełni uwzględnione.



4. Demontaż

4.3 Mycie łożysk

Kiedy łożyska używane przez dany okres czasu zostaną zdemontowane w celu ich przeglądu to powinny być umyte. Najpierw należy dokonać oględzin starego smaru, którym pokryte jest łożysko, a następnie umyć łożysko i zbadać, w jakim jest stanie. Zdemonstrowane łożyska najpierw powinny być poddane myciu wstępnemu, a po nim końcowemu płukaniu. Podczas mycia wstępnego lepiej jest używać pędzla dla delikatnego usuwania smaru zawierającego kurz, brud lub puder ścierny bez obracania łożyskiem.

Nowe łożyska pokrywane są zawsze środkiem antykorozyjnym przed pakowaniem. Generalnie łożyska te nie wymagają mycia w celu usunięcia środka antykorozyjnego. Ponieważ powierzchnie łożyska pokrywa jedynie cienka powłoka środka antykorozyjnego to nie występuje żaden szkodliwy efekt z powodu pozostawienia tego środka na łożysku, nawet kiedy zmiesza się on ze smarem lub olejem. Większą szkodę może spowodować mycie łożyska w środowisku narażonym na zanieczyszczony olej, kurz czy brud.

Niemniej jednak zaleca się usunięcie środka antykorozyjnego dla małych łożysk używanych w pracy z wysokimi prędkościami oraz dla łożysk, które będą smarowane środkiem o niskiej lepkości lub mgłą olejową.

Dlatego w zasadzie łożyska powinny być umyte, kiedy są sprawdzane; kiedy kurz i brud przylegają do łożyska; lub kiedy maszyna używająca łożysk pracuje z poziomem prędkości i dokładności, który mógłby być pogorszony nawet przez najmniejszy opór obrotów łożyska.

Generalnie, jako środek myjący używana jest nafta. Można stosować olej wrzecionowy o niskiej lepkości w postaci natrysku (sprayu). Również stosowane jest sprężone powietrze do usuwania z łożyska kurzu i brudu o ile zastosowane powietrze nie zawiera wilgoci lub kurzu/brudu; powietrze zawiera zwykle wilgoć, która kondensuje się w postaci kropeł wody na końcówce dyszy. Dlatego podczas używania sprężonego powietrza wymagana jest należyta ostrożność. Ponadto, ponieważ czyszczenie łożyska przez rozkręcanie łożyska za pomocą nadmuchu sprężonym powietrzem może zniszczyć bieżnię to pierścień wewnętrzny/zewnętrzny muszą być zamocowane, aby zapobiec obrotom łożyska.

Kiedy przygotowujemy umyte łożysko do przechowania to powinno być ono całkowicie osuszone i pokryte środkiem antykorozyjnym. Kiedy aplikujemy smar należy pamiętać, aby obracać łożysko, żeby zapewnić jego jednolity rozkład w każdej części łożyska.



5. Przechowywanie łożysk

Ponieważ łożyska nie są przeznaczone do stałego użytkowania, ale muszą być wymieniane w danych okresach czasu, łożyska zapasowe muszą być przechowywane w środowisku magazynowym, które podobne jest do warunków pracy i w ten sposób mogą być natychmiast wymienione.

W czasie przechowywania łożysk szczególną uwagę należy zwracać na zapobieganie rdzewieniu. Chociaż łożyska są zwykle pokryte środkiem antykorozyjnym a następnie zapakowane, papier do pakowania nie jest w stanie całkowicie zapewnić ochrony przed cyrkulacją otaczającego powietrza. Dlatego łożyska powinny być przechowywane w miejscu pozbawionym wilgoci.

Ponadto łożyska powinny być przechowywane w czystej, dobrze wentylowanej przestrzeni o niskiej wilgotności i z dala od bezpośredniej ekspozycji na światło słoneczne, w szafach lub na półkach, przynajmniej 30 cm powyżej poziomu podłogi. łożyska powinny być trzymane w opakowaniach chyba, że są inne wymogi, ponieważ ich rozpakowanie może spowodować pojawienie się rdzy.

