

SKF Poradnik Obsługi Technicznej Łożysk



® SKF, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCoAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE, VIBRACON, @PTITUDE są zarejestrowanymi znakami handlowymi Grupy SKF

™ SKF EXPLORER jest zarejestrowanym znakiem Grupy SKF

Epocast 36 jest zastrzeżonym znakiem handlowym H. A. Springer marine + industrie service GmbH, Illinois Tool Works company

© SKF Group 2010

Zawartość niniejszej publikacji jest chroniona prawem autorskim i nie może być powielana (również we fragmentach) bez uprzedniego uzyskania pisemnego pozwolenia. Wydawca podjął wszelkie starania, aby informacje zawarte w publikacji były dokładne i prawdziwe, jednak nie ponosi żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek straty lub szkody, zarówno bezpośrednie, pośrednie, jak i wtórne, powstałe w wyniku korzystania z informacji zawartych w niniejszej publikacji.

PUB SR/P7 10001/1 PL • Lipiec 2011

Niniejsza publikacja zastępuje publikację 4100.

Zdjęcia użyte na podstawie licencji z Shutterstock.com.

1	Podstawy	8	1
2	Montaż łożysk tocznych	44	2
3	Montaż zespołów łożyskowych	92	3
4	Montaż opraw łożyskowych	122	4
5	Montaż uszczelnień	140	5
6	Osiowanie	158	6
7	Smarowanie	178	7
8	Kontrola	216	8
9	Wykrywanie i usuwanie problemów	228	9
10	Demontaż	252	10
11	Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny	288	11
12	Wsparcie techniczne	324	12
13	Dodatki	332	13
14	Indeks	438	14



Marka SKF oznacza obecnie znacznie więcej niż w przeszłości, co w konsekwencji przekłada się na jej rosnące znacznie także dla Państwa – naszych cenionych Klientów.

Podczas gdy jako SKF utrzymujemy naszą wiodącą światową pozycję w dziedzinie łożysk wysokiej jakości, równocześnie wkraczamy w nowe dziedziny techniki, wsparcia produkcji i usług, co czyni z SKF dostawcę zorientowanego na dostarczanie gotowych rozwiązań zwiększających wartość oferowanych klientom produktów.

Rozwiązania te obejmują sposoby zwiększenia produktywności u klientów nie tylko poprzez stosowanie odpowiednio dobranych produktów, ale także wykorzystanie najnowszych narzędzi symulacyjnych, usług konsultantów, programów poprawiających efektywność działania zakładów produkcyjnych oraz najnowszych technik zarządzania łańcuchem dostaw stosowanych w przemyśle.

Marka SKF niezmiennie oznacza wszystko co najlepsze w dziedzinie łożysk tocznych, ale obecnie jej znaczenie jest jeszcze większe.

SKF – firma inżynierii wiedzy

Przedmowa

SKF Poradnik Obsługi Technicznej Łożysk jest wszechstronnym przewodnikiem dla osób zajmujących się profesjonalną obsługą konserwacyjną maszyn w zakresie łożysk tocznych. Poprzez zalecenia zawarte w niniejszym poradniku, SKF chce zwiększyć bezpieczeństwo i efektywność praktyk stosowanych w utrzymaniu ruchu, co może przyczynić się do wydłużenia trwałości eksploatacyjnej łożysk, zmniejszenia przestoju maszyn i zminimalizowania nieplanowanych czynności naprawczych.

Poradnik nie jest pomyślany jako katalog dla konstruktorów maszyn. W celu uzyskania szczegółowych informacji na temat konstrukcji węzłów łożyskowych należy skorzystać z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

Struktura poradnika

Poradnik jest podzielony na czternaście rozdziałów, oznakowanych ponumerowanymi niebieskimi etykietami na prawym marginesie strony:

- Rozdział 1 dotyczy podstaw wiedzy o łożyskach i powiązanych produktach oraz o konstrukcji łożyskowań.
- Rozdziały od 2 do 5 zawierają instrukcje montażu łożysk tocznych, opraw łożyskowych, zespołów łożyskowych i uszczelnień.
- Rozdział 6 opisuje czynności w zakresie utrzymania ruchu związane z ustawianiem współosiowości wałów maszyn.
- Rozdział 7 zawiera informacje i zalecenia odnośnie smarowania łożysk.
- Rozdział 8 jest poświęcony kontroli i diagnostyce łożysk.
- Rozdział 9 jest poświęcony tematyce wyszukiwania i usuwania uszkodzeń, przedstawia powszechnie spotykane problemy i proponowane rozwiązania.

- Rozdział 10 zawiera instrukcje demontażu łożysk tocznych, zespołów łożyskowych, opraw łożyskowych i uszczelnień.
- Rozdział 11 jest poświęcony uszkodzeniom łożysk, obejmuje klasyfikację uszkodzeń według ISO.
- Rozdział 12 przedstawia przegląd dodatkowych zasobów SKF w zakresie wsparcia technicznego w dziedzinie utrzymania ruchu.
- Rozdział 13 zawiera Dodatki z ważnymi informacjami potrzebnymi podczas prac związanych z utrzymaniem ruchu, a także przegląd narzędzi SKF do obsługi łożysk.
- Rozdział 14 to Indeks.

Dołożono wszelkich starań, aby informacje zawarte w tej publikacji były możliwie dokładne, a także, aby znajdujące się w niniejszym poradniku instrukcje były czytelne i odzwierciedlały stosowane w rzeczywistości praktyki, nie mniej wydawca nie ponosi żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek występujące tu ewentualne błędy lub pominięcia, ani za ewentualne straty wynikające z nieprawidłowego użycia narzędzi i innego sprzętu dostarczanego przez SKF.

Przypis na temat ochrony zasobów naturalnych

Ochrona zasobów naturalnych polega na takim prowadzeniu działalności, które zapewnia efektywne wykorzystywanie źródeł surowców naturalnych, dzięki czemu przyszłe pokolenia dalej będą mogły z nich korzystać. Istnieje wiele obszarów w dziedzinie obsługi łożysk, gdzie można oszczędzić energię, od gospodarki odpadami po zmniejszenie zużycia środków smarnych i prawidłowe używanie narzędzi. SKF zaangażował się w ochronę środowiska naturalnego i zachęca innych, aby przyczyniali się do oszczędności energii i materiałów.

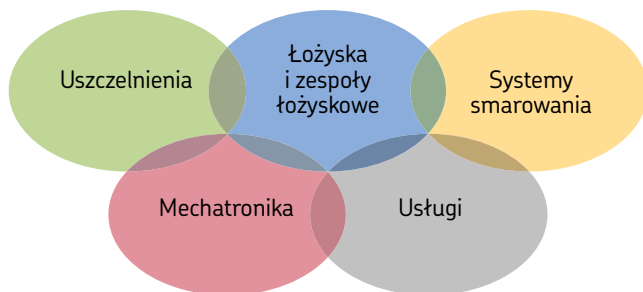
SKF – firma inżynierii wiedzy

Z firmy, która wynalazła łożysko kulkowe wahlwe 100 lat temu, spółka SKF przerodziła się w firmę inżynierii wiedzy, która w oparciu o pięć platform technologicznych tworzy unikalne rozwiązania dla klientów. Do platform tych zaliczane są oczywiście łożyska, zespoły łożyskowe i uszczelnienia, ale obejmują one także inne obszary, jak: środki smarowe i systemy centralnego smarowania bardzo ważne dla trwałości łożysk w wielu aplikacjach; mechatronikę, która łączy wiedzę o układach zawierających elementy mechaniczne i elektroniczne stosowane w rozwiązaniach ruchu liniowego lub systemach z czujnikami; a także pełen zakres usług od projektowania i wsparcia logistycznego po diagnostykę i systemy utrzymania ruchu.

Mimo rozszerzenia zakresu działalności SKF nadal utrzymuje czołową pozycję na świecie w zakresie projektowania, produkcji i marketingu łożysk tocznych, a także produktów komplementarnych takich, jak uszczelnienia promieniowe wałów. SKF zajmuje też coraz ważniejszą pozycję na rynku produktów do przemieszczeń liniowych, precyzyjnych łożysk dla lotnictwa, wrzecion obrabiarek oraz usług utrzymania ruchu w zakładzie.

Grupa SKF posiada globalne certyfikaty ISO 14001:2004 – międzynarodowy certyfikat zarządzania środowiskowego jak również OHSAS 18001 – standard zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Poszczególne dywizje SKF otrzymały certyfikaty zarządzania jakością zgodne z normami ISO 9001 i innymi specyficznymi wymaganiami klientów.

Dzięki ponad 100 zakładom produkcyjnym na całym świecie i oddziałom handlowym w 70 krajach, SKF jest prawdziwie międzynarodowym koncernem. Ponadto, nasi dystrybutorzy i przedstawiciele handlowi w ponad 15 000 punktach na świecie, platforma handlowa e-biznes oraz globalny system dystrybucji zblizają SKF do klientów w zakresie dostaw zarówno produktów, jak i usług. Jednym słowem, rozwiązania SKF są dostępne gdziekolwiek i kiedykolwiek klient ich potrzebuje. Marka i firma SKF jeszcze nigdy nie miały tak silnej pozycji. Jako firma inżynierii wiedzy jesteśmy gotowi służyć Państwu światowej klasy wiedzą na temat produktów, naszymi zasobami intelektualnymi i wizją, które pomogą Wam odnieść sukces.





Rozwój technologii sterowania przewodowego

SKF dysponuje wyjątkowym doświadczeniem w dziedzinie szybko rozwijającej się technologii sterowania przewodowego, od fly-by-wire przez drive-by-wire aż po work-by-wire. SKF był pionierem we wprowadzaniu technologii fly-by-wire i ściśle współpracuje z czołowymi firmami przemysłu lotniczego. Przykładowo, praktycznie wszystkie nowe modele Airbusa wykorzystują rozwiązania SKF w systemach sterowania w kokpicie.

SKF jest także liderem w dziedzinie systemów sterowania przewodowego dla motoryzacji. Współpracując z inżynierami z przemysłu motoryzacyjnego SKF opracował dwa samochody koncepcyjne, które wykorzystują mechatronikę w układzie kierowniczym i hamulcowym. Dalszy rozwój sterowania przewodowego doprowadził SKF do stworzenia całkowicie elektrycznego wózka widłowego, w którym do sterowania zastosowano elementy mechatroniczne zamiast układów hydraulicznych.





Ujarmianie energii wiatrowej

Rozwój energetyki wykorzystującej siłownie wiatrowe zapewnia źródło czystej energii przyjaznej dla środowiska. SKF ściśle współpracuje z czołowymi przedstawicielami tego przemysłu w dziedzinie rozwoju wydajnych i bezobsługowych turbin, dostarczając różne wielkogabarytowe, bardzo specjalistyczne łożyska oraz systemy diagnostyczne pozwalające wydłużyć trwałość użytkową siłowni wiatrowych zlokalizowanych często w trudno dostępnym i nieprzyjaznym środowisku.



Praca w ekstremalnych warunkach

W czasie ostrych zim, zwłaszcza w północnych krajach, bardzo niskie temperatury mogą powodować zacieranie się łożysk w maźnicach ze względu na niewystarczające smarowanie. Firma SKF stworzyła nową rodzinę syntetycznych środków smarowych, które zachowują odpowiednią lepkość nawet w tak ekstremalnych temperaturach. Wiedza SKF pozwala producentom i użytkownikom końcowym przezwyciężyć ograniczenia wynikające z występowania ekstremalnych temperatur, zarówno wysokich jak i niskich. Przykładowo, produkty SKF pracują w tak różnych środowiskach, jak piece piekarnicze czy zamrażalnice w zakładach przetwarzających żywność.



Opracowanie czystszej odkurzacza

Silnik elektryczny i jego łożyska są sercem wielu urządzeń gospodarstwa domowego. SKF ściśle współpracuje z producentami sprzętu AGD w zakresie usprawniania ich parametrów, oszczędności kosztów, redukcji ciężaru i zmniejszania zużycia energii. Świeżym przykładem tej współpracy jest nowa generacja odkurzaczy o zwiększonej sile ssącej. Z doświadczenia SKF w dziedzinie małych łożysk korzystają też producenci elektronarzędzi i sprzętu biurowego.



Laboratorium pędzące 350 km/h

Oprócz uznanych placówek badawczo-rozwojowych SKF w Europie i Stanach Zjednoczonych, Formuła 1 jest doskonałym poligonem doświadczalnym dla SKF pozwalającym pokonywać kolejne granice technologii łożyskowej. Od ponad 60 lat, produkty SKF, wsparcie inżynierskie i wiedza pozwalają zespołowi Scuderia Ferrari odgrywać decydującą rolę w wyścigach F1. (W bolidzie Ferrari znajduje się około 150 części dostarczanych przez SKF). Doświadczenia zdobyte w Formule 1 są wykorzystywane przy rozwoju innych produktów dla producentów samochodów i na rynek części zamiennych.



Dostarczanie Optymalizacji Wydajności Zasobów

Poprzez dział SKF Reliability Systems (SKF Systemy Niezawodności), SKF dostarcza pełny zakres produktów i usług do zwiększania wydajności zasobów – od sprzętu i oprogramowania do diagnostyki po opracowanie strategii obsługi, wsparcie inżynierskie oraz programy zapewnienia niezawodności maszyn. W celu optymalizacji wydajności i zwiększenia produktywności niektóre zakłady przemysłowe wybrały rozwiązanie „Kompleksowej Obsługi Maszyn”, w ramach którego SKF świadczy usługi za stałą opłatą zgodnie z umową gwarantującą określone parametry pracy.



Planowanie zrównoważonego rozwoju

Ze względu na samą zasadę działania, łożyska są przyjazne dla środowiska naturalnego. Pozwalają one bowiem poprawić sprawność maszyn, zmniejszając zużycie energii i środków smarowych. Podwyższając poprzeczkę dla swoich wyrobów, SKF umożliwia tworzenie produktów i urządzeń nowej generacji. Myśląc o przyszłości i świecie, który pozostawimy następnym pokoleniom, SKF planuje i wdraża politykę ochrony środowiska, dba o zasady BHP oraz stosuje odpowiednie metody produkcyjne w celu ochrony i zachowania ograniczonych zasobów naturalnych. Naszym celem jest zrównoważony rozwój osiągany z poszanowaniem środowiska naturalnego.



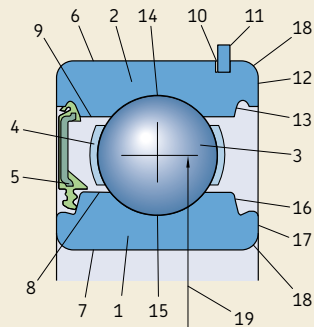
Terminologia	10	Metody ustalania łożysk	31
Rodzaje i konstrukcje łożysk tocznych ..	12	Ustalenie promieniowe łożysk.	31
Łożyska poprzeczne	12	Dobór pasowania	32
Łożyska wzdłużne	18	Zalecane pasowania i tolerancje	35
Rolki prowadzące	19	Wymagania odnośnie dokładności	
Łożyska typu Y	21	wymiarów, kształtu i obrotu	35
System oznaczania łożysk tocznych	22	Chropowatość powierzchni	36
Oznaczenia podstawowe	22	osadzenia łożysk	37
Przyrostki oznaczeń	24	Ustalenie osiowe łożysk	37
Identyfikacja produktów SKF	26	Wymiary związane z zabudową	38
Identyfikacja łożysk.	26	Konstrukcje uszczelnień	39
Identyfikacja opraw dzielonych		Uszczelnienia zewnętrzne	39
i zespołów łożyskowych	27	Uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem .	40
Uszczelnienia na wymianę.	27	Przechowywanie łożysk, uszczelnień	
Trwałość łożysk	27	i środków smarnych	41
Trwałość nominalna podstawowa	27	Przechowywanie łożysk,	
Trwałość nominalna wg SKF.	27	zespołów łożyskowych i opraw	41
Trwałość eksploatacyjna	28	Przechowywanie uszczelnień	
Trwałość eksploatacyjna łożyska	28	elastomerowych	42
Trwałość eksploatacyjna uszczelnienia .	28	Przechowywanie środków smarnych. . .	42
Trwałość eksploatacyjna środka smarnego	28	Postępowanie ze zużytymi	
Czystość	28	środkami smarnymi	43
Luz wewnętrzny łożyska	29		
Konstrukcje łożyskowań	30		
Rodzaje łożyskowań	30		
Węzły łożyskowe ustalające			
i swobodne.	30		
Węzły łożyskowe nastawne	31		

Terminologia

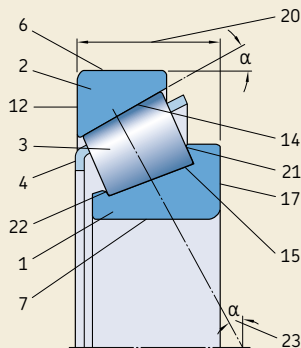
Łożyska (→ ilustr. 1)

- 1 Pierścień wewnętrzny
- 2 Pierścień zewnętrzny
- 3 Element toczny: kulka, wałeczek walcowy, wałeczek igiełkowy, wałeczek stożkowy, wałeczek baryłkowy, wałeczek toroidalny
- 4 Koszyk
- 5 Element uszczelniający
Uszczelka – wykonana z elastomeru, stykowa (pokazana na rysunku)
Blaszka ochronna – wykonana z blachy stalowej, bezstykowa
- 6 Średnica zewnętrzna pierścienia zewnętrznego
- 7 Średnica otworu pierścienia wewnętrznego
- 8 Średnica obrzeża pierścienia wewnętrznego
- 9 Średnica obrzeża pierścienia zewnętrznego
- 10 Rowek pod pierścień osadczy
- 11 Pierścień osadczy sprężynujący
- 12 Powierzchnia czołowa pierścienia zewnętrznego
- 13 Rowek osadczy uszczelnienia
- 14 Bieżnia pierścienia zewnętrznego
- 15 Bieżnia pierścienia wewnętrznego
- 16 Rowek roboczy uszczelnienia
- 17 Powierzchnia czołowa pierścienia wewnętrznego
- 18 Sfazowanie (ścięcie montażowe)
- 19 Średnica średnia łożyska
- 20 Całkowita szerokość łożyska
- 21 Obrzeże prowadzące
- 22 Obrzeże zabezpieczające
- 23 Kąt działania
- 24 Pierścień wewnętrzny
- 25 Zespół elementów tocznych z koszykiem
- 26 Pierścień zewnętrzny
- 27 Pierścień zewnętrzny z powierzchnią kulistą
- 28 Podkładka kulista

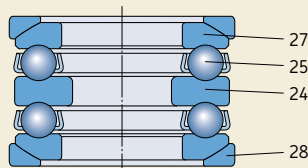
Ilustr. 1



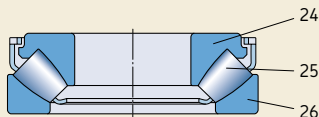
Łożysko kulkowe zwykłe



Łożysko stożkowe



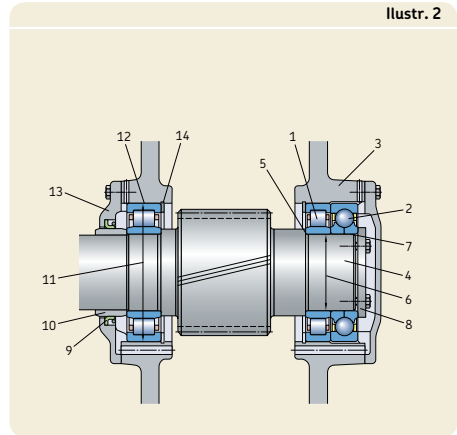
Łożysko kulkowe wzdłużne dwukierunkowe



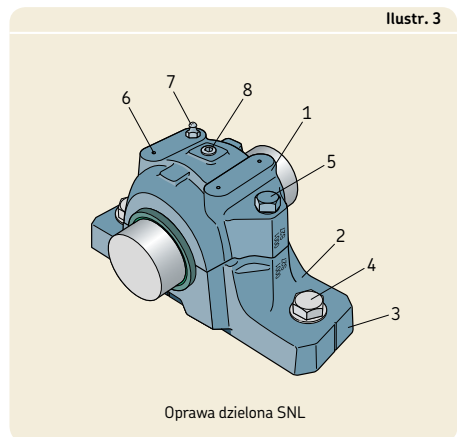
Łożysko baryłkowe wzdłużne

Łożyskowanie (→ ilustr. 2)

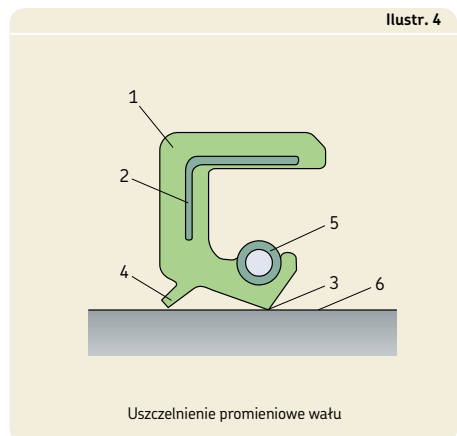
- 1 Łożysko walcowe
- 2 Łożysko kulkowe skośne
jednorzędowe dwukierunkowe
- 3 Oprawa
- 4 Wał
- 5 Występ oporowy na wale
- 6 Średnica wału
- 7 Płyta oporowa
- 8 Uszczelnienie promieniowe wału
- 9 Pierścień dystansowy
- 10 Średnica otworu oprawy
- 11 Otwór oprawy
- 12 Pokrywa oprawy
- 13 Pierścień osadczy sprężynujący

**Oprawy (→ ilustr. 3)**

- 1 Pokrywa górna oprawy
(część górna oprawy)
- 2 Podstawa oprawy (część dolna oprawy)
- 3 Stopa oprawy
- 4 Śruba mocująca
- 5 Śruba łącząca (śruba pokrywy górnej)
- 6 Wgłębienie
- 7 Smarownicza
- 8 Otwór pod śrubę oczkową

**Uszczelnienia (→ ilustr. 4)**

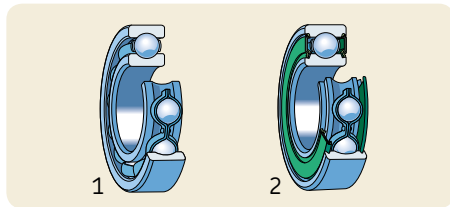
- 1 Korpus kauczukowy
- 2 Wkładka wzmacniająca z blachy stalowej
- 3 Warga uszczelniająca (pierwotna)
- 4 Warga wtórna
- 5 Sprężyna zaciskowa
- 6 Powierzchnia współpracująca uszczelnienia



Rodzaje i konstrukcje łożysk tocznych

W tym rozdziale zostało przedstawione zestawienie standardowych rodzajów i konstrukcji łożysk tocznych. Większość z nich jest zilustrowana.

Łożyska poprzeczne



Łożyska kulowe zwykłe

jednorzędowe, z kanałkiem lub bez kanałka do wkładania kulek

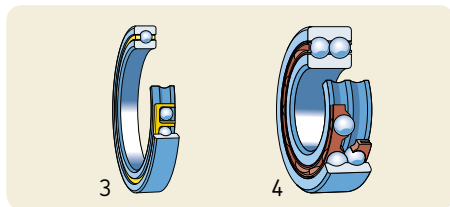
otwarte – konstrukcja podstawowa (1)

z blaszkami ochronnymi

z uszczelnieniami stykowymi (2)

z rowkiem pod pierścień osadczy,

z pierścieniem osadczym sprężynującym lub bez

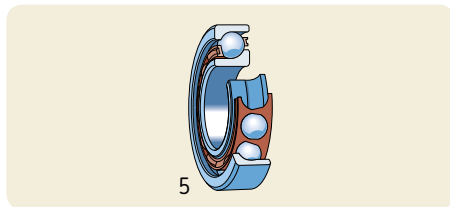


jednorzędowe o stałym przekroju

otwarte – konstrukcja podstawowa (3)

z uszczelnieniami stykowymi

z uszczelnieniami stykowymi dwurzędowe (4)

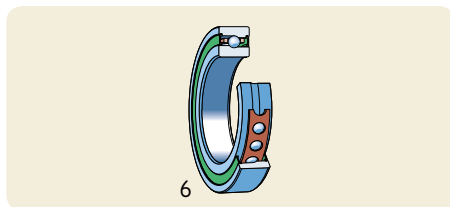


Łożyska kulowe skośne

jednorzędowe

konstrukcja podstawowa do pojedynczej zabudowy

konstrukcja do uniwersalnej zabudowy (5)



precyzyjne jednorzędowe

otwarte – konstrukcja podstawowa

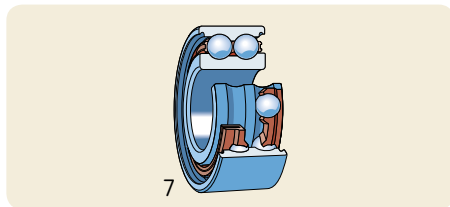
z uszczelnieniami stykowymi

otwarte – konstrukcja szybkoobrotowa

z uszczelnieniami stykowymi (6)

otwarte – konstrukcja o wysokiej nośności

z uszczelnieniami stykowymi



dwurzędowe

z pierścieniem wewnętrznym jednoczęściowym (7)

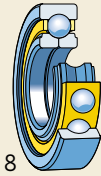
otwarte – konstrukcja podstawowa

z blaszkami ochronnymi

z uszczelnieniami stykowymi

z pierścieniem wewnętrznym dwuczęściowym

Łożyska poprzeczne

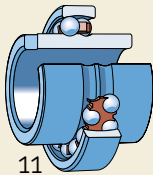


Łożyska kulkowe skośne jednorzędowe dwukierunkowe (8)

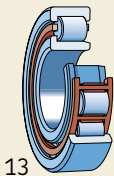
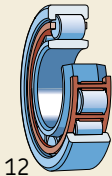


Łożyska kulkowe wahlne

z otworem walcowym lub stożkowym otwarte – konstrukcja podstawowa (9)
z uszczelnieniami stykowymi (10)

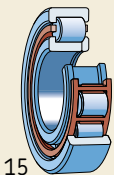
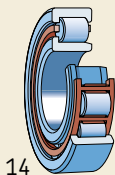


z szerokim pierścieniem wewnętrznym (11)



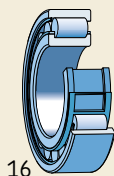
Łożyska walcowe

jednorzędowe typu NU (12)
z pierścieniem kątowym typu N (13)



jednorzędowe typu NJ (14)
z pierścieniem kątowym typu NUP (15)

Łożyska poprzeczne



16

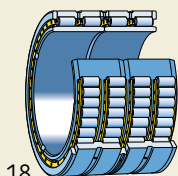
Łożyska walcowe

jednorzędowe
typu NCF o wysokiej nośności (16)



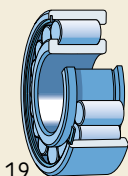
17

dwurzędowe
z otworem walcowym lub stożkowym
typu NNU (17)
typu NN
typu NNUP

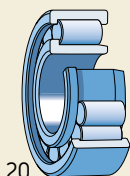


18

czterorzędowe
z otworem walcowym lub stożkowym
otwarte (18)
z uszczelnieniami stykowymi



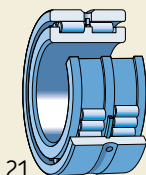
19



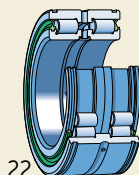
20

Łożyska walcowe z pełną liczbą wałeczków

jednorzędowe
typu NCF (19)
typu NJG (20)

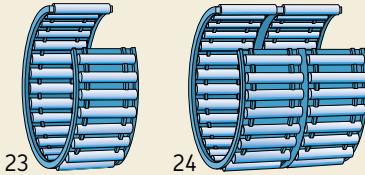


21



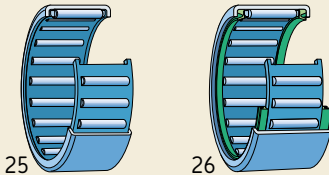
22

dwurzędowe
ze stałymi obrzeżami na pierścieniu
wewnętrznym (21)
ze stałymi obrzeżami na pierścieniu
wewnętrznym i zewnętrznym
z uszczelnieniami stykowymi (22)

Łożyska poprzeczne**Złożenia igiełek z koszykiem**

jednorzędowe (23)

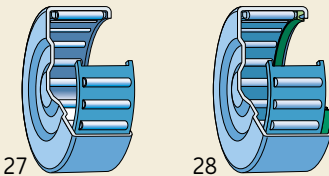
dwurzędowe (24)

**Łożyska igiełkowe cienkościenne, przelotowe**

jedno- i dwurzędowe

otwarte – konstrukcja podstawowa (25)

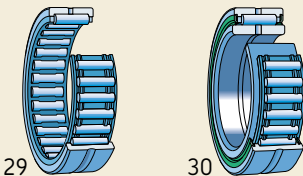
z uszczelnieniami stykowymi (26)

**Łożyska igiełkowe cienkościenne, nieprzelotowe**

jedno- i dwurzędowe

otwarte – konstrukcja podstawowa (27)

z uszczelnieniem stykowym (28)

**Łożyska igiełkowe z obrzeżami**

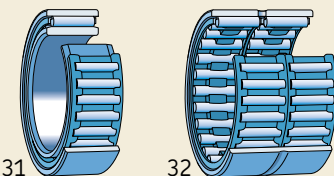
jedno- i dwurzędowe

bez pierścienia wewnętrznego (29)

z pierścieniem wewnętrznym

otwarte – konstrukcja podstawowa

z uszczelnieniami stykowymi (30)

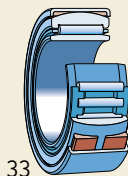
**Łożyska igiełkowe bez obrzeży**

jedno- i dwurzędowe

z pierścieniem wewnętrznym (31)

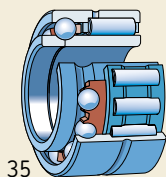
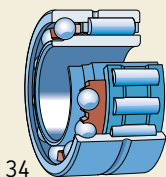
bez pierścienia wewnętrznego (32)

Łożyska poprzeczne



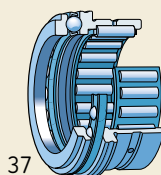
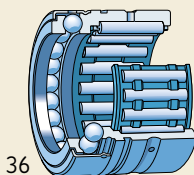
Łożyska igiełkowe nastawne

bez pierścienia wewnętrznego
z pierścieniem wewnętrznym (33)

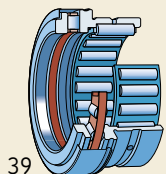
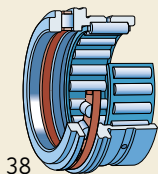


Łożyska igiełkowe zespolone

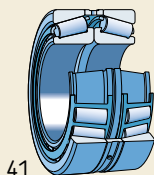
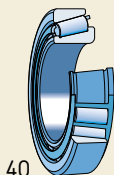
łożyska igiełkowe/kulkowe skośne
jednokierunkowe (34)
dwukierunkowe (35)



łożyska igiełkowe/kulkowe wzdłużne
z łożyskiem kulkowym z pełną liczbą
elementów tocznych (36)
z kompletem kulek prowadzonym w koszyku
z osłoną lub bez osłony (37)

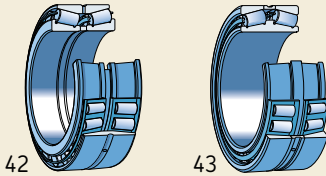


łożyska igiełkowe/walcowe wzdłużne
bez osłony (38)
z osłoną (39)

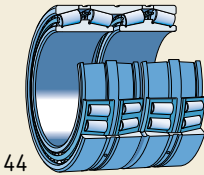


Łożyska stożkowe

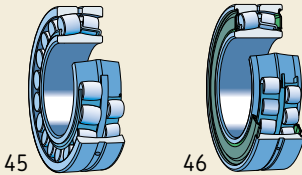
jednorzędowe
łożyska pojedyncze (40)
dopasowane zespoły łożysk
w układzie „X” (41)
w układzie „O”
w układzie tandem

Łożyska poprzeczne

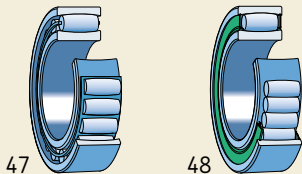
dwurzędowe
w układzie TDO („O”) (42)
w układzie TDI („X”) (43)



czterorzędowe
konstrukcja otwarta
z uszczelnieniami stykowymi
w układzie TQO (44)
w układzie TQI

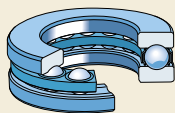
**Łożyska baryłkowe**

z otworem walcowym lub stożkowym
otwarte – konstrukcja podstawowa (45)
z uszczelnieniami stykowymi (46)

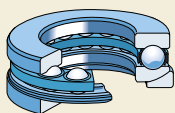
**Łożyska toroidalne CARB**

z otworem walcowym lub stożkowym
otwarte – konstrukcja podstawowa
z wałeczkami prowadzonymi w koszyku (47)
z pełną liczbą wałeczków
z uszczelnieniami stykowymi (48)

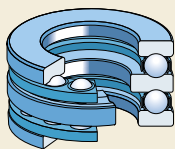
Łożyska wzdłużne



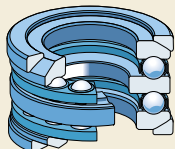
49



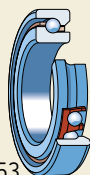
50



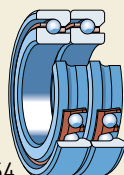
51



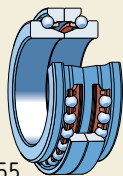
52



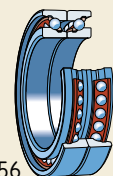
53



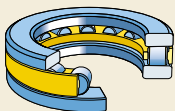
54



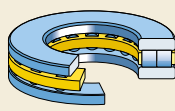
55



56



57



58

Łożyska kulkowe wzdłużne

jednokierunkowe

z płaskim pierścieniem zewnętrznym (49)

z kulistym pierścieniem zewnętrznym

z podkładką kulistą (50) lub bez

dwukierunkowe

z płaskimi pierścieniami zewnętrznymi (51)

z kulistymi pierścieniami zewnętrznymi

z podkładkami kulistymi (52) lub bez

Łożyska kulkowe skośne wzdłużne

łożyska precyzyjne

jednokierunkowe

konstrukcja podstawowa do pojedynczej

zabudowy (53)

konstrukcja do uniwersalnej zabudowy

dopasowane zespoły łożysk (54)

dwukierunkowe

konstrukcja podstawowa (55)

konstrukcja szybkoobrotowa (56)

Łożyska walcowe wzdłużne

jednokierunkowe

jednorzędowe (57)

dwurzędowe (58)

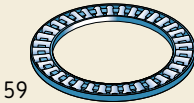
elementy łożysk

zespoły wałeczków z koszykiem

do łożysk wzdłużnych

pierścienie wewnętrzne i zewnętrzne

Łożyska wzdłużne



59

Łożyska igiełkowe wzdłużne

jednokierunkowe

złożenia wzdłużne igiełek z koszykiem (59)

pierścienie wewnętrzne

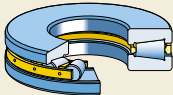
pierścienie zewnętrzne



60

Łożyska baryłkowe wzdłużne

jednokierunkowe (60)



61



62

Łożyska stożkowe wzdłużne

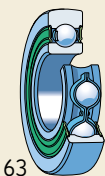
jednokierunkowe

z osłoną (61) lub bez osłony

łożyska śrubowe

dwukierunkowe (62)

Rolki prowadzące



63



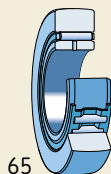
64

Rolki bieżne

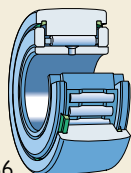
jednorzędowe kulkowe rolki bieżne (63)

dwurzędowe kulkowe rolki bieżne (64)