Kiedy łożyska są rozpakowane do przeglądu, to przed dopuszczeniem do montażu, muszą być przechowywane ze zwróceniem należytej uwagi na kolejne pokrycie środkiem antykorozyjnym, a następnie powtórne zapakowanie.



6. Załączniki

Załącznik Tabela 1 „Tolerancje średnic wałków”

| Średnica nominalna (mm) | | Odchyłka średniej średnicy otworu w płaszczyźnie promieniowej Δmp | d6 | e6 | f6 | g5 | g6 | h5 | h6 | h7 | h8 | h9 | h10 | js5 | js6 |
|-------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|--------|--------|
| ponad | włącznie | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 6 | 0 | -30 | -20 | -10 | -4 | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 2.5 | ± 4.0 |
| | | -8 | -38 | -28 | -18 | -9 | -12 | -5 | -8 | -12 | -18 | -30 | -48 | | |
| 6 | 10 | 0 | -40 | -25 | -13 | -5 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 3.0 | ± 4.5 |
| | | -8 | -49 | -34 | -22 | -11 | -14 | -6 | -9 | -15 | -22 | -36 | -58 | | |
| 10 | 18 | 0 | -50 | -32 | -16 | -6 | -6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 4.0 | ± 5.5 |
| | | -8 | -61 | -43 | -27 | -14 | -17 | -8 | -11 | -18 | -27 | -43 | -70 | | |
| 18 | 30 | 0 | -65 | -40 | -20 | -7 | -7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 4.5 | ± 6.5 |
| | | -10 | -78 | -53 | -33 | -16 | -20 | -9 | -13 | -21 | -33 | -52 | -84 | | |
| 30 | 50 | 0 | -80 | -50 | -25 | -9 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 5.5 | ± 8.0 |
| | | -12 | -96 | -66 | -41 | -20 | -25 | -11 | -16 | -25 | -39 | -62 | -100 | | |
| 50 | 80 | 0 | -100 | -60 | -30 | -10 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 6.5 | ± 9.5 |
| | | -15 | -119 | -79 | -49 | -23 | -29 | -13 | -19 | -30 | -46 | -74 | -120 | | |
| 80 | 120 | 0 | -120 | -72 | -36 | -12 | -12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 7.5 | ± 11.0 |
| | | -20 | -142 | -94 | -58 | -27 | -34 | -15 | -22 | -35 | -54 | -87 | -140 | | |
| 120 | 180 | 0 | -145 | -85 | -43 | -14 | -14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 9.0 | ± 12.5 |
| | | -25 | -170 | -110 | -68 | -32 | -39 | -18 | -25 | -40 | -63 | -100 | -160 | | |
| 180 | 250 | 0 | -170 | -100 | -50 | -15 | -15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 10.0 | ± 14.5 |
| | | -30 | -199 | -129 | -79 | -35 | -44 | -20 | -29 | -46 | -72 | -115 | -185 | | |
| 250 | 315 | 0 | -190 | -110 | -56 | -17 | -17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 11.5 | ± 16.0 |
| | | -35 | -222 | -142 | -88 | -40 | -49 | -23 | -32 | -52 | -81 | -130 | -210 | | |
| 315 | 400 | 0 | -210 | -125 | -62 | -18 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 12.5 | ± 18.0 |
| | | -40 | -246 | -161 | -98 | -43 | -54 | -25 | -36 | -57 | -89 | -140 | -230 | | |
| 400 | 500 | 0 | -230 | -135 | -68 | -20 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ± 13.5 | ± 20.0 |
| | | -45 | -270 | -175 | -108 | -47 | -60 | -27 | -40 | -63 | -97 | -155 | -250 | | |
| 500 | 630 | 0 | -260 | -145 | -76 | - | -22 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | ± 22.0 |
| | | -50 | -304 | -189 | -120 | - | -66 | - | -44 | -70 | -110 | -175 | -280 | | |
| 630 | 800 | 0 | -290 | -160 | -80 | - | -24 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | ± 25.0 |
| | | -75 | -340 | -210 | -130 | - | -74 | - | -50 | -80 | -125 | -200 | -320 | | |
| 800 | 1000 | 0 | -320 | -170 | -86 | - | -26 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | ± 28.0 |
| | | -100 | -376 | -226 | -142 | - | -82 | - | -56 | -90 | -140 | -230 | -360 | | |
| 1000 | 1250 | 0 | -350 | -195 | -98 | - | -28 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | ± 33.0 |
| | | -125 | -416 | -261 | -164 | - | -94 | - | -66 | -105 | -165 | -260 | -420 | | |
| 1250 | 1600 | 0 | -390 | -220 | -110 | - | -30 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | ± 39.0 |
| | | -160 | -468 | -298 | -188 | - | -108 | - | -78 | -125 | -195 | -310 | -500 | | |
| 1600 | 2000 | 0 | -430 | -240 | -120 | - | -32 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | ± 46.0 |
| | | -200 | -522 | -332 | -212 | - | -124 | - | -92 | -150 | -230 | -370 | -600 | | |



| | j5 | j6 | j7 | k5 | k6 | k7 | m5 | m6 | n6 | p6 | r6 | r7 |
|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | + 3 | + 6 | + 8 | + 6 | + 9 | + 13 | + 9 | + 12 | + 16 | + 20 | + 23 | + 27 |
| | - 2 | - 2 | - 4 | + 1 | + 1 | + 1 | + 4 | + 4 | + 8 | + 12 | + 15 | + 15 |
| | + 4 | + 7 | + 10 | + 7 | + 10 | + 16 | + 12 | + 15 | + 19 | + 24 | + 28 | + 34 |
| | - 2 | - 2 | - 5 | + 1 | + 1 | + 1 | + 6 | + 6 | + 10 | + 15 | + 19 | + 19 |
| | + 5 | + 8 | + 12 | + 9 | + 12 | + 19 | + 15 | + 18 | + 23 | + 29 | + 34 | + 41 |
| | - 3 | - 3 | - 6 | + 1 | + 1 | + 1 | + 7 | + 7 | + 12 | + 18 | + 23 | + 23 |
| | + 5 | + 9 | + 13 | + 11 | + 15 | + 23 | + 17 | + 21 | + 28 | + 35 | + 41 | + 49 |
| | - 4 | - 4 | - 8 | + 2 | + 2 | + 2 | + 8 | + 8 | + 15 | + 22 | + 28 | + 28 |
| | + 6 | + 11 | + 15 | + 13 | + 18 | + 27 | + 20 | + 25 | + 33 | + 42 | + 50 | + 59 |
| | - 5 | - 5 | - 10 | + 2 | + 2 | + 2 | + 9 | + 9 | + 17 | + 26 | + 34 | + 34 |
| | + 6 | + 12 | + 18 | + 15 | + 21 | + 32 | + 24 | + 30 | + 39 | + 51 | + 60 | + 71 |
| | - 7 | - 7 | - 12 | + 2 | + 2 | + 2 | + 11 | + 11 | + 20 | + 32 | + 41 | + 41 |
| | | | | | | | | | | | + 62 | + 73 |
| | | | | | | | | | | | + 43 | + 43 |
| | | | | | | | | | | | + 73 | + 86 |
| | | | | | | | | | | | + 51 | + 51 |
| | | | | | | | | | | | + 76 | + 89 |
| | | | | | | | | | | | + 54 | + 54 |
| | | | | | | | | | | | + 88 | + 103 |
| | | | | | | | | | | | + 63 | + 63 |
| | | | | | | | | | | | + 90 | + 105 |
| | | | | | | | | | | | + 65 | + 65 |
| | | | | | | | | | | | + 93 | + 108 |
| | | | | | | | | | | | + 68 | + 68 |
| | | | | | | | | | | | + 106 | + 123 |
| | | | | | | | | | | | + 77 | + 77 |
| | | | | | | | | | | | + 109 | + 126 |
| | | | | | | | | | | | + 80 | + 80 |
| | | | | | | | | | | | + 113 | + 130 |
| | | | | | | | | | | | + 84 | + 84 |
| | | | | | | | | | | | + 126 | + 146 |
| | | | | | | | | | | | + 94 | + 94 |
| | | | | | | | | | | | + 130 | + 150 |
| | | | | | | | | | | | + 98 | + 98 |
| | | | | | | | | | | | + 144 | + 165 |
| | | | | | | | | | | | + 108 | + 108 |
| | | | | | | | | | | | + 150 | + 171 |
| | | | | | | | | | | | + 114 | + 114 |
| | | | | | | | | | | | + 166 | + 189 |
| | | | | | | | | | | | + 126 | + 126 |
| | | | | | | | | | | | + 172 | + 195 |
| | | | | | | | | | | | + 132 | + 132 |
| | | | | | | | | | | | + 194 | + 220 |
| | | | | | | | | | | | + 150 | + 150 |
| | | | | | | | | | | | + 199 | + 225 |
| | | | | | | | | | | | + 155 | + 155 |
| | | | | | | | | | | | + 225 | + 255 |
| | | | | | | | | | | | + 175 | + 175 |
| | | | | | | | | | | | + 235 | + 265 |
| | | | | | | | | | | | + 185 | + 185 |
| | | | | | | | | | | | + 266 | + 300 |
| | | | | | | | | | | | + 210 | + 210 |
| | | | | | | | | | | | + 276 | + 310 |
| | | | | | | | | | | | + 220 | + 220 |
| | | | | | | | | | | | + 316 | + 355 |
| | | | | | | | | | | | + 250 | + 250 |
| | | | | | | | | | | | + 326 | + 365 |
| | | | | | | | | | | | + 260 | + 260 |
| | | | | | | | | | | | + 378 | + 425 |
| | | | | | | | | | | | + 300 | + 300 |
| | | | | | | | | | | | + 408 | + 455 |
| | | | | | | | | | | | + 330 | + 330 |
| | | | | | | | | | | | + 462 | + 520 |
| | | | | | | | | | | | + 370 | + 370 |
| | | | | | | | | | | | + 492 | + 550 |
| | | | | | | | | | | | + 400 | + 400 |