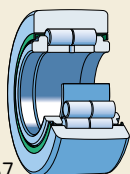
Rolki prowadzące



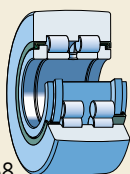
65



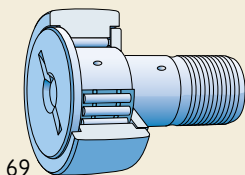
66



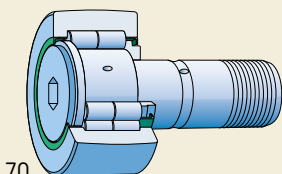
67



68



69



70

Rolki nośne

ze złożeniem igiełek z koszykiem,
bez prowadzenia osiowego
z uszczelnieniami stykowymi lub bez
bez pierścienia wewnętrznego
z pierścieniem wewnętrznym (65)

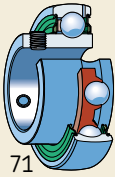
z igiełkami, z prowadzeniem osiowym
za pomocą pierścieni bocznych
z uszczelnieniami stykowymi lub bez
ze złożeniem igiełek z koszykiem (66)
z pełną liczbą elementów tocznych

z pełną liczbą wałeczków walcowych,
prowadzonych osiowo za pomocą obrzeży
z uszczelnieniami labiryntowymi (67)
z uszczelnieniami stykowymi (68)
z uszczelnieniami płytkowymi

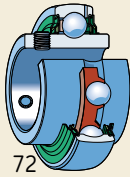
Rolki popychaczy

z igiełkami, prowadzonymi osiowo przez
sworzeń, pierścień boczny i obrzeże
z uszczelnieniami stykowymi lub bez
z koncentrycznym gniazdem (69)
z mimośrodowym kołnierzem mocującym
ze złożeniem igiełek z koszykiem (69)
z pełną liczbą wałeczków igiełkowych

z pełną liczbą wałeczków walcowych,
prowadzonych osiowo przez sworzeń,
pierścień boczny i obrzeże
z uszczelnieniami labiryntowymi (70)
z uszczelnieniami stykowymi
z koncentrycznym gniazdem (70)
z mimośrodowym kołnierzem mocującym

Łożyska typu Y

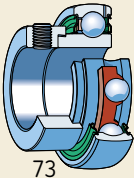
71



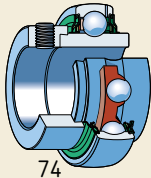
72

Łożyska kulkowe samonastawne (łożyska typu Y)

z wkrętami dociskowymi (mocującymi)
z jednostronnie poszerzonym pierścieniem
wewnętrznym (71)
z obustronnie poszerzonym pierścieniem
wewnętrznym (72)



73



74

z mimośrodowym pierścieniem mocującym
z jednostronnie poszerzonym pierścieniem
wewnętrznym (73)
z obustronnie poszerzonym pierścieniem
wewnętrznym (74)



75

z otworem stożkowym
z obustronnie poszerzonym pierścieniem
wewnętrznym (75)
do montażu na tulei wciąganej



76

ze standardowym pierścieniem wewnętrznym
osadzone na wale z pasowaniem ciasnym (76)



77

z otworem sześciokątnym (77)

System oznaczania łożysk tocznych

Oznaczenia podstawowe

Wszystkie standardowe łożyska SKF mają charakterystyczne oznaczenie podstawowe, składające się zwykle z 3, 4 lub 5 cyfr albo kombinacji liter i cyfr. Konstrukcja systemu oznaczeń stosowanego do prawie wszystkich standardowych łożysk kulkowych i wałeczkowych została przedstawiona schematycznie na **wykresie 1**. Znaczenie cyfr oraz kombinacji liter i cyfr jest następujące:

- Pierwsza cyfra lub litera, lub kombinacja liter określają rodzaj łożyska i wariant podstawowy wykonania.
- Kolejne dwie cyfry określają grupę wymiarową wg ISO; pierwsza cyfra oznacza ciąg szerokości lub wysokości (odpowiednio wymiary B, T lub H), a druga cyfra ciąg średnic zewnętrznych (wymiar D).
- Ostatnie dwie cyfry oznaczenia podstawowego podają zakodowany rozmiar łożyska; mnożąc je przez 5 otrzymujemy wielkość średnicy wewnętrznej (otworu) w milimetrach.

Najważniejsze odstępstwa od systemu oznaczeń podstawowych są wymienione poniżej.

- 1 W niektórych wypadkach pierwsza cyfra oznaczająca rodzaj łożyska i/lub pierwsza cyfra grupy wymiarowej są pomijane. W zestawieniu na **wykresie 1** cyfry te zostały ujęte w nawiasach.
- 2 Kody oznaczeń rozmiaru łożysk o średnicy otworu 10, 12, 15 i 17 mm są następujące:
00 = 10 mm
01 = 12 mm
02 = 15 mm
03 = 17 mm
- 3 Dla łożysk o średnicy otworu mniejszej niż 10 mm albo większej lub równej 500 mm, średnica otworu jest zwykle podawana bezpośrednio w milimetrach. Liczba określająca rozmiar łożyska jest oddzielona od reszty oznaczenia ukośnikiem, np. 618/8 ($d = 8$ mm) lub 511/530 ($d = 530$ mm). Zasada ta dotyczy także standardowych łożysk zgodnych z ISO 15:1998, których średnica otworu wynosi 22, 28 lub 32 mm, np. 62/22 ($d = 22$ mm).

- 4 W przypadku niektórych rodzajów małych łożysk o średnicy otworu poniżej 10 mm, takich jak łożyska kulkowe zwykłe, łożyska kulkowe wahlowe lub łożyska kulkowe skośne, średnica otworu jest także podawana bezpośrednio w milimetrach bez oddzielenia ukośnikiem od oznaczenia grupy wymiarowej, np. 629 lub 129 ($d = 9$ mm).
- 5 Średnice otworów łożysk odbiegające od standardowego ciągu średnic wewnętrznych są zawsze podawane bezpośrednio w milimetrach z dokładnością do 3 cyfr po przecinku. Określenie średnicy otworu jest wówczas częścią oznaczenia podstawowego i oddzielamy je ukośnikiem od oznaczenia grupy wymiarowej, np. 6202/15.875 (łożysko 6202 ze specjalnym otworem $d = 15,875$ mm = $\frac{5}{8}$ cala).

Oznaczenia serii łożyska

Każde standardowe łożysko należy do pewnej serii, którą można określić usuwając z oznaczenia podstawowego część określającą rozmiar łożyska. Oznaczenie łożyska często zawiera przyrostek A, B, C, D lub E albo kombinacje tych liter np. CS. Przyrostek ten służy do określenia różnic w wewnętrznej konstrukcji łożyska, np. kąta działania.

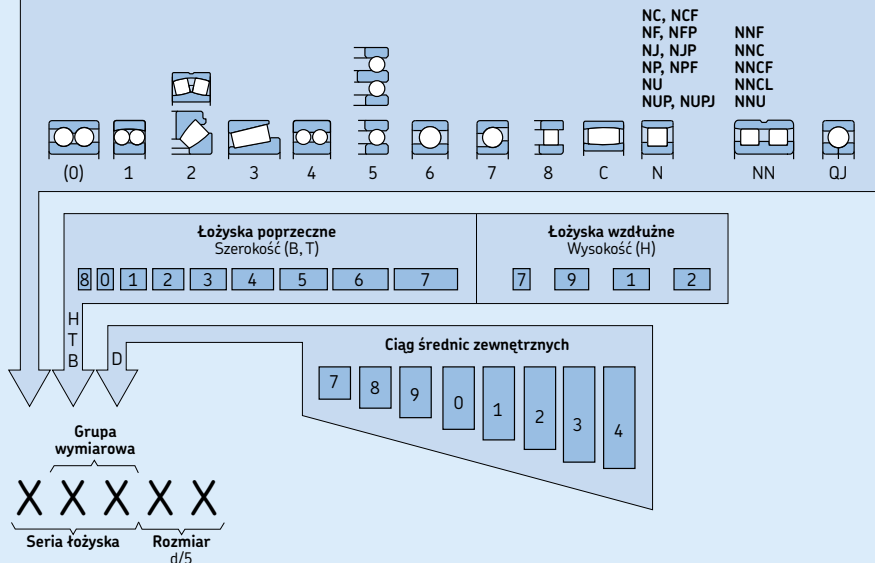
Oznaczenia najczęściej spotykanych serii łożysk zostały przedstawione na **wykresie 1** nad symbolami różnych rodzajów łożysk. Cyfry podane w nawiasach są pomijane przy oznaczaniu serii łożyska.

System oznaczeń dla standardowych metrycznych kulkowych i wałeczkowych łożysk SKF

Serie łożysk

0203	0232	0233	0234	0235	0236	0237	0238	0239	0240	0241	0242	0243	0244	0245	0246	0247	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0254	0255	0256	0257	0258	0259	0260	0261	0262	0263	0264	0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271	0272	0273	0274	0275	0276	0277	0278	0279	0280	0281	0282	0283	0284	0285	0286	0287	0288	0289	0290	0291	0292	0293	0294	0295	0296	0297	0298	0299	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	0319	0320	0321	0322	0323	0324	0325	0326	0327	0328	0329	0330	0331	0332	0333	0334	0335	0336	0337	0338	0339	0340	0341	0342	0343	0344	0345	0346	0347	0348	0349	0350	0351	0352	0353	0354	0355	0356	0357	0358	0359	0360	0361	0362	0363	0364	0365	0366	0367	0368	0369	0370	0371	0372	0373	0374	0375	0376	0377	0378	0379	0380	0381	0382	0383	0384	0385	0386	0387	0388	0389	0390	0391	0392	0393	0394	0395	0396	0397	0398	0399	0400	0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408	0409	0410	0411	0412	0413	0414	0415	0416	0417	0418	0419	0420	0421	0422	0423	0424	0425	0426	0427	0428	0429	0430	0431	0432	0433	0434	0435	0436	0437	0438	0439	0440	0441	0442	0443	0444	0445	0446	0447	0448	0449	0450	0451	0452	0453	0454	0455	0456	0457	0458	0459	0460	0461	0462	0463	0464	0465	0466	0467	0468	0469	0470	0471	0472	0473	0474	0475	0476	0477	0478	0479	0480	0481	0482	0483	0484	0485	0486	0487	0488	0489	0490	0491	0492	0493	0494	0495	0496	0497	0498	0499	0500	0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508	0509	0510	0511	0512	0513	0514	0515	0516	0517	0518	0519	0520	0521	0522	0523	0524	0525	0526	0527	0528	0529	0530	0531	0532	0533	0534	0535	0536	0537	0538	0539	0540	0541	0542	0543	0544	0545	0546	0547	0548	0549	0550	0551	0552	0553	0554	0555	0556	0557	0558	0559	0560	0561	0562	0563	0564	0565	0566	0567	0568	0569	0570	0571	0572	0573	0574	0575	0576	0577	0578	0579	0580	0581	0582	0583	0584	0585	0586	0587	0588	0589	0590	0591	0592	0593	0594	0595	0596	0597	0598	0599	0600	0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607	0608	0609	0610	0611	0612	0613	0614	0615	0616	0617	0618	0619	0620	0621	0622	0623	0624	0625	0626	0627	0628	0629	0630	0631	0632	0633	0634	0635	0636	0637	0638	0639	0640	0641	0642	0643	0644	0645	0646	0647	0648	0649	0650	0651	0652	0653	0654	0655	0656	0657	0658	0659	0660	0661	0662	0663	0664	0665	0666	0667	0668	0669	0670	0671	0672	0673	0674	0675	0676	0677	0678	0679	0680	0681	0682	0683	0684	0685	0686	0687	0688	0689	0690	0691	0692	0693	0694	0695	0696	0697	0698	0699	0700	0701	0702	0703	0704	0705	0706	0707	0708	0709	0710	0711	0712	0713	0714	0715	0716	0717	0718	0719	0720	0721	0722	0723	0724	0725	0726	0727	0728	0729	0730	0731	0732	0733	0734	0735	0736	0737	0738	0739	0740	0741	0742	0743	0744	0745	0746	0747	0748	0749	0750	0751	0752	0753	0754	0755	0756	0757	0758	0759	0760	0761	0762	0763	0764	0765	0766	0767	0768	0769	0770	0771	0772	0773	0774	0775	0776	0777	0778	0779	0780	0781	0782	0783	0784	0785	0786	0787	0788	0789	0790	0791	0792	0793	0794	0795	0796	0797	0798	0799	0800	0801	0802	0803	0804	0805	0806	0807	0808	0809	0810	0811	0812	0813	0814	0815	0816	0817	0818	0819	0820	0821	0822	0823	0824	0825	0826	0827	0828	0829	0830	0831	0832	0833	0834	0835	0836	0837	0838	0839	0840	0841	0842	0843	0844	0845	0846	0847	0848	0849	0850	0851	0852	0853	0854	0855	0856	0857	0858	0859	0860	0861	0862	0863	0864	0865	0866	0867	0868	0869	0870	0871	0872	0873	0874	0875	0876	0877	0878	0879	0880	0881	0882	0883	0884	0885	0886	0887	0888	0889	0890	0891	0892	0893	0894	0895	0896	0897	0898	0899	0900	0901	0902	0903	0904	0905	0906	0907	0908	0909	0910	0911	0912	0913	0914	0915	0916	0917	0918	0919	0920	0921	0922	0923	0924	0925	0926	0927	0928	0929	0930	0931	0932	0933	0934	0935	0936	0937	0938	0939	0940	0941	0942	0943	0944	0945	0946	0947	0948	0949	0950	0951	0952	0953	0954	0955	0956	0957	0958	0959	0960	0961	0962	0963	0964	0965	0966	0967	0968	0969	0970	0971	0972	0973	0974	0975	0976	0977	0978	0979	0980	0981	0982	0983	0984	0985	0986	0987	0988	0989	0990	0991	0992	0993	0994	0995	0996	0997	0998	0999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	126
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Rodzaj łożyska



Kod	Rodzaj łożyska	Kod	Rodzaj łożyska	Kod	Rodzaj łożyska
0	łożysko kulkowe skośne dwurzędowe	7	łożysko kulkowe skośne	QJ	łożysko kulkowe skośne
1	łożysko kulkowe wahlowe		jednorzędowe		jednorzędowe dwukierunkowe
2	łożysko barytkowe, łożysko	8	łożysko walcowe wzdłużne	T	łożysko stożkowe zgodne z normą
	barytkowe wzdłużne	C	łożysko toroidalne CARB		ISO 355-2007
3	łożysko stożkowe	N	łożysko walcowe. Dwie lub więcej		
4	łożysko kulkowe zwykłe dwurzędowe		liter jest używanych do określenia		
5	łożysko kulkowe wzdłużne		liczby rzędów wałeczków lub układu		
6	łożysko kulkowe zwykłe		obrzeży pierścieni łożyska np. NJ, NU,		
	jednorzędowe		NUP, NN, NNU, NNCF itp.		

Przyrostki oznaczeń

Przyrostki są stosowane do oznaczenia odmian, konstrukcyjnych, wykonń lub właściwości łożysk, które różnią się w pewien sposób od wykonania pierwotnego lub od bieżącego rozwiązania standardowego. Niektóre z najczęściej stosowanych przyrostków zostały wymienione poniżej.

CN	Luz wewnętrzny normalny; przyrostek zwykle stosowany z dodatkową literą określającą zawężony lub przesunięty zakres luzu
CS	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska
2CS	Uszczelnienie stykowe CS z obu stron łożyska
CS2	Uszczelnienie stykowe z kauczuku fluorowego (FKM) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska
2CS2	Uszczelnienie stykowe CS2 z obu stron łożyska
CS5	Uszczelnienie stykowe z uwodornionego kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (HNBR) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska
2CS5	Uszczelnienie stykowe CS5 z obu stron łożyska
C1	Luz wewnętrzny łożyska mniejszy niż C2
C2	Luz wewnętrzny łożyska mniejszy niż normalny (CN)
C3	Luz wewnętrzny łożyska większy niż normalny (CN)
C4	Luz wewnętrzny łożyska większy niż C3
C5	Luz wewnętrzny łożyska większy niż C4
F	Wytwarzany obróbką skrawaniem koszyk ze stali lub specjalnego żeliwa, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych
FA	Wytwarzany obróbką skrawaniem koszyk ze stali lub specjalnego żeliwa, środkowany (prowadzony) na pierścieniu zewnętrznym
FB	Wytwarzany obróbką skrawaniem koszyk ze stali lub specjalnego żeliwa, środkowany (prowadzony) na pierścieniu wewnętrznym

G..	Wypełnienie smarem. Druga litera określa zakres temperatury roboczej smaru, a trzecia litera oznacza stosowany smar. Cyfra występująca po trzyliterowym kodzie smaru oznacza, że stopień wypełnienia smarem wolnej przestrzeni łożyska różni się od normalnego: cyfry 1, 2 i 3 oznaczają mniejszą niż normalna ilość smaru, a cyfry od 4 do 9 większą ilość smaru.
H	Tłoczony koszyk stalowy
HT	Wypełnienie smarem do pracy w wysokich temperaturach. HT lub dwucyfrowa liczba występująca po HT określają stosowany smar. Stopień wypełnienia inny niż normalny określa litera lub kombinacja litery i cyfry występująca po oznaczeniu HTxx.
J	Tłoczony koszyk stalowy, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych, niehartowany
K	Otwór stożkowy, zbieżność 1:12
K30	Otwór stożkowy, zbieżność 1:30
LHT	Wypełnienie smarem do pracy w niskich i wysokich temperaturach. LHT lub dwucyfrowa liczba występująca po LHT określają stosowany smar. Stopień wypełnienia inny niż normalny określa litera lub kombinacja litery i cyfry występująca po oznaczeniu LHTxx.
LS	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) lub poliuretanu (AU) wzmocnione blachą stalową lub bez wzmocnienia, z jednej strony łożyska
2LS	Uszczelnienie stykowe LS z obu stron łożyska
LT	Wypełnienie smarem do pracy w niskich temperaturach. LT lub dwucyfrowa liczba występująca po LT określają stosowany smar. Stopień wypełnienia inny niż normalny określa litera lub kombinacja litery i cyfry występująca po oznaczeniu LTxx.
M	Wytwarzany obróbką skrawaniem koszyk mosiężny, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych
MA	Wytwarzany obróbką skrawaniem koszyk mosiężny, środkowany (prowadzony) na pierścieniu zewnętrznym