6. Załączniki

Załącznik Tabela 2 „Tolerancje średnic otworów obudów”

| Średnica nominalna (mm) | | Odchyłka średniej średnicy zewn. w płaszczyźnie promieniowej ΔDmp | E6 | F6 | F7 | G6 | G7 | H6 | H7 | H8 | J6 | J7 |
|-------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| ponad | włącznie | | | | | | | | | | | |
| 10 | 18 | 0 - 8 | + 43 + 32 | + 27 + 16 | + 34 + 16 | + 17 + 6 | + 24 + 6 | + 11 0 | + 18 0 | + 27 0 | + 6 - 5 | + 10 - 8 |
| 18 | 30 | 0 - 9 | + 53 + 40 | + 33 + 20 | + 41 + 20 | + 20 + 7 | + 28 + 7 | + 13 0 | + 21 0 | + 33 0 | + 8 - 5 | + 12 - 9 |
| 30 | 50 | 0 - 11 | + 66 + 50 | + 41 + 25 | + 50 + 25 | + 25 + 9 | + 34 + 9 | + 16 0 | + 25 0 | + 39 0 | + 10 - 6 | + 14 - 11 |
| 50 | 80 | 0 - 13 | + 79 + 60 | + 49 + 30 | + 60 + 30 | + 29 + 10 | + 40 + 10 | + 19 0 | + 30 0 | + 46 0 | + 13 - 6 | + 18 - 12 |
| 80 | 120 | 0 - 15 | + 94 + 72 | + 58 + 36 | + 71 + 36 | + 34 + 12 | + 47 + 12 | + 22 0 | + 35 0 | + 54 0 | + 16 - 6 | + 22 - 13 |
| 120 150 | 150 180 | 0 - 18 0 - 25 | + 110 + 85 | + 68 + 43 | + 83 + 43 | + 39 + 14 | + 54 + 14 | + 25 0 | + 40 0 | + 63 0 | + 18 - 7 | + 26 - 14 |
| 180 | 250 | 0 - 30 | + 129 + 100 | + 79 + 50 | + 96 + 50 | + 44 + 15 | + 61 + 15 | + 29 0 | + 46 0 | + 72 0 | + 22 - 7 | + 30 - 16 |
| 250 | 315 | 0 - 35 | + 142 + 110 | + 88 + 56 | + 108 + 56 | + 49 + 17 | + 69 + 17 | + 32 0 | + 52 0 | + 81 0 | + 25 - 7 | + 36 - 16 |
| 315 | 400 | 0 - 40 | + 161 + 125 | + 98 + 62 | + 119 + 62 | + 54 + 18 | + 75 + 18 | + 36 0 | + 57 0 | + 89 0 | + 29 - 7 | - 39 - 18 |
| 400 | 500 | 0 - 45 | + 175 + 135 | + 108 + 68 | + 131 + 68 | + 60 + 20 | + 83 + 20 | + 40 0 | + 63 0 | + 97 0 | + 33 - 7 | - 43 - 20 |
| 500 | 630 | 0 - 50 | + 189 + 145 | + 120 + 76 | + 146 + 76 | + 66 + 22 | + 92 + 22 | + 44 0 | + 70 0 | + 110 0 | - | - |
| 630 | 800 | 0 - 75 | + 210 + 160 | + 130 + 80 | + 160 + 80 | + 74 + 24 | + 104 + 24 | + 50 0 | + 80 0 | + 125 0 | - | - |
| 800 | 1000 | 0 - 100 | + 226 + 170 | + 142 + 86 | + 176 + 86 | + 82 + 26 | + 116 + 26 | + 56 0 | + 90 0 | + 140 0 | - | - |
| 1000 | 1250 | 0 - 125 | + 261 + 195 | + 164 + 98 | + 203 + 98 | + 94 + 58 | + 133 + 28 | + 66 0 | + 105 0 | + 165 0 | - | - |
| 1250 | 1600 | 0 - 160 | + 298 + 220 | + 188 + 110 | + 235 + 110 | + 108 + 30 | + 155 + 30 | + 78 0 | + 125 0 | + 195 0 | - | - |
| 1600 | 2000 | 0 - 200 | + 332 + 240 | + 212 + 120 | + 270 + 120 | + 124 + 32 | + 182 + 32 | + 92 0 | + 150 0 | + 230 0 | - | - |
| 2000 | 2500 | 0 - 250 | + 370 + 260 | + 240 + 130 | + 305 + 130 | + 144 + 34 | + 209 + 34 | + 110 0 | + 175 0 | + 280 0 | - | - |



| | JS6 | JS7 | K5 | K6 | K7 | M5 | M6 | M7 | N5 | N6 | N7 | P6 | P7 |
|--|--------|--------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | ± 5.5 | ± 9 | +2 -6 | +2 -9 | +6 -12 | - 4 -12 | - 4 -15 | 0 -18 | - 9 -17 | - 9 -20 | - 5 -23 | -15 -26 | -11 -29 |
| | ± 6.5 | ± 10.5 | +1 -8 | +2 -11 | +6 -15 | - 5 -14 | - 4 -17 | 0 -21 | -12 -21 | -11 -24 | - 7 -28 | -18 -31 | -14 -35 |
| | ± 8 | ± 12.5 | +2 -9 | +3 -13 | +7 -18 | - 5 -16 | - 4 -17 | 0 -25 | -13 -24 | -12 -28 | - 8 -33 | -21 -37 | -17 -42 |
| | ± 9.5 | ± 15 | +3 -10 | +4 -15 | +9 -21 | - 6 -19 | - 5 -24 | 0 -30 | -15 -28 | -14 -33 | - 9 -39 | -26 -45 | -21 -51 |
| | ± 11 | ± 17.5 | +2 -13 | +4 -18 | +10 -25 | - 8 -23 | - 6 -28 | 0 -35 | -18 -33 | -16 -38 | -10 -45 | -30 -52 | -24 -59 |
| | ± 12.5 | ± 20 | +3 -15 | +4 -21 | +12 -28 | - 9 -27 | | 0 -40 | -21 -39 | -20 -45 | -12 -52 | -36 -61 | -28 -68 |
| | ± 14.5 | ± 23 | +2 -18 | +5 -24 | +13 -33 | -11 -31 | - 8 -33 | 0 -46 | -25 -45 | -22 -51 | -14 -60 | -41 -70 | -33 -79 |
| | ± 16 | ± 26 | +3 -20 | +5 -27 | +16 -36 | -13 -36 | - 8 -37 | 0 -52 | -27 -50 | -25 -57 | -14 -66 | -47 -79 | -36 -88 |
| | ± 18 | ± 28.5 | +3 -22 | +7 -29 | +17 -40 | -14 -39 | - 9 -41 | 0 -57 | -30 -55 | -26 -62 | -16 -73 | -51 -87 | -41 -98 |
| | ± 20 | ± 31.5 | +2 -25 | +8 -32 | +18 -45 | -16 -43 | -10 -50 | 0 -63 | -33 -60 | -27 -67 | -17 -80 | -55 -95 | -45 -108 |
| | ± 22 | ± 35 | - | 0 -44 | 0 -70 | - | -26 -70 | -26 -96 | - | -44 -88 | -44 -114 | -78 -122 | -78 -148 |
| | ± 25 | ± 40 | - | 0 -50 | 0 -80 | - | -30 -80 | -30 -110 | - | -50 -100 | -50 -130 | -88 -138 | -88 -168 |
| | ± 28 | ± 45 | - | 0 -56 | 0 -90 | - | -34 -90 | -34 -124 | - | -56 -112 | -56 -246 | -100 -156 | -100 -190 |
| | ± 33 | ± 52.5 | - | 0 -66 | 0 -100 | - | -40 -106 | -40 -145 | - | -66 -132 | -66 -272 | -120 -186 | -120 -225 |