MB	Wytwarzany obróbką skrawaniem koszyk mosiężny, środkowany (prowadzony) na pierścieniu wewnętrznym	RS1Z	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR), wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska, a z drugiej strony blaszka ochronna
ML	Wytwarzany obróbką skrawaniem jednoczęściowy koszyk mosiężny typu klatkowego, środkowany (prowadzony) na pierścieniu wewnętrznym lub zewnętrznym	RS2	Uszczelnienie stykowe z kauczuku fluorowego (FKM), wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska
MT	Wypełnienie smarem do pracy w średnich temperaturach. MT lub dwucyfrowa liczba występująca po LT określają stosowany smar. Stopień wypełnienia inny niż normalny określa litera lub kombinacja litery i cyfry występująca po oznaczeniu MTxx.	2RS2	Uszczelnienie stykowe RS2 z obu stron łożyska
N	Rowek na pierścień osadczy na pierścieniu zewnętrznym łożyska	RZ	Uszczelnienie bezstykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska
NR	Rowek na pierścień osadczy na pierścieniu zewnętrznym łożyska z pierścieniem osadczym sprężynującym	2RZ	Uszczelnienie bezstykowe RZ z obu stron łożyska
P	Formowany wtryskowo koszyk z poliamidu 6,6 wzmocnionego włóknem szklanym, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych	TN	Formowany wtryskowo koszyk z poliamidu 6,6, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych
PHA	Formowany wtryskowo koszyk z polieteroeroketonu (PEEK) wzmocnionego włóknem szklanym, środkowany (prowadzony) na pierścieniu zewnętrznym	TNH	Formowany wtryskowo koszyk z polieteroeroketonu (PEEK) wzmocnionego włóknem szklanym, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych
RS	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR), z wzmocnieniem z blachy stalowej lub bez, z jednej strony łożyska	TN9	Formowany wtryskowo koszyk z poliamidu 6,6 wzmocnionego włóknem szklanym, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych
2RS	Uszczelnienie stykowe RS z obu stron łożyska	V	Łożysko z pełną liczbą elementów tocznych (bez koszyka)
RSH	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska	WT	Wypełnienie smarem do pracy w szerokim zakresie temperatur. WT lub dwucyfrowa liczba występująca po WT określają stosowany smar. Stopień wypełnienia inny niż normalny określa litera lub kombinacja litery i cyfry występująca po oznaczeniu WTxx.
2RSH	Uszczelnienie stykowe RSH z obu stron łożyska	W64	Wypełnienie Solid Oil
RSL	Uszczelnienie stykowe o małym tarciu z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska	Y	Tłoczony koszyk mosiężny, środkowany (prowadzony) na elementach tocznych
2RSL	Uszczelnienie stykowe o małym tarciu RSL z obu stron łożyska	Z	Tłoczona stalowa blaszka ochronna z jednej strony łożyska
RS1	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blachą stalową, z jednej strony łożyska	ZZ	Blaszki ochronne Z z obu stron łożyska
2RS1	Uszczelnienie stykowe RS1 z obu stron łożyska		

Identyfikacja produktów SKF

Identyfikacja łożysk

UWAGA: Aby zminimalizować ryzyko zakupu produktów nieoryginalnych, SKF zaleca zakupy w SKF lub u Autoryzowanego Dystrybutora SKF.

Prawie wszystkie łożyska SKF są znakowane następującymi identyfikatorami na powierzchniach czołowych pierścieni wewnętrznych lub zewnętrznych (→ **ilustr. 5**):

- 1 Znak towarowy SKF
- 2 Kompletne oznaczenie łożyska
- 3 Zakodowana data produkcji
- 4 Kraj, w którym zostało wyprodukowane łożysko

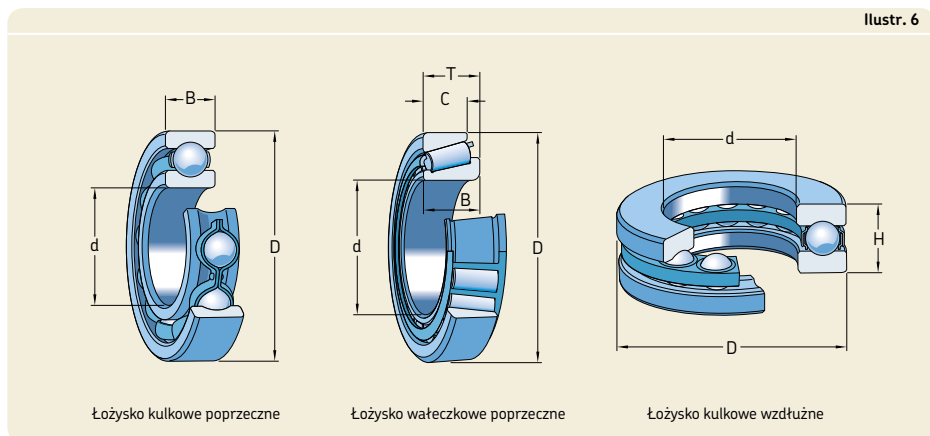
Rodzaj łożyska i jego cechy mogą zostać zidentyfikowane na podstawie oznaczenia łożyska. W zależności od typu łożyska, mogą być na nim umieszczone także inne identyfikatory.

UWAGA: Czasami jedynie część informacji jest umieszczana na jednym pierścieniu łożyska. Na przykład pierścień zewnętrzny łożyska walcowego ze złożeniem wałeczków i koszyka może być oznakowany 3NU20. Te symbole identyfikują pierścień zewnętrzny należący do ciągu średnic 3 łożyska o średnicy otworu 100 mm (20 x 5). Ten pierścień zewnętrzny może zostać skojarzony z pierścieniem wewnętrznym typu NU, NJ lub NUP w celu stworzenia kompletnego łożyska. W takim przypadku pełne oznaczenie łożyska powinno się znajdować na pierścieniu wewnętrznym, np. NJ 320 ECP/C3.



Kompletne oznaczenie jest zawsze wydrukowane na opakowaniu i najczęściej można je znaleźć na rysunkach maszyny lub w specyfikacji urządzenia. Jeżeli nie da się już odczytać oznakowania umieszczonego na łożysku, można zwykle zidentyfikować podstawowe oznaczenie łożyska mierząc jego wymiary główne (→ **ilustr. 6**) i używając *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF*, dostępnego online na stronie www.skf.com.

- 1 Zidentyfikuj rodzaj łożyska (→ *Rodzaje i konstrukcje łożysk tocznych, strona 12*).
- 2 Zmierz średnicę otworu d łożyska.
- 3 Zmierz średnicę zewnętrzną D łożyska
- 4 Zmierz szerokości B , C , T lub wysokość H łożyska.



łożysko kulkowe poprzeczne

łożysko wałeczkowe poprzeczne

łożysko kulkowe wzdłużne

5 Używając funkcji szczegółowego wyszukiwania w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF*, wpisz wymiary główne, aby zidentyfikować możliwe oznaczenie podstawowe łożyska.

UWAGA: W celu określenia kompletnego oznaczenia łożyska należy zidentyfikować rodzaj i materiał koszyka, konstrukcję uszczelnienia i inne widoczne cechy łożyska. W celu uzyskania dodatkowej pomocy skontaktuj się z Autoryzowanym Dystrybutorem SKF lub z działem technicznym SKF.

Identyfikacja opraw dzielonych i zespołów łożyskowych

Wszystkie oprawy dzielone SNL, SONL i SAF mają oznaczenia odlane na części górnej oprawy (→ *ilustr. 7*). Część górna i podstawa każdej oprawy są znakowane niepowtarzalnym numerem seryjnym, co umożliwia uniknięcie pomyślenia elementów, gdy w tym samym czasie montowanych jest wiele opraw.

W przypadku zespołów łożyskowych należy zidentyfikować oddzielnie łożysko i oprawę (oraz inne elementy, jeżeli występują w zespole).

Uszczelnienia na wymianę

Uszczelnienia na wymianę powinny być zgodne w zakresie konstrukcji i materiału z uszczelnieniem stosowanym oryginalnie. Uszczelnienia wykonane z innego materiału niż uszczelnienia wymieniane powinny być używane tylko, gdy jest to absolutnie konieczne.

UWAGA: Przy wymianie uszczelnienia należy dokładnie sprawdzić numer części starego uszczelnienia. Prosty błąd, jak na przykład zastosowanie uszczelnienia ze standardowego kauczuku nitrilowego w celu zamiany identycznego wymiarowo uszczelnienia z bardziej odpornego kauczuku fluorowego może skończyć się nagłym „tajemniczym” uszkodzeniem uszczelnienia.

Trwałość łożysk

Trwałość nominalna podstawowa

Trwałość łożyska tocznego jest definiowana jako liczba obrotów lub liczba godzin pracy przy określonej prędkości obrotowej, którą łożysko może osiągnąć do momentu pojawienia się pierwszych

ilustr. 7



śladów zużycia zmęczeniowego na jednym z pierścieni lub na jednym z elementów tocznych. Ta trwałość może zostać obliczona jako funkcja rodzaju łożyska, obciążenia i prędkości, przy użyciu równania trwałości nominalnej podstawowej

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

lub, gdy prędkość obrotowa jest stała

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

gdzie

L_{10} = trwałość nominalna podstawowa (dla niezawodności 90 %), [miliony obrotów]

L_{10h} = trwałość nominalna podstawowa (dla niezawodności 90 %), [godziny pracy]

C = nominalna nośność dynamiczna, [kN]

P = równoważne obciążenie dynamiczne łożyska, [kN]

n = prędkość obrotowa, [obr/min]

p = wykładnik równania trwałości

= 3 dla łożysk kulkowych

= 10/3 dla łożysk wałeczkowych

Trwałość nominalna wg SKF

W przypadku nowoczesnych łożysk wysokiej jakości trwałość nominalna podstawowa może znacznie odbiegać od rzeczywistej trwałości eksploatacyjnej w określonej aplikacji. Z tego względu norma ISO 281:2007 zawiera, oprócz równania trwałości nominalnej podstawowej, także równanie trwałości zmodyfikowanej.

Podstawy

Równanie trwałości nominalnej wg SKF ma następującą postać

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

lub, gdy prędkość obrotowa jest stała

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 n} L_{nm}$$

gdzie

L_{nm} = trwałość nominalna wg SKF
(dla niezawodności 100 – n¹ %),
[miliony obrotów]

L_{nmh} = trwałość nominalna wg SKF
(dla niezawodności 100 – n¹ %),
[godziny pracy]

L_{10} = trwałość nominalna podstawowa (dla
niezawodności 90 %), [miliony obrotów]

a_1 = współczynnik niezawodności

a_{SKF} = współczynnik modyfikacji trwałości SKF

C = nominalna nośność dynamiczna, [kN]

P = równoważne obciążenie dynamiczne
łożyska, [kN]

n = prędkość obrotowa, [obr/min]

p = wykładnik równania trwałości

= 3 dla łożysk kulkowych

= 10/3 dla łożysk wałeczkowych

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat obliczania trwałości nominalnej wg SKF skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF*, dostępnego online na stronie www.skf.com.

Trwałość eksploatacyjna

Trwałość eksploatacyjna łożyska

Gdy obliczamy trwałość nominalną podstawową łożyska, wynik może znacznie odbiegać od jego trwałości eksploatacyjnej uzyskanej w określonej aplikacji. Trwałość eksploatacyjna, która jest faktyczną trwałością łożyska osiągniętą w rzeczywistych warunkach pracy do momentu jego uszkodzenia (gdy łożysko nie nadaje się już dłużej do użytku), zależy od różnorodnych czynników wpływających obejmujących smarowanie, poziom zanieczyszczenia w otoczeniu łożyska, niewspółosiowość, jakość montażu oraz od warunków pracy takich jak obciążenia, prędkość, temperatura i poziom drgań. Aby uwzględnić te wszystkie

czynniki wpływające, SKF zaleca obliczanie trwałości nominalnej wg SKF, a nie jedynie trwałości nominalnej podstawowej.

Trwałość eksploatacyjna uszczelnienia

Uszczelnienia są stosowane, aby utrzymywać środek smarny w łożysku, a zanieczyszczenia poza łożyskiem. Poprzez takie działanie uszczelnienia chronią także środek smarny przed zanieczyszczeniem i ostatecznie pomagają w osiągnięciu maksymalnej trwałości eksploatacyjnej przez łożysko.

Inaczej niż w przypadku łożysk, trwałości uszczelnienia nie da się obliczyć. Trwałość eksploatacyjna uszczelnienia jest nawet trudniejsza do przewidzenia, ponieważ jest ona prawie całkowicie zależna od warunków pracy, jak również od poziomu zanieczyszczenia w środowisku roboczym, niewspółosiowości wału, procedur montażowych i wystawienia na działanie szkodliwych środków chemicznych takich jak środki czyszczące.

Trwałość eksploatacyjna środka smarnego

W prawie każdym zastosowaniu środek smarny ma znaczący wpływ na trwałość eksploatacyjną łożyska. Z tego powodu wszystkie środki smarne powinny być dopasowane do warunków pracy panujących w danej aplikacji. Czy łożysko jest smarowane smarem plastycznym czy też olejem, skuteczność środka smarnego ulegnie pogorszeniu z upływem czasu z powodu przepracowania mechanicznego, starzenia i osadzania się zanieczyszczeń będących efektem zużycia elementów łożyska i/lub wniknięcia zanieczyszczeń. W rezultacie trwałość eksploatacyjną środka smarnego trudno jest przewidzieć. Jednakże SKF dostarcza wskazówek na temat okresów wymiany środka smarnego i procedur obsługi; są one przedstawione w dalszej części niniejszej publikacji.

Czystość

Zanieczyszczenia mogą niekorzystnie wpłynąć na trwałość eksploatacyjną łożyska i uszczelnienia. Mogą także spowodować skrócenie trwałości użytkowej środka smarnego. Dlatego bardzo ważne jest, aby łożyska toczne były smarowane czystym smarem lub olejem oraz żeby środek smarny był całkowicie zabezpieczony przed wniknięciem zanieczyszczeń za pomocą skutecznego systemu uszczelniającego.

¹) Współczynnik n oznacza prawdopodobieństwo uszkodzenia w procentach, tj. różnicę między wymaganym poziomem niezawodności a 100 %.

Należy dbać o czystość podczas wszystkich czynności związanych z obsługą – od montażu i dosmarowywania po kontrolę i demontaż. Szczegółowe zalecenia w zakresie czystości są przedstawione we właściwych rozdziałach, ale pewne wskazówki ogólne zamieszczono poniżej:

- Trzymaj łożyska w ich oryginalnych opakowaniach, stanowiących właściwą ochronę, aż do momentu montażu.
- Montuj łożyska w miejscu wolnym od zanieczyszczeń, pyłu i wilgoci.
- Używaj profesjonalnych narzędzi do obsługi łożysk.
- Natychmiast usuwaj wycieki smaru plastycznego i oleju.
- Przed czynnością dosmarowania oczyść smarowniczkę oraz zabezpiecz je odpowiednim kołpakiem ochronnym.
- Używaj odpowiednio oznaczonych i czystych pojemników do transportowania i przechowywania środka smarnego. Stosowanie oddzielnych pojemników do każdego rodzaju środka smarnego jest dobrą praktyką i jest bardzo zalecane.
- W przypadku mycia urządzenia strumieniem wody należy kierować strumień daleko od uszczelnień.

UWAGA: Lepiej chronić łożyska przed zanieczyszczeniem niż je myć. Wiele rodzajów łożysk ma budowę nierozłączną i dlatego trudno je umyć.

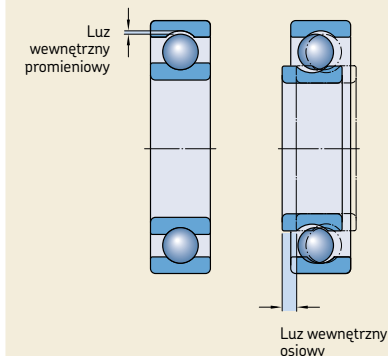
Luz wewnętrzny łożyska

Luz wewnętrzny łożyska jest zdefiniowany jako całkowita odległość na jaką można przesunąć jeden z pierścieni łożyska względem drugiego pierścienia (→ **ilustr. 8**):

- w kierunku promieniowym (luz wewnętrzny promieniowy)
- w kierunku osiowym (luz wewnętrzny osiowy)

Należy rozróżnić między luzem wewnętrznym łożyska przed montażem (→ **Dodatek E**, rozpoczynający się na **stronie 388**), a luzem wewnętrznym łożyska zamontowanego, które osiągnęło temperaturę roboczą (luz roboczy). Początkowy luz wewnętrzny łożyska (przed montażem) jest większy niż luz roboczy, ponieważ na skutek wcisków wynikających z przyję-

ilustr. 8



tego pasowania oraz różnego wydłużenia cieplnego pierścieni łożyska i elementów współpracujących, pierścienie łożyska w temperaturze roboczej ulegają rozszerzeniu lub ściśnięciu.

Dla prawidłowej pracy łożyska zasadnicze znaczenie ma luz promieniowy. Jako ogólne zasady można przyjąć, że:

- W łożyskach kulkowych roboczy luz promieniowy powinien być bliski zera lub łożysko powinno mieć nieznaczne napięcie wstępne.
- W łożyskach walcowych, baryłkowych i toroidalnych CARB zawsze powinien być zachowany podczas pracy pewien niewielki luz wewnętrzny.
- Łożyska stożkowe powinny mieć zawsze pewien niewielki luz roboczy, oprócz układów łożyskowych o wymaganej większej sztywności np. łożyskowania zębniaka, gdzie łożyska są zamontowane z określonym napięciem wstępnym.

UWAGA: Dla innych warunków pracy lub zabudowy, np. gdy oba pierścienie są zamontowane z wciśnięciem albo gdy temperatura robocza znacznie różni się od normalnej, może być konieczne zastosowanie łożyska z luzem wewnętrznym większym lub mniejszym od normalnego. W takich wypadkach SKF zaleca sprawdzić luz wynikowy łożyska po zamontowaniu.

Konstrukcje łożyskowań

Do łożyskowania obracającej się części maszyny, wymagane są zwykle dwa łożyska, w typowym układzie składającym się z jednego węzła łożyskowego ustalającego i jednego swobodnego. W niektórych aplikacjach oba łożyska mają za zadanie ustalić wał w kierunku osiowym. Są to tak zwane łożyskowania nastawne lub dwustronnie ustalone.

Rodzaje łożyskowań

Węzły łożyskowe ustalające i swobodne

Łożyskowania z łożyskiem ustalającym i łożyskiem swobodnym występują najczęściej (→ **ilustr. 9**).

Łożysko w węźle ustalającym, który jest zwykle zlokalizowany po stronie napędu maszyny, podpierają wał promieniowo i ustala jego położenie osiowe w obu kierunkach. Dlatego łożysko musi być zabezpieczone w swoim położeniu zarówno na wale jak i w oprawie. Odpowiednie rodzaje łożysk do węzłów ustalających obejmują:

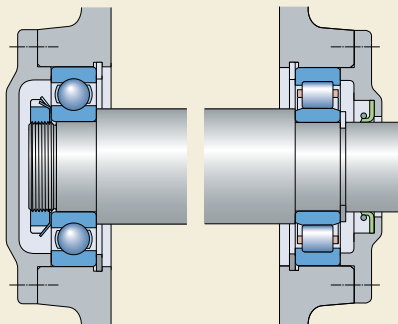
- łożyska kulkowe zwykłe (→ **ilustr. 9**)
- łożyska kulkowe wahliwe
- łożyska baryłkowe (→ **ilustr. 10**, po lewej stronie)
- dwurzędowe lub zastosowane w układzie jednorzędowe łożyska kulkowe skośne
- dopasowane w układzie łożyska stożkowe
- łożyska walcowe (typu NJ i HJ oraz NUP)

Mogą być także stosowane połączenia łożyska poprzecznego, które przenosi obciążenie ściśle promieniowe i łożyska, które przejmuje obciążenie wzdłużne, np. łożysko walcowe typu NU i łożysko kulkowe skośne jednorzędowe dwukierunkowe (→ **ilustr. 11**).

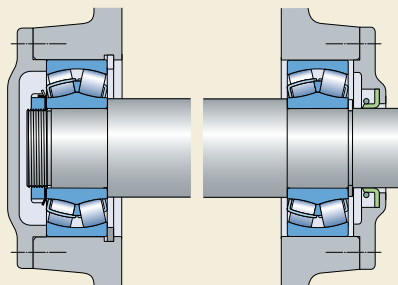
Łożysko w węźle swobodnym zapewnia podparcie promieniowe wału i jeśli to konieczne, kompensuje przemieszczenie wzdłużne wału względem obudowy, wynikające z rozszerzalności cieplnej. Niektóre łożyska mogą przejmować odkształcenie wału wewnątrz łożyska. Standardowe rodzaje łożysk o takich możliwościach obejmują:

- łożyska toroidalne CARB
- łożyska walcowe z obrzeżami tylko na jednym pierścieniu, tj. łożyska typu N i NU

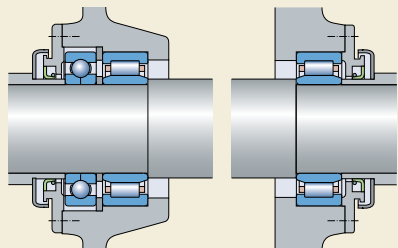
Ilustr. 9



Ilustr. 10



Ilustr. 11



W przypadku innych łożysk stosowanych w węzłach swobodnych przemieszczenie osiowe ma miejsce między jednym z pierścieni łożyska a miejscem jego osadzenia, zazwyczaj między pierścieniem zewnętrznym a otworem oprawy. Odpowiednie rodzaje łożysk do stosowania w węzłach swobodnych obejmują:

- łożyska kulkowe zwykłe
- łożyska kulkowe wahlwe
- łożyska baryłkowe (→ ilustr. 10, po prawej stronie)

Węzły łożyskowe nastawne

W łożyskowaniach nastawnych wał jest ustalony przez jedno z łożysk w położeniu osiowym w jednym kierunku, zaś przez drugie łożysko w kierunku przeciwnym. Ten typ łożyskowania określany także jako dwustronne ustalenie stosowany jest zazwyczaj do krótkich wałów. Wykorzystywane są wtedy wszystkie rodzaje łożysk poprzecznych kulkowych i wałeczkowych, które mogą przejmować również obciążenia osiowe co najmniej w jednym kierunku, jak np.:

- łożyska kulkowe zwykłe
- łożyska kulkowe skośne (→ ilustr. 12)
- łożyska stożkowe

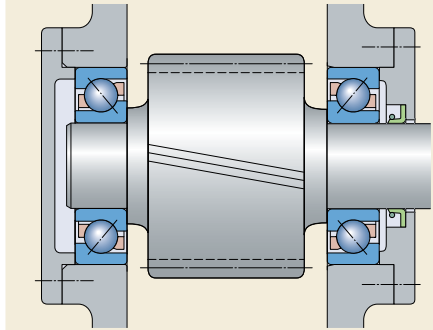
Metody ustalania łożysk

Ustalenie promieniowe łożysk

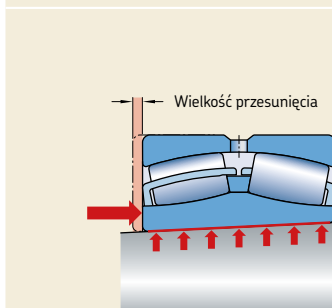
Aby nośność łożyska mogła być w pełni wykorzystana, pierścienie łożyska muszą być podparte na całym ich obwodzie i wzdłuż całej szerokości bieżni.

Ogólnie rzecz biorąc, zadowalające promieniowe osadzenie łożysk i odpowiednie podparcie można zazwyczaj uzyskać tylko przez odpowiednie ciasne pasowanie pierścieni. Nieprawidłowo lub niewystarczająco osadzone pierścienie mogą spowodować uszkodzenie łożyska i współpracujących z nim elementów. W przypadkach, gdy nie można użyć pasowania ciasnego i stosowane jest pasowanie luźne, należy przedsięwziąć środki ograniczające pełzanie pierścienia, gdyż może dojść do zużycia gniazda łożyska na wale lub w oprawie.

Ilustr. 12



Ilustr. 13



UWAGA: Pełzanie jest względnym ruchem między pierścieniem łożyska i jego gniazdem i zazwyczaj występuje, gdy zostało zastosowane niewystarczające pasowanie ciasne dla panujących warunków obciążenia lub gdy nie da się zastosować pasowania z wciskiem.

Dobór pasowania

Łożyska z otworem walcowym

Podczas doboru pasowania dla łożysk z otworem walcowym pierwszą rzeczą jaką należy wziąć pod uwagę jest przypadek obciążenia i obrotu łożyska (→ **tabela 1**). Zasadniczo istnieją trzy różne przypadki:

- Obciążenie wirujące występuje wówczas, gdy pierścień łożyska obraca się, a kierunek obciążenia jest niezmienny (lub gdy pierścień łożyska jest nieruchomy, a obciążenie wiruje względem niego).
- Obciążenie nieruchome (stacjonarne) występuje, gdy pierścień łożyska jest nieruchomy i kierunek obciążenia jest niezmienny (lub gdy pierścień łożyska i obciążenie wirują z taką samą prędkością).

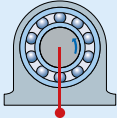
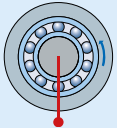
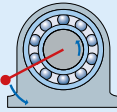
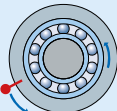
- Kierunek obciążenia nieokreślony odnosi się do sytuacji, gdy występują zmienne obciążenia zewnętrzne, obciążenia udarowe, drgania lub siły od niewyważenia szybko obracających się elementów.

Inne czynniki, które trzeba uwzględnić przy doborze pasowania są wymienione w **tabeli 2**, na **stronach 33 i 34**.

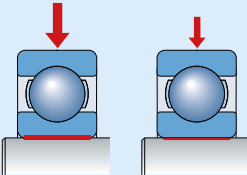
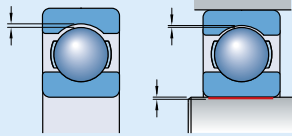
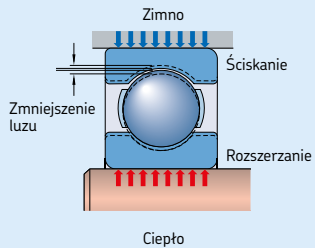
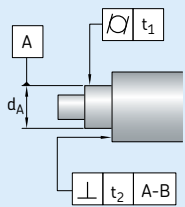
Łożyska z otworem stożkowym

Łożyska z otworem stożkowym są montowane albo bezpośrednio na stożkowym czopie albo za pośrednictwem tulei wciąganej lub wciskanej na czopie cylindrycznym. Wielkość pasowania pierścienia wewnętrznego jest uzależniona od tego, jak daleko pierścień zostanie nasunięty na gniazdo na wale lub na tulei (→ **ilustr. 13, strona 31**).

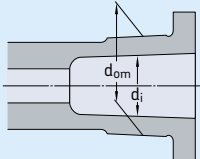
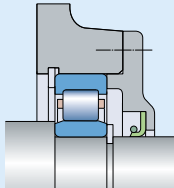
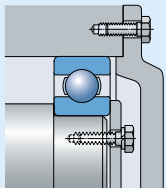
Tabela 1

Przypadki obrotu i obciążenia				
Warunki pracy	Schematyczna ilustracja	Warunki obciążenia	Przykład	Zalecane pasowania
Wirujący pier. wewnętrzny		Obciążenie wirujące względem pier. wewnętrznego	Wały z napędem pasowym	Pierścień wewnętrzny pasowany ciasno
Nieruchomy pier. zewnętrzny		Obciążenie nieruchome względem pier. zewnętrznego		Pierścień zewnętrzny pasowany luźno
Stały kierunek obciążenia				
Nieruchomy pier. wewnętrzny		Obciążenia nieruchome względem pier. wewnętrznego	Krażniki przenośników taśmowych	Pierścień wewnętrzny pasowany luźno
Wirujący pier. zewnętrzny		Obciążenie wirujące względem pier. zewnętrznego	Piasty kół samochodowych	Pierścień zewnętrzny pasowany ciasno
Stały kierunek obciążenia				
Wirujący pier. wewnętrzny		Obciążenie nieruchome względem pier. wewnętrznego	Aplikacje, gdzie występują drgania	Pierścień zewnętrzny pasowany ciasno
Nieruchomy pier. zewnętrzny		Obciążenie wirujące względem pier. zewnętrznego	Przesiewacze wibracyjne i ich silniki	Pierścień wewnętrzny pasowany luźno
Obciążenie wiruje razem z pier. wewnętrznym				
Nieruchomy pier. wewnętrzny		Obciążenie wirujące względem pier. wewnętrznego	Kruszarka stożkowa	Pierścień wewnętrzny pasowany ciasno
Wirujący pier. zewnętrzny		Obciążenie nieruchome względem pier. zewnętrznego	(Napędy karuzeli)	Pierścień zewnętrzny pasowany luźno
Obciążenie wiruje razem z pier. zewnętrznym				

Czynniki, które należy uwzględnić przy doborze pasowania

Czynniki	Sytuacja	Wytyczne
Wielkość obciążenia 	Łożyska poddawane działaniu wysokich obciążeń mają większą tendencję to pełzania niż łożyska narażone na lekkie obciążenia.	Aby zapobiec pełzaniu wybierz ciśniejsze pasowanie dla łożysk narażonych na większe obciążenia. Należy wziąć pod uwagę także obciążenia udarowe Wielkość obciążenia jest zdefiniowana jako: $P \leq 0,05 C$ – obciążenie lekkie $0,05 C < P \leq 0,1 C$ – obciążenie normalne $0,1 C < P \leq 0,15 C$ – obciążenie wysokie $P > 0,15 C$ – obciążenie bardzo wysokie
Luz wewnętrzny łożyska  Luz przed montażem Luz po montażu	Im ciśniejsze pasowanie tym większa redukcja wstępnego luzu wewnętrznego łożyska po montażu.	Gdy stosowane są pasowania ciasne, może być konieczne zastosowanie łożysk o luzie wewnętrznym promieniowym większym niż normalny.
Różnice temperatur  Zmniejszenie luzu Zimno Ściskanie Rozszerzanie Ciepło	Podczas pracy pierścień zewnętrzny ma często niższą temperaturę niż pierścień wewnętrzny, czego skutkiem jest zmniejszenie luzu wewnętrznego łożyska.	W zależności od (oczekiwanych) temperatur pracy elementów, może być konieczne zastosowanie łożysk o luzie wewnętrznym promieniowym większym niż normalny.
Wymagania względem dokładności obrotu  A t_1 d_A t_2 A-B	Przy wysokich wymaganiach dotyczących dokładności obrotu nie powinno się stosować pasowania luźnego, gdyż łożyska osadzone z pasowaniem luźnym są podatne na drgania.	Gdy stawiane są wysokie wymagania odnośnie dokładności obrotu, wybierz pasowania odpowiadające przynajmniej klasie tolerancji IT5 dla wału i klasie tolerancji IT6 dla oprawy. Aby zmniejszyć bicie i drgania stosuj pasowania ciasne.

Czynniki, które należy uwzględnić przy doborze pasowania

Czynniki	Sytuacja	Wytczne
Konstrukcja oraz materiał wału i oprawy	 Pasowania mogą być mniej skuteczne dla wałów drążonych lub cienkościennych opraw. Niedostateczne podparcie łożyska w miejscu osadzenia, np. w oprawie dzielonej, może odkształcić pierścień łożyska powodując jego zowalizowanie. Rodzaj materiału zastosowanego na gniazdo łożyska, jeśli nie jest to stal łożyskowa, wpłynie na dobór pasowania z powodu różnych współczynników rozszerzalności cieplnej.	Wybierz ciaśniejsze pasowanie niż normalne pasowanie ciasne dla łożysk montowanych w oprawach cienkościennych lub oprawach wykonanych z lekkich metali albo na wałach drążonych. Oprawy dzielone nie są odpowiednie w przypadku stosowania bardzo ciasnych pasowań. Dla tych opraw SKF zaleca pola tolerancji G lub H (lub co najwyżej K).
Łatwość montażu i demontażu	 Łożyska pasowane luźno łatwiej jest montować i demontować niż łożyska pasowane ciasno.	Jeżeli warunki pracy wymagają zastosowania ciasnego pasowania i przy tym konieczna jest łatwość montażu i demontażu, zaleca się wówczas stosowanie łożysk rozłącznych lub łożysk z otworem stożkowym. Łożyska z otworem stożkowym można montować bezpośrednio na wale z czopem stożkowym albo za pomocą tulei wciąganej lub wciskanej na wale z czopem walcowym.
Przemieszczenie łożyska swobodnego	 Niektóre łożyska mogą kompensować przemieszczenie osiowe wewnątrz samego łożyska, tak jak łożyska walcowe z jednym pierścieniem bez obrzeży, łożyska igiełkowe lub łożyska toroidalne CARB.	Gdy jako łożysko swobodne stosowane jest łożysko, które nie może kompensować przemieszczenia osiowego wewnątrz samego łożyska, należy zapewnić mu możliwość przesuwu w kierunku osiowym, tj. zastosować luźne pasowanie pierścienia, który przenosi obciążenie nieruchome.

Zalecane pasowania i tolerancje

Tolerancje średnicy otworu i średnicy zewnętrznej łożysk tocznych są znormalizowane w skali międzynarodowej. Dla uzyskania odpowiedniego pasowania łożysk tocznych należy wziąć pod uwagę ograniczoną ilość klas tolerancji ISO odpowiednio miejsc osadzeń na wałach i w oprawach. Położenia najczęściej stosowanych pól tolerancji w stosunku do pola tolerancji średnicy otworu łożyska i do pola tolerancji średnicy zewnętrznej łożyska zostały przedstawione na **ilustr. 14**.

UWAGA: Każda klasa tolerancji ISO jest oznaczana za pomocą litery i liczby. Litera (małe litery dla średnic wałów i wielkie litery dla otworów opraw) określa położenie pola tolerancji w stosunku do wymiaru nominalnego. Liczba informuje o wielkości pola tolerancji.

Wytyczne doboru pasowań dla pełnych wałów stalowych oraz dla opraw żeliwnych i stalowych są podane w **Dodatk A**, rozpoczynającym się na **stronie 334**. Odpowiednie wartości tolerancji dla miejsc osadzeń łożysk tocznych na wałach i w oprawach są przedstawione w **Dodatk B**, rozpoczynającym się na **stronie 338**.

Jeżeli łożyska są montowane z pasowaniem ciasnym na wałach drażonych, generalnie należy stosować ciśniejsze pasowanie niż

w przypadku wałów pełnych w celu uzyskania takich samych nacisków powierzchniowych między pierścieniem wewnętrznym a miejscem osadzenia na wale. W celu uzyskania dodatkowych informacji skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

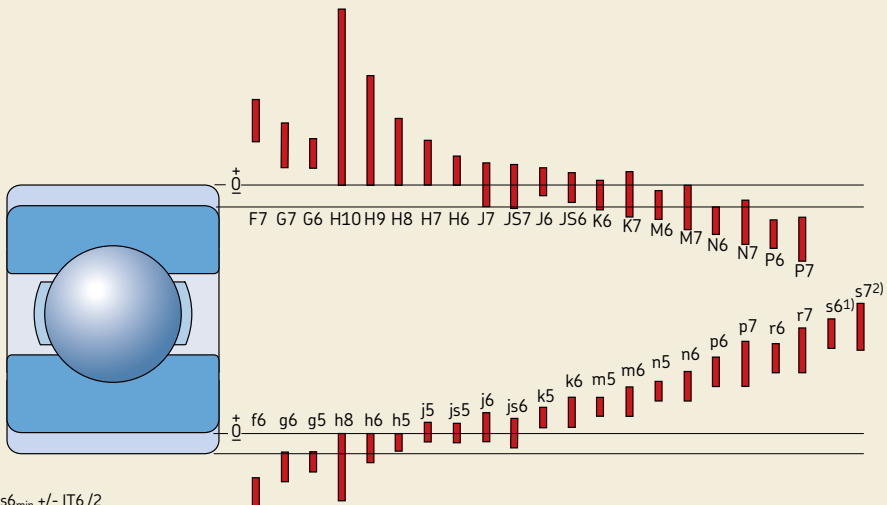
Wymagania odnośnie dokładności wymiarów, kształtu i obrotu

Dokładność walcowych osadzeń łożysk na wałach i w otworach opraw powinna odpowiadać dokładności zastosowanego łożyska. Poniżej podano wytyczne SKF w zakresie dokładności wymiarów, kształtu i obrotu, które powinny być zachowane przy obróbce gniazd łożysk i występów oporowych.