| | ± 39 | ± 62.5 | - | 0 -78 | 0 -125 | - | -48 -126 | -48 -173 | - | -78 -156 | -78 -203 | -140 -218 | -140 -265 |
| | ± 46 | ± 75 | - | 0 -92 | 0 -150 | - | -58 -150 | -58 -208 | - | -92 -184 | -92 -242 | -170 -262 | -170 -320 |
| | ± 55 | ± 87.5 | - | 0 -110 | 0 -175 | - | -68 -178 | -68 -243 | - | -110 -220 | -110 -285 | -195 -305 | -195 -370 |

Europejskie biura sprzedaży NSK

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

Francja

NSK France S.A.S.
Quartier de l'Europe
2 rue Georges Guynemer
78283 Guyancourt, Cedex
Tel. +33 (0) 1 30 57 39 39
Fax +33 (0) 1 30 57 00 01
info-fr@nsk.com

Hiszpania

NSK Spain, S.A.
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo
2ª Planta, 08014 Barcelona
Tel. +34 932 89 27 63
Fax +34 934 33 57 76
info-es@nsk.com

Niemcy

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

Norwegia

Norweskie Biuro Sprzedaży

NSK Europe Norwegian Branch NUF
Østre Kullerød 5
N-3241 Sandefjord
Tel. +47 3329 3160
Fax +47 3342 9002
info-n@nsk.com

Republika Południowej Afryki

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

Szwecja

NSK Sweden Office
Karolinen Företagscenter
Våxnäsgratan 10
SE-65340 Karlstad
Tel. +46 5410 3545
Fax +46 5410 3544
info-de@nsk.com

Turcja

NSK Rulmanlari Orta Doğu Tic. Ltd. Şti
19 Mayıs Mah. Atatürk Cad.
Ulya Engin İş Merkezi No: 68 Kat. 6
P.K.: 34734 - Kozyatağı - İstanbul
Tel. +90 216 3550398
Fax +90 216 3550399
turkey@nsk.com

Wielka Brytania

NSK UK LTD.
Northern Road, Newark
Nottinghamshire NG24 2JF
Tel. +44 (0) 1636 605123
Fax +44 (0) 1636 602775
info-uk@nsk.com

Włochy

NSK Italia S.p.A.
Via Garibaldi 215 - C.P. 103
20024 Garbagnate
Milanese (MI)
Tel. +39 02 995191
Fax +39 02 99025778
info-it@nsk.com

Zapraszamy również na naszą stronę internetową: www.nskeurope.pl
Global NSK: www.nsk.com