Dokładność wymiarów

Dla łożysk wykonanych w normalnej klasie dokładności maksymalne odchyłki wymiarów walcowych osadzeń na wale powinny odpowiadać co najmniej klasie tolerancji IT6, a w oprawie – co najmniej klasie 7. W przypadku montażu łożysk za pomocą tulei wciąganych lub wciskanych dopuszczalne są dla osadzenia tulei większe tolerancje średnicy (klasa tolerancji IT9) niż dla osadzeń łożysk (→ **Dodatek B-7**, na **stronie 384**).

Ilustr. 14



Wartości tolerancji dla znormalizowanych klas tolerancji IT zostały podane w **Dodatku C**, na **stronie 385**.

W odniesieniu do łożysk o wyższej klasie dokładności należy stosować odpowiednio dokładniejsze klasy tolerancji.

Tolerancje walcowości

Tolerancja walcowości t_1 miejsca osadzenia łożyska powinna odpowiadać klasie dokładniejszej o 1 do 2 klas IT niż zalecana tolerancja wymiarowa, zależnie od wymagań. Przykładowo, jeżeli czop wału pod łożysko został obrobiony w polu tolerancji m6, wówczas dokładność kształtu powinna odpowiadać klasie IT5 lub IT4. Wartość tolerancji walcowości t_1 otrzymuje się w tym przypadku przy założonej średnicy wału 150 mm z zależności $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \mu\text{m}$. Ze względu na to, że tolerancja t_1 dotyczy promienia, wielkość $2 \times t_1$ odnosi się do średnicy wału. Wartości wytyczne dla tolerancji walcowości (oraz tolerancji bicia promieniowego całkowitego t_3) dla miejsc osadzenia łożysk podano w **Dodatku D-1**, na **stronie 386**.

Jeśli łożysko jest montowane na wale za pomocą tulei wciąganej lub wciskanej, tolerancja walcowości miejsca osadzenia tulei powinna wynosić IT5/2 (dla klasy tolerancji h9) (**→ Dodatek B-7, strona 384**).

Tolerancje prostopadłości

Powierzchnie przylegania występów oporowych do pierścieni łożysk powinny mieć tolerancję prostopadłości zacieśnioną co najmniej o jedną klasę IT w stosunku do tolerancji średnicy przylegającego osadzenia walcowego. Dla miejsc osadzenia pierścieni łożyska wzdłużnego tolerancja prostopadłości nie powinna przekraczać wartości odpowiadającej IT5. Zalecane wartości tolerancji prostopadłości t_2 (oraz bicia osiowego całkowitego t_4) są podane w **Dodatku D-1**, na **stronie 386**.

Chropowość powierzchni miejsc osadzenia łożysk

Chropowość powierzchni osadzenia łożysk nie ma aż tak dużego wpływu na prawidłową pracę łożyska, jak dokładność wymiarów, kształtu i obrotu. Jednakże gładkość współpracujących powierzchni będzie miała bezpośredni wpływ na dokładność pasowania ciasnego. W odniesieniu do łożyskowań, którym stawiane są wysokie wymagania w zakresie dokładności,

wytyczne wartości dla parametru chropowatości R_a są podane w **Dodatku D-2**, na **stronie 387**. Zalecenia te odnoszą się do szlifowanych powierzchni osadzenia.

UWAGA: W przypadku miejsc osadzenia łożysk obrabianych poprzez dokładne toczenie chropowość powinna być jedną lub dwie klasy wyższa niż w przypadku gniazd szlifowanych. Dla mniej odpowiedzialnych łożyskowań dopuszczalna jest stosunkowo wysoka chropowość miejsc osadzenia łożysk.

Ustalenie osiowe łożysk

Na ogół samo ciasne pasowanie nie wystarcza, aby ustalić pierścienie łożyska w kierunku osiowym. Z reguły wymagane jest dodatkowe zabezpieczenie osiowe.

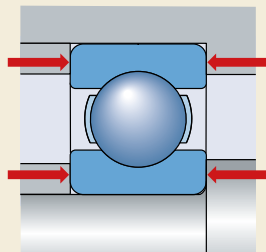
W przypadku łożysk ustalających obydwa pierścienie powinny być zabezpieczone osiowo w obu kierunkach (→ **ilustr. 15**).

W przypadku łożysk swobodnych ustalenie osiowe jest uzależnione od konstrukcji łożyska w następujący sposób:

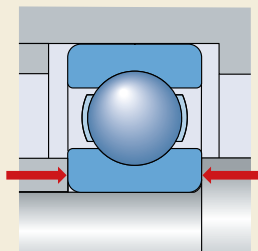
- Dla łożysk nierozłącznych pierścieni o ciśniejszym pasowaniu (z reguły jest nim pierścień wewnętrzny) powinien być zamocowany w kierunku osiowym; drugi pierścień musi mieć możliwość przesuwu osiowego w miejscu swojego osadzenia (→ **ilustr. 16**).
- Dla łożysk swobodnych o konstrukcji rozłącznej, np. łożysk walcowych, obydwa pierścienie łożyska powinny być ustalone w kierunku osiowym (→ **ilustr. 17**).
- Dla łożysk CARB, obydwa pierścienie powinny być ustalone osiowo.

Dla węzłów łożyskowych nastawnych, (dwustronnie ustalonych), wystarczy ustalić osiowo pierścienie łożysk tylko z jednej strony (→ **ilustr. 18, strona 38**).

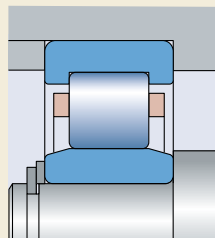
Ilustr. 15



Ilustr. 16



Ilustr. 17



Wymiary występów oporowych i zaokrągleń przejścia

Wymiary kołnierzy wału i oprawy, tulei dystansowych i pokryw muszą zapewniać odpowiednie oparcie pierścieniom łożyskowym, tak aby między wirującymi częściami łożyska a elementem nieruchomym nie było styku.

Przejście między miejscem osadzenia łożyska a kołnierzem wału lub oprawy może mieć postać zwykłego promienia zaokrąglenia lub zostać wykonane w postaci zagłębienia wynikającego z podtoczenia. Odpowiednie wymiary zaokrągleń przejścia są podane w **Dodatku D-3**, na **stronie 387**. Im większy promień zaokrąglenia przejścia (dla gładkiego zarysu), tym korzystniejszy rozkład naprężeń w miejscu przejścia na wale.

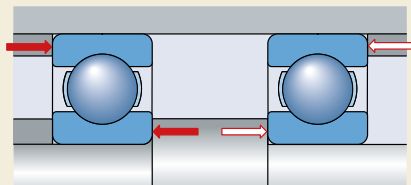
Dlatego też dla wałów mocno obciążonych wymagany jest zwykle duży promień zaokrąglenia przejścia. W takich przypadkach pomiędzy pierścieniem wewnętrznym a kołnierzem wału należy założyć pierścień dystansowy, aby zapewnić odpowiednio dużą powierzchnię oparcia dla pierścienia łożyskowego. Powierzchnia boczna pierścienia dystansowego od strony kołnierza wału musi mieć odpowiednie podcięcie, aby pierścień nie stykał się z zaokrągleniem przejścia wału (→ **ilustr. 19**).

Łożyska toroidalne CARB

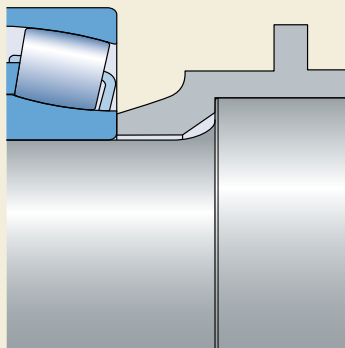
Łożyska toroidalne CARB mogą kompensować osiowe wydłużenie wału w obrębie łożyska. Aby upewnić się, że takie przesunięcia osiowe wału względem oprawy mogą mieć miejsce, należy koniecznie pozostawić wolną przestrzeń po obu stronach łożyska (→ **ilustr. 20**).

Aby obliczyć wymaganą szerokość występu oporowego, skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

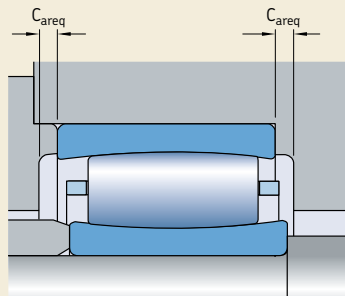
Ilustr. 18



Ilustr. 19



Ilustr. 20



Konstrukcje uszczelnień

Skuteczność działania uszczelnienia ma zasadnicze znaczenie dla czystości środka smarnego i trwałości eksploatacyjnej łożysk. W przypadku uszczelnień łożysk tocznych występuje rozróżnienie na uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem oraz uszczelnienia oddzielne, znajdujące się na zewnątrz łożyska.

Uszczelnienia zewnętrzne

Istnieją dwie szerokie kategorie uszczelnień zewnętrznych:

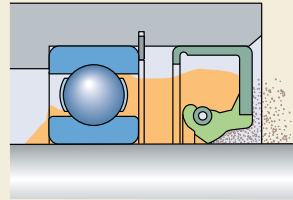
- uszczelnienia stykowe
- uszczelnienia bezstykowe

Uszczelnienia stykające się z powierzchniami nieruchomymi są nazywane statycznymi, a ich skuteczność zależy od odkształcenia przekroju uszczelnienia w kierunku osiowym lub promieniowym podczas montażu. Przykładami uszczelnień statycznych są uszczelki płaskie i pierścienie uszczelniające o przekroju okrągłym (oringi). Uszczelnienia stykające się z powierzchniami ślizgowymi nazywane są dynamicznymi i stosowane są do uszczelniania przejść między elementem nieruchomym np. oprawą a elementem wirującym, zazwyczaj wałem. Te uszczelnienia dynamiczne mają za zadanie zatrzymać środek smarny w węźle łożyskowym i nie przepuszczać zanieczyszczeń do wnętrza wężła (→ **ilustr. 21**).

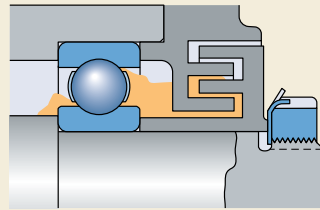
Najczęściej stosowanym uszczelnieniem jest uszczelnienie promieniowe wału. Inne rodzaje uszczelnień obejmują pierścienie uszczelniające typu V i uszczelnienia filcowe.

UWAGA: Jeżeli główną funkcją uszczelnienia promieniowego wału jest utrzymywanie środka smarnego, uszczelnienie powinno być zamontowane wargą uszczelniającą skierowaną w stronę środka smarnego, tj. do wewnątrz. Gdy podstawowym zadaniem jest ochrona przed zanieczyszczeniami, wargą uszczelniającą powinna być zwrócona w stronę zanieczyszczeń, tj. być skierowana na zewnątrz.

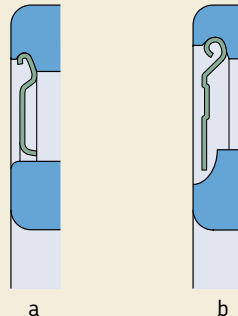
Bezstykowe uszczelnienia promieniowe wału działają na zasadzie zjawiska uszczelnienia przez wąską, względnie długą szczelinę, ustawianą osiowo, promieniowo lub w kombinacji.



Ilustr. 22



Ilustr. 23



Uszczelnienia bezstykowe, od prostych uszczelnień szczelinowych po wielostopniowe labirynty (→ **ilustr. 22**), są praktycznie pozbawione tarcia i nie zużywają się.

UWAGA: Uszczelnienia bezstykowe są odpowiednie do aplikacji, gdzie występują duże prędkości i wysokie temperatury.

Uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem

Istnieją dwie kategorie uszczelnień zintegrowanych z łożyskiem:

- blaszki ochronne
- uszczelnienia stykowe

Blaszki ochronne

Blaszki ochronne, wytwarzane z blachy stalowej, są uszczelnieniami bezstykowymi i są stosowane w aplikacjach, gdzie stopień zanieczyszczenia jest ograniczony. Są one także używane w zastosowaniach, w których z powodu prędkości lub temperatury pracy, wymagane jest niewielkie tarcie. Łożyska są wypełnione smarem na cały okres swojej trwałości i nie powinny być dosmarowywane.

Blaszki ochronne tworzą (→ **ilustr. 23, strona 39**):

- wąską szczelinę z obrzeżem pierścienia wewnętrznego (**a**)
- skuteczne uszczelnienie labiryntowe z wgłębieniem w obrzeżu pierścienia wewnętrznego (**b**)

Uszczelnienia stykowe

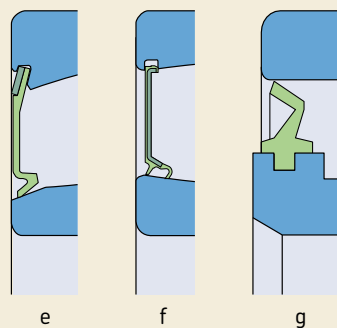
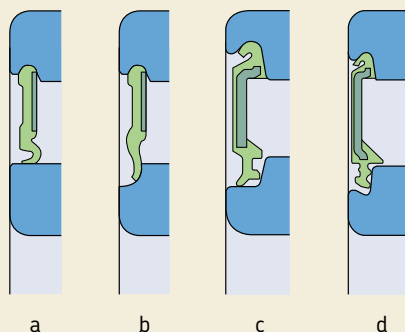
Uszczelnienia wbudowane w łożyska SKF wykonywane są generalnie z elastomerów i wzmocnione blachą stalową.

Łożyska z uszczelnieniami stykowymi są zalecane w układach wymagających zabezpieczenia przed zanieczyszczeniami, gdzie nie można wyeliminować obecności np. wody lub rozpylonej cieczy, lub też gdy wymagany jest długi czas eksploatacji bez obsługi.

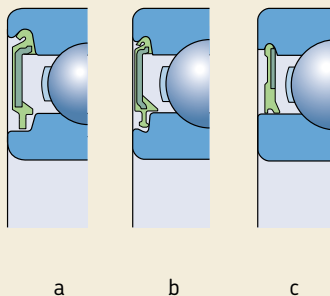
To, jak uszczelnienie styka się z pierścieniem łożyska, zależy od rodzaju łożyska i konstrukcji uszczelnienia. Uszczelnienie styka się z pierścieniem w jeden z następujących sposobów (→ **ilustr. 24**):

- na obrzeżu pierścienia wewnętrznego (**a**) lub na wgłębieniu w obrzeżu pierścienia wewnętrznego (**b, c, d**)

Ilustr. 24



Ilustr. 25



- na obrzeżach po bokach bieżni pierścienia wewnętrznego (**e, f**) lub zewnętrznego (**g**)

Do łożysk kulkowych zwykłych firma SKF opracowała dodatkowo zintegrowane uszczelnienia bezstykowe, które tworzą wyjątkowo małą szczelinę z pierścieniem wewnętrznym łożyska (→ **ilustr. 25a i b**) oraz zintegrowane uszczelnienia o niskim tarciu, które praktycznie nie stykają się z pierścieniem wewnętrznym (→ **ilustr. 25c**). Oba typy uszczelnień spełniają wysokie wymagania odnośnie skuteczności działania i pracy z małym tarciem. W rezultacie łożyska wyposażone w te uszczelnienia mogą pracować z takimi samymi prędkościami jak łożyska z blaszkami ochronnymi, ale przy większej skuteczności uszczelniania. Te łożyska są wypełnione smarem na cały okres swojej trwałości i nie powinny być dosmarowywane.

Przechowywanie łożysk, uszczelnień i środków smarnych

Warunki, w jakich łożyska, uszczelnienia i środki smarne są przechowywane mogą mieć niekorzystny wpływ na ich pracę. Kontrola stanu magazynu może odgrywać ważną rolę, jeżeli chodzi o osiągi przechowywanych wyrobów, zwłaszcza w przypadku uszczelnień i środków smarnych. Dlatego SKF zaleca rotację zapasów typu „pierwsze weszło, pierwsze wyszło”.

Przechowywanie łożysk, zespołów łożyskowych i opraw

Warunki magazynowania

W celu osiągnięcia przez łożyska maksymalnej trwałości eksploatacyjnej SKF zaleca stosowanie następujących zasad porządkowych:

- Przechowuj łożyska w opakowaniach położonych płasko (w pozycji poziomej), w wolnym od drgań, suchym, wentylowanym pomieszczeniu, gdzie panuje kontrolowana, stała temperatura. W pomieszczeniu magazynowym nie powinno być przeciągów.
- Kontroluj i ogranicz wilgotność względną w pomieszczeniu magazynowym zgodnie z poniższymi wytycznymi:

- 75% w 20 °C (70 °F)
- 60% w 22 °C (72 °F)
- 50% w 25 °C (75 °F)

- Trzymaj łożyska w ich oryginalnych opakowaniach do momentu montażu, aby uniknąć zanieczyszczenia przez pył i wodę, a także korozji elementów łożyska.

UWAGA: Podczas postoju maszyny powinny być obracane lub uruchamiane tak często, jak to możliwe, aby doszło do rozprowadzenia smaru w łożyskach i zmiany położenia elementów tocznych względem bieżni.

Zespoły łożyskowe i oprawy powinny być przechowywane w podobnych warunkach jak łożyska, to znaczy w wolnym od kurzu, umiarkowanie wentylowanym pomieszczeniu, gdzie wilgotność względna jest kontrolowana.

Dopuszczalny okres magazynowania łożysk otwartych

Zanim trafią do sprzedaży łożyska toczne SKF są pokrywane środkiem antykorozyjnym i pakowane w odpowiednie opakowania. W przypadku łożysk otwartych (nieuszczelnionych) środek zabezpieczający zapewni ochronę przed korozją przez około pięć lat, pod warunkiem, że warunki przechowywania są odpowiednie. Po pięciu latach SKF zaleca stosowanie się do następujących wskazówek:

- 1 Wyjmij łożysko z opakowania, bez uszkodzenia opakowania, jeżeli to możliwe.
- 2 Umyj łożysko używając odpowiedniego rozpuszczalnika.
- 3 Dokładnie wysusz łożysko.
- 4 Dokonaj wizualnej inspekcji łożyska pod kątem śladów korozji lub uszkodzeń. Jeżeli łożysko jest w stanie zadowalającym, nałóż nową warstwę właściwego środka antykorozyjnego i ponownie włóż łożysko do jego oryginalnego opakowania.

UWAGA: Inspekcja i przepakowanie łożyska jest usługą, która może zostać wykonana przez SKF. Skontaktuj się z przedstawicielem SKF lub Autoryzowanym Dystrybutorem SKF.

Dopuszczalny okres magazynowania łożysk uszczelnionych

Maksymalny okres magazynowania uszczelnionych łożysk SKF jest uzależniony od rodzaju

smaru, jakim są wypełnione. Smar ulega degradacji z upływem czasu w wyniku starzenia, kondensacji oraz oddzielania oleju i zagęszczacza. Z tego powodu łożyska uszczelnione nie powinny być składowane przez okres dłuższy niż trzy lata.

UWAGA: W przypadku małych łożysk niepraktyczne jest usuwanie uszczelnień, mycie łożyska, ponowne smarowanie łożyska i montowanie uszczelnień. A co ważniejsze, przy takiej operacji mogą zostać uszkodzone uszczelnienia, a zanieczyszczenia mogą wnikać do łożyska.

Niektóre większe łożyska mają uszczelnienia utrzymywane w pierścieniu zewnętrznym za pomocą pierścienia sprężynującego zabezpieczającego. Gdy zachodzi taka konieczność, uszczelnienia mogą zostać zdemontowane i zastąpione nowymi.

Przechowywanie uszczelnień elastomerowych

Warunki magazynowania

W celu osiągnięcia przez uszczelnienia elastomerowe maksymalnej trwałości eksploatacyjnej SKF zaleca stosowanie następujących zasad porządkowych:

- Przechowuj elastomerowe uszczelnienia w pozycji poziomej, w umiarkowanym pomieszczeniu, w temperaturze między 15 a 25 °C (60 a 75 °F).
- Kontroluj i ogranicz wilgotność względną w pomieszczeniu magazynowym do wysokości 65% maksimum.
- Zabezpiecz uszczelnienia przed bezpośrednim światłem słonecznym lub światłem o dużej zawartości promieniowania UV.
- Trzymaj uszczelnienia w ich oryginalnych opakowaniach do momentu montażu, aby uniknąć degradacji materiału na skutek działania warunków panujących w otoczeniu. Jeżeli nie są dostępne oryginalne opakowania, przechowuj uszczelnienia w szczelnych pojemnikach.
- Przechowuj uszczelnienia z dala od rozpuszczalników, paliw, środków smarnych i innych środków chemicznych, które wytwarzają opary i wyciechy.
- Uszczelnienia wykonane z różnych materiałów przechowuj oddzielnie.

OSTRZEŻENIE: Uszczelnienia nie powinny być nigdy wieszane na kołkach lub gwoździach. Przy takim sposobie przechowywania, pod działaniem naprężenia lub obciążenia, uszczelnienia są podatne na trwałe odkształcenia i pęknięcia.

Dopuszczalny okres magazynowania

Kauczuk naturalny i syntetyczny zmienia swoje właściwości fizyczne z upływem czasu oraz wywierają na niego wpływ powietrze, ciepło, światło, wilgoć, rozpuszczalniki i niektóre metale, zwłaszcza miedź i mangan. W efekcie, uszczelnienia kauczukowe mogą stać się niezdadne do użytku z powodu stwardnienia lub zmięknienia, łuszczenia, pęknięć lub innych uszkodzeń powierzchni.

Przechowywanie środków smarnych

Warunki magazynowania

Na środki smarne wywierają wpływ temperatura, światło, woda, wilgoć i tlen. Przypadkowe wystawienie środka smarnego na działanie tych czynników zwykle nie jest szkodliwe. Jednak, gdy dochodzi do oddziaływania któregoś z powyższych czynników, przyspiesza to proces starzenia środka smarnego.

Aby uzyskać maksymalną długość dopuszczalnego okresu przechowywania, SKF zaleca stosowanie następujących zasad:

- Przechowuj środki smarne w wolnym od drgań, suchym pomieszczeniu, gdzie panuje temperatura poniżej 40 °C (105 °F). Jest to szczególnie istotne w przypadku pojemników, które zostały otwarte, gdyż wilgoć powoduje degradację środka smarnego i przyspiesza utlenianie.
- Składuj środki smarne wewnątrz pomieszczenia na odpowiednich regałach magazynowych. Trzymanie pojemników w pomieszczeniu chroni także etykiety umieszczone na opakowaniach.
- Przechowuj beczki z olejem ułożone na boku, aby zapobiegać gromadzeniu się zanieczyszczeń na górnej powierzchni zbiorników
- Zawsze zamykaj zbiorniki za pomocą pokryw, aby zapobiec wnikięciu zanieczyszczeń.
- Wyraźnie oznaczaj etykietami wszystkie zbiorniki. W przypadku zużycia lub uszkodzenia etykiet może dojść do problemów z identyfikacją środka smarnego. Zalecane jest także stosowanie kodowania kolorami.
- Przechowuj środki smarne w ich oryginalnych opakowaniach.
- Nie przechowuj dozowanego środka smarnego w otwartych pojemnikach.

Dopuszczalny okres magazynowania

Dopuszczalny okres magazynowania środka smarnego to czas od daty napełnienia zbiornika do szacunkowej daty jego końca przydatności

do użycia, pod warunkiem, że środek smarny jest właściwie przechowywany. Daty produkcji są zwykle podane w zakodowany sposób na zbiornikach i należy je regularnie monitorować. Na ogół data produkcji na zbiornikach SKF ze smarem do łożysk i na smarownicach automatycznych, na przykład, jest wskazywana za pomocą czterocyfrowego kodu, takiego jak 0710, który wskazuje, że smar był wyprodukowany w roku 2007, w tygodniu 10.

Większość środków smarnych ulegnie degradacji z upływem czasu. Wytyczne odnośnie dopuszczalnego okresu magazynowania różnych środków smarnych są przedstawione w **tabeli 3**.

Jeżeli środek smarny przekroczy swój dopuszczalny czas składowania, może już nie być wystarczająco skuteczny. Dlatego SKF zaleca stosowanie jedynie tych środków smarnych, które znajdują się jeszcze w okresie ich przydatności do użycia.

UWAGA: Rozważ, jakie są koszty awarii maszyny wynikającej z zastosowania środka smarnego po upływie terminu jego przydatności do użycia w stosunku do kosztu wymiany środka smarnego.

Usuwanie środków smarnych

Nieprawidłowe usuwanie środków smarnych może być niebezpieczne dla ludzi i środowiska. Ze zużyтыми środkami smarnymi należy postępować zgodnie z krajowymi i lokalnymi przepisami i zasadami ochrony środowiska.

Tabela 3

Dopuszczalny okres magazynowania środka smarnego w temp. 20 °C (70 °F)

Środek smarny	Maksymalny okres magazynowania
Oleje smarowe	10 lat ¹⁾
Smary SKF sprzedawane na rynku (oprócz smaru do przemysłu spożywczego LGFP 2)	5 lat
Smar SKF do przemysłu spożywczego LGFP 2	2 lata
Smary w uszczelnionych łożyskach kulkowych SKF, np. MT47 lub MT33	3 lata
Środek smarny w smarownicach SKF SYSTEM 24 serii LAGD	2 lata
Środek smarny w smarownicach SKF SYSTEM 24 serii LAGE (poza wypełnieniem LGFP 2 lub olejem)	3 lata
Środek smarny w smarownicach SKF SYSTEM 24 serii LAGE wypełnionych LGFP 2 lub olejem	2 lata

¹⁾ Dopuszczalne okresy magazynowania mogą być zmniejszone ze względu na pewne dodatki w środku smarnym. Sprawdź u producenta środka smarnego.



Montaż łożysk tocznych

2

Przygotowania do montażu	46	Narzędzia montażowe SKF	72
Planowanie	46	Narzędzia mechaniczne	72
Czystość	46	Narzędzia hydrauliczne	73
Usuwanie środka zabezpieczającego z nowych łożysk	47	Urządzenia grzewcze.	73
Sprawdzanie elementów współpracujących	47	Rękawice.	73
Bezpieczeństwo	49	Instrukcje montażu łożysk różnych typów	74
Przygotowanie elementów	49	Montaż łożysk kulkowych skośnych	74
Przenoszenie łożysk	49	Łożyska pojedyncze	74
BLuz wewnętrzny łożyska	51	Nastawianie łożysk w układzie X	74
Luz przed i po montażu	51	Nastawianie łożysk w układzie O	76
Pomiar luzu za pomocą szczelinomierza	52	Łożyska do uniwersalnej zabudowy i zespoły dopasowanych łożysk	76
Montaż na zimno	53	Łożyska kulkowe skośne z dwuczęściowym pierścieniem wewnętrznym	78
Metody mechaniczne	53	Montaż łożysk kulkowych wahlowych	79
Łożyska z otworem walcowym	53	Łożyska o konstrukcji podstawowej z wystającymi kulkami	79
Łożyska z otworem stożkowym	54	Łożyska uszczelnione z otworem stożkowym	79
Metoda SKF Drive-up	57	Łożyska z szerokim pierścieniem wewnętrznym	80
Metoda SKF Drive-up: Krok po kroku	58	Montaż łożysk walcowych i igiełkowych łożyska walcowe i igiełkowe jednorzędowe z koszykiem	80
Metoda wtrysku olejowego	62	Łożyska walcowe czterorzędowe	82
Metoda wtrysku olejowego: Krok po kroku	62	Montaż łożysk stożkowych	84
Metoda SENSORMOUNT	67	Łożyska stożkowe jednorzędowe	84
Montaż na gorąco	68	Łożyska stożkowe dwurzędowe i wielorzędowe	89
Elektryczne płyty grzewcze	68	Montaż łożysk baryłkowych i łożysk toroidalnych CARB	90
Nagrzewnice indukcyjne	69	Łożyska baryłkowe uszczelnione	90
Aluminiowe pierścienie grzewcze	69	Łożyska toroidalne CARB	91
Komory grzewcze	70		
Promienniki podczerwieni	70		
Panele grzewcze	71		
Kąpiele olejowe	71		

Przygotowania do montażu

Łożyska toczne są niezawodnymi elementami maszyn, które mogą uzyskać długą trwałość eksploatacyjną, pod warunkiem, że są prawidłowo zamontowane i obsługiwane. Przeprowadzenie prawidłowego montażu wymaga doświadczenia, a także staranności, zachowania czystości, dokładności, stosowania właściwej metody montażowej oraz użycia odpowiednich narzędzi.

Planowanie

Przed montażem zapoznaj się z właściwymi rysunkami lub instrukcjami, aby określić:

- prawidłową kolejność montażu poszczególnych elementów
- właściwy rodzaj łożyska, jego wielkość i wykonanie
- odpowiedni środek smarny, jaki ma być zastosowany i jego ilość
- właściwą metodę montażu
- odpowiednie narzędzia montażowe

Narzędzia i metody stosowane do montażu łożysk tocznych często zależą od wielkości łożyska. Generalnie, łożyska można podzielić na:

- łożyska małe: średnica otworu $d \leq 80$ mm
- łożyska średniej wielkości: średnica otworu $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- łożyska duże: średnica otworu $d \geq 200$ mm

W celu uzyskania dodatkowych informacji o narzędziach montażowych SKF, w tym o narzędziach mechanicznych, narzędziach hydraulicznych, urządzeniach grzewczych i rękawicach, odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

Aby zapoznać się ze szczegółowymi instrukcjami montażu określonego łożyska (na podstawie oznaczenia łożyska) odwiedź stronę www.skf.com/mount.

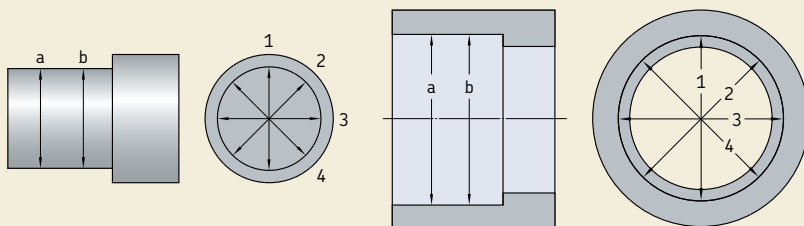
SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń w zakresie montażu łożysk (→ *Szkolenia*, początek na stronie 326). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

Czystość

Czystość ma zasadnicze znaczenie dla uzyskania przez łożysko długiej trwałości eksploatacyjnej. Dbłość o czystość rozpoczyna się w miejscu magazynowania. Składuj łożyska w suchym pomieszczeniu, na regałach, które nie są narażone na drgania wywoływane przez sąsiadujące maszyny (→ *Przechowywanie łożysk, uszczelnień i środków smarnych*, początek na stronie 41). Nie otwieraj opakowania łożyska do momentu montażu łożyska.

Zawsze, gdy jest to możliwe, montuj łożyska w suchym, wolnym od pyłu pomieszczeniu, z dala od obrabiarek do obróbki mechanicznej i innych maszyn wytwarzających opiłki i pył.

Ilustr. 1



Upewnij się, że łożyska i wszystkie współpracujące części, włącznie ze środkiem smarnym są czyste i wolne od szkodliwych zanieczyszczeń.

Gdy łożysko musi być montowane w niebezpiecznym obszarze, co się często zdarza w przypadku dużych łożysk, należy podjąć kroki, aby ochronić łożysko i miejsce montażu przed zanieczyszczeniami takimi jak pył, brud i wilgoć, do momentu zakończenia montażu. Można to zrobić przykrywając lub owijając łożyska, elementy maszyny itd. za pomocą folii plastikowej.

UWAGA: Lepiej chronić łożyska przed zanieczyszczeniem niż je myć. Wiele rodzajów łożysk ma konstrukcję nierozłączną i dlatego trudno je wyczyścić.

Usuwanie środka zabezpieczającego z nowych łożysk

Łożyska należy pozostawić w ich oryginalnych opakowaniach aż do samego montażu, tak by nie narazić ich na żadne zanieczyszczenia, a szczególnie brud. Zwykle środka ochronnego, którym pokrywane są łożyska przed opuszczeniem fabryki, nie trzeba usuwać; konieczne jest tylko wytarcie powierzchni zewnętrznej i powierzchni otworu łożyska.

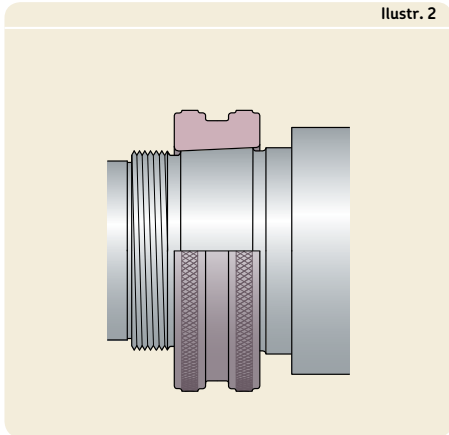
OSTRZEŻENIE: SKF zaleca dokładne umycie i wysuszenie łożyska, jeżeli łożysko ma być smarowane smarem plastycznym i używane w bardzo wysokich lub bardzo niskich temperaturach. Łożyska powinny być także umyte, jeśli smar plastyczny nie jest zgodny ze środkiem ochronnym (→ *Zgodność między smarami plastycznymi i środkami ochronnymi łożysk*, strona 202).

Sprawdzanie elementów współpracujących

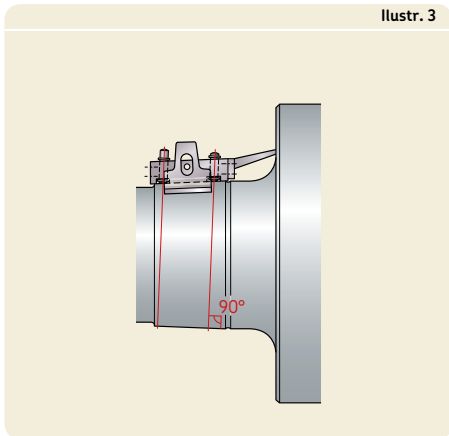
Łożysko będzie pracować prawidłowo tylko wtedy, gdy powiązane z nim części będą wykonane z odpowiednią dokładnością i tolerancją wymiarową. Dlatego:

- Usunąć wszelkie zadziory lub rdzę.
- Sprawdzić dokładność wymiarów i kształtu wszystkich elementów współpracujących wężła łożyskowego.

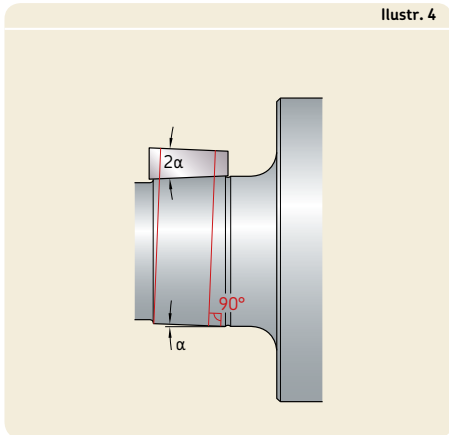
Ilustr. 2



Ilustr. 3



Ilustr. 4



Łożysko:

Pozycja łożyska:

Aplikacja:

Kierunek pomiaru	Wał Wartości pomiarowe [mm] w miejscu				Oprawa Wartości pomiarowe [mm] w miejscu			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
	Odległość L				Odległość L			
	Średnica d				Średnica D			
1								
2								
3								
4								
	Obliczona średnia: (1+2+3+4)/4				Obliczona średnia: (1+2+3+4)/4			

Uwagi:

Data:

Sprawdził:

- Sprawdź czopy walcowe na wale. Za pomocą mikrometru zmierz w dwóch przekrojach miejsce osadzenia łożyska na wale. Pomiarów dokonuj w czterech kierunkach (→ **ilustr. 1**). W przypadków większych czopów może być konieczny pomiar w trzech lub czterech miejscach. (→ **Formularz raportu z pomiarów, strona 48**).
- Sprawdź czopy stożkowe na wale za pomocą sprawdzianu pierścieniowego (→ **ilustr. 2**), sprawdzianu stożkowego (→ **ilustr. 3**) lub liniału sinusowego (→ **ilustr. 4**).
- Gniazda opraw zwykle sprawdza się w dwóch przekrojach za pomocą mikrometru wewnętrznego lub porównywalnego narzędzia pomiarowego. Pomiarów dokonuj w czterech kierunkach (→ **ilustr. 1, strona 46**). W przypadków większych średnic gniazd może być konieczny pomiar w trzech lub czterech miejscach.
- Zapisz wartości pomiarowe średnic wału i oprawy, aby mieć możliwość odniesienia się do nich w późniejszym czasie. Stosuj formularz raportu z pomiarów.

Podczas wykonywania pomiarów ważne jest, aby mierzone części oraz przyrządy pomiarowe miały mniej więcej taką samą temperaturę. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych łożysk i powiązanych z nimi części.

Bezpieczeństwo

Aby zminimalizować niebezpieczeństwo wystąpienia urazu ciała, podczas przenoszenia lub montażu łożysk:

- Zawsze noś rękawice, zwłaszcza podczas przenoszenia podgrzanych łożysk lub przy pracy ze środkami smarnymi.
- Zawsze stosuj właściwe narzędzia do podnoszenia lub transportu.
- Nigdy nie uderzaj w łożysko bezpośrednio twardym przedmiotem takim jak stalowy młotek lub przecinak.

Przygotowanie elementów

Przed zamontowaniem łożyska przygotuj współpracujące elementy i wykonaj następujące czynności:

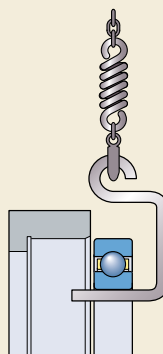
- Zamontuj wszystkie elementy, które znajdują się na wale przed łożyskiem.

- W przypadku ciasnego pasowania na wale i/ lub w oprawie, pokryj gniazdo (gniazda) łożyska cienką warstwą rzadkiego oleju.
- W przypadku luźnego pasowania na wale i/ lub w oprawie, pokryj gniazdo (gniazda) łożyska środkiem SKF przeciwko korozji cierniej.
- Jeżeli wał (lub tuleja) jest przygotowany do metody wtłusku olejowego, upewnij się, że kanały i rowki rozprowadzające olej są czyste.

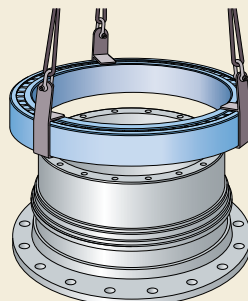
Przenoszenie łożysk

SKF zaleca używanie rękawic oraz odpowiednich narzędzi do przenoszenia i podnoszenia skonstruowanych specjalnie do montażu i demontażu łożysk. Zwiększają one bezpieczeństwo,

ilustr. 5



ilustr. 6



Montaż łożysk tocznych

a także pozwalają zaoszczędzić czas i zmniejszyć wysiłek podczas pracy.

Do manipulowania gorącymi lub pokrytymi olejem łożyskami zalecane jest używanie właściwych rękawic odpornych na wysokie temperatury lub olej (→ *Rękawice*, strona 73).

Nagrzane lub duże, ciężkie łożyska często sprawiają problemy, ponieważ jedna lub dwie osoby nie mogą ich bezpiecznie przenieść. W takich przypadkach do przenoszenia i podnoszenia łożyska należy stosować odpowiednie narzędzia (→ *ilustr. 5 i 6*).

Przyrządy do przenoszenia łożysk są dostępne z SKF (→ *ilustr. 7*). Do dużych, ciężkich łożysk używaj wciągnika wielokrążkowego, który podpira łożysko od dołu (→ *ilustr. 8*). Nigdy nie należy zawieszać łożyska tylko w jednym punkcie, gdyż może to spowodować trwałe odkształcenie pierścieni. Sprężyna między hakiem wciągника wielokrążkowego a pasem (→ *ilustr. 5*, strona 49) może ułatwić ustawienie łożyska podczas zakładania na wał.

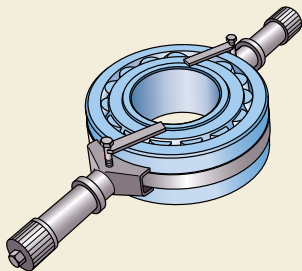
Duże łożyska mogą posiadać otwory gwintowane na powierzchniach bocznych pierścieni, służące do wkręcenia śrub z uchem. Ponieważ wielkość i głębokość otworu jest ograniczona grubością pierścienia, te otwory mogą służyć jedynie do podnoszenia samego łożyska.

Należy się też upewnić, czy śruby z uchem będą poddawane obciążeniom tylko w kierunku zgodnym z osią trzonu śruby (→ *ilustr. 9*).

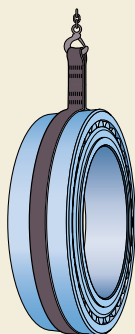
OSTRZEŻENIE: Nigdy nie umieszczaj żadnych dodatkowych elementów na łożysku przed jego podniesieniem.

Podczas zakładania dużej, ciężkiej oprawy na łożysko znajdujące się już na wale, zaleca się zastosowanie trzypunktowego zawieszenia oprawy o regulowanej długości jednego zawiesia. Umożliwi to dokładne wyśrodkowanie otworu oprawy z łożyskiem.

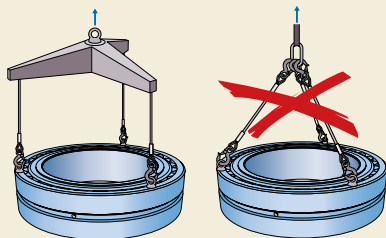
ilustr. 7



ilustr. 8



ilustr. 9



Ilustr. 10

Luz wewnętrzny łożyska

Luz wewnętrzny łożyska jest całkowitą odległością na jaką można przesunąć jeden z pierścieni łożyska względem drugiego pierścienia.

Przemieszczenie w kierunku promieniowym jest nazywane „luzem wewnętrznym promieniowym”, przemieszczenie w kierunku osiowym jest nazywane „luzem wewnętrznym osiowym” (→ ilustr. 10).

Luz przed i po montażu

Ważne, aby dostrzegać różnicę między luzem wewnętrznym łożyska przed montażem a luzem wewnętrznym łożyska zamontowanego, w rzeczywistych warunkach pracy.

Luz wewnętrzny łożyska przed montażem jest zwykle większy niż luz roboczy, ponieważ na skutek wcisków wynikających z przyjętego sposobu oraz wydłużenia cieplnego pierścieni łożyska i elementów współpracujących, pierścienie łożyska w temperaturze roboczej ulegają rozszerzeniu lub ściśnięciu.

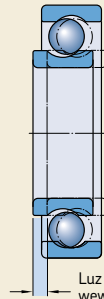
Jako ogólną zasadę można przyjąć, że roboczy luz promieniowy powinien być trochę większy od zera, natomiast lekkie napięcie wstępne w przypadku łożysk kulkowych nie ma szkodliwego działania. Napięcie wstępne nie jest zwykle zalecane dla wymienianych łożysk, ponieważ miejsca osadzeń mogą nie być już w optymalnym stanie.

Wartości luzu w łożyskach przed montażem można znaleźć w **Dodatku E**, rozpoczynającym się na **stronie 388**.

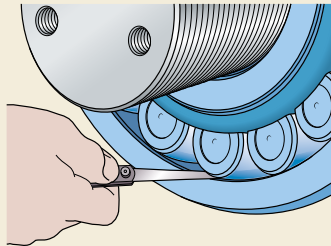
Luz wewnętrzny promieniowy



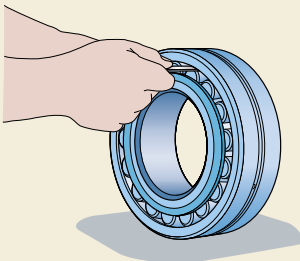
Luz wewnętrzny osiowy



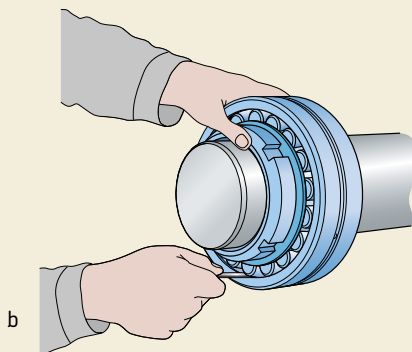
Ilustr. 11



Ilustr. 12



a



b

Pomiar luzu za pomocą szczelinomierza

Szczelinomierz jest najczęściej stosowany do pomiaru luzu wewnętrznego promieniowego w średnich i dużych łożyskach baryłkowych i w łożyskach toroidalnych CARB, przed, w trakcie i po montażu (→ **ilustr. 11, strona 51**).

Przed pomiarem obróć kilkakrotnie pierścienie wewnętrzny lub zewnętrzny. Upewnij się, że oba pierścienie łożyska oraz zespół elementów tocznych są wyśrodkowane względem siebie.

Aby rozpocząć, wybierz listek szczelinomierza, który jest nieznacznie cieńszy niż minimalna wartość luzu początkowego (→ **Dodatek E, rozpoczynający się na stronie 388**). Podczas pomiaru przesuwaj listek szczelinomierza między środkiem elementu tocznego i bieżnią. Powtarzaj tę procedurę przy użyciu coraz grubszego listka szczelinomierza do momentu, aż poczujesz lekki opór między listkiem szczelinomierza a wałeczkiem. Aby zatwierdzić zmierzoną wartość luzu obróć pierścień wewnętrzny o 180 stopni i dokonaj pomiaru jeszcze raz. Pomiary wykonuj między:

- pierścieniem zewnętrznym i najwyżej położonym elementem tocznym, przed montażem (→ **ilustr. 12a, strona 51**)
- pierścieniem zewnętrznym i najniżej położonym elementem tocznym, po montażu (→ **ilustr. 12b, strona 51**)

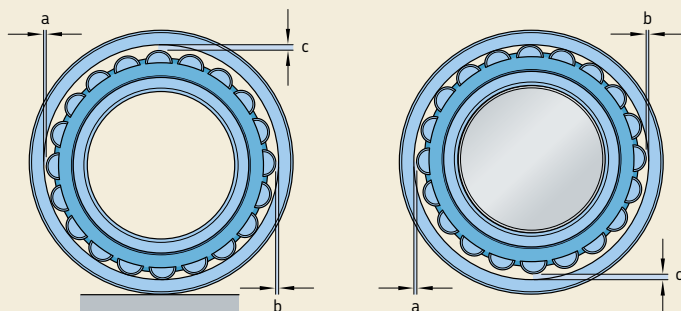
W przypadku dużych łożysk, zwłaszcza tych posiadających raczej cienkościenny pierścień zewnętrzny, na pomiar luzu ma wpływ odkształcenie sprężyste pierścieni, spowodowa-

ne ciężarem łożyska lub przez siłę potrzebną do przeciągnięcia listka szczelinomierza przez szczelinę między bieżnią a nieobciążonym wałeczkiem. Aby ustalić „prawdziwą” wartość luzu przed i po montażu, zastosuj następującą procedurę (→ **ilustr. 13**):

- Zmierz luz „c” w pozycji godziny 12 w przypadku łożyska stojącego na podłożu lub w pozycji godziny 6 w przypadku niezamontowanego łożyska założonego na wał.
- Zmierz luzy „a” w pozycji godziny 9 i „b” w pozycji godziny 3 bez obracania łożyska.
- „Prawdziwy” luz wewnętrzny promieniowy łożyska uzyskasz ze stosunkowo dobrą dokładnością po zastosowaniu następującego równania:

$$\text{luz wewnętrzny promieniowy} = 0,5 (a + b + c).$$

Ilustr. 13



Montaż na zimno

Istnieje kilka metod montażu na zimno:

- metody mechaniczne
- metoda SKF Drive-up
- metoda wtrysku olejowego
- metoda SENSORMOUNT

Metody mechaniczne są zazwyczaj stosowane do wciśnięcia małych łożysk z otworem walcowym lub stożkowym na wał lub w oprawę. Pozostałe trzy metody są stosowane jedynie do osadzenia łożysk z otworem stożkowym na czopie stożkowym.

OSTRZEŻENIE: Podczas montażu nigdy nie uderzaj w łożysko bezpośrednio twardym przedmiotem takim jak stalowy młotek lub przecinak, ani nie przykładaj siły montażowej przez elementy toczne.

Metody mechaniczne

Łożyska z otworem walcowym

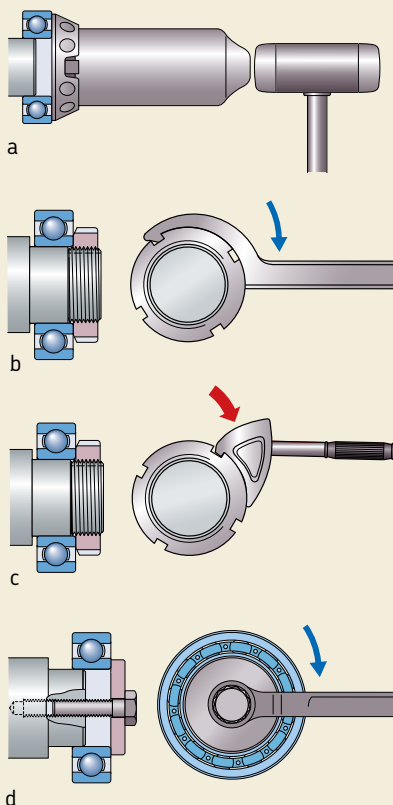
Małe łożyska powinny być montowane za pomocą odpowiedniego narzędzia do montażu, np. zestawu narzędzi do montażu łożysk SKF (→ ilustr. 14a).

Jeżeli wał ma zewnętrzny (→ ilustr. 14b i c) lub wewnętrzny gwint (→ ilustr. 14d), to gwint może zostać wykorzystany do zamontowania łożyska na wale.

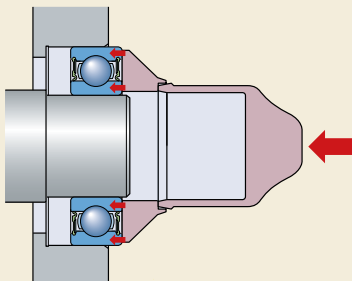
Jeżeli łożysko musi być wciśnięte na wał i w otwór oprawy w tym samym czasie, siła montażowa musi być równomiernie przyłożona do obu pierścieni (→ ilustr. 15).

Do montażu dużej ilości łożysk można użyć prasy mechanicznej lub hydraulicznej. Gdy stosowana jest prasa, umieść między stemplem prasy a montowanym pierścieniem łożyska odpowiednią tuleję (→ ilustr. 16, strona 54).

Ilustr. 14



Ilustr. 15



Łożyska z otworem stożkowym

Małe i średniej wielkości łożyska mogą być wciskane na czoł stożkowy za pomocą albo narzędzia do montażu łożysk (tuleja montażowa i młotek) albo, co jest zalecane, nakrętki łożyskowej. W przypadku montażu na tulejach wciąganych, stosowana jest nakrętka tulei.

Klucza hakowego lub udarowego (→ **ilustr. 17**) można użyć do dokręcania nakrętki i przesunięcia łożyska na stożkowym gnieździe. Małe tuleje wciskane można wcisnąć w otwór łożyska za pomocą narzędzia do montażu łożysk lub płyty przykręcanej do powierzchni czołowej wału.

Łożyska o średnicy otworu $d \geq 50$ mm mogą być łatwo i niezawodnie montowane za pomocą metody z kontrolą przesuwu osiowego łożyska – metody SKF Drive-up (→ *Metoda SKF Drive-up*, początek na **stronie 57**).

Połączenie metody SKF Drive-up i metody wtrysku olejowego ułatwia montaż średnich i dużych łożysk (→ *Metoda wtrysku olejowego*, początek na **stronie 62**).

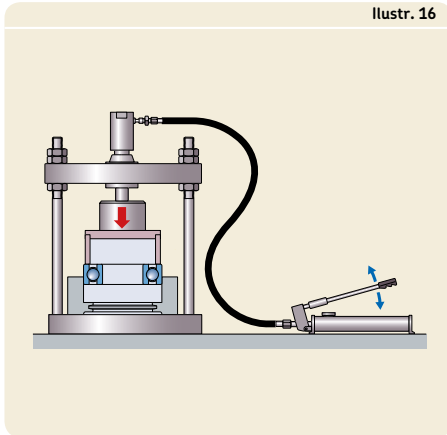
Połączenie metody wtrysku olejowego i metody SENSORMOUNT jeszcze bardziej upraszcza montaż łożysk (→ *Metoda SENSORMOUNT*, **strona 67**).

Łożyska z otworem stożkowym są montowane z pasowaniem ciasnym. Stopień wcisku jest zwykle określany za pomocą jednej z następujących metod:

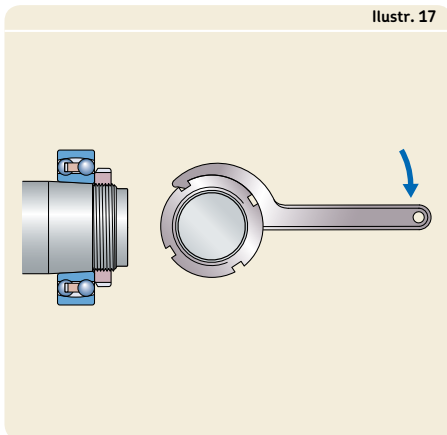
- wyczuwanie dotykiem redukcji luzu poprzez obracanie i wychylanie pierścienia zewnętrznego
- pomiar redukcji luzu za pomocą szczelinomierza
- pomiar kąta dokręcenia nakrętki łożyskowej
- pomiar przesuwu osiowego łożyska
- pomiar rozszerzenia pierścienia wewnętrznego

UWAGA: Zastosowanie zalecanych wartości redukcji luzu, kąta dokręcenia nakrętki łożyskowej, przesuwu osiowego łożyska lub rozszerzenia pierścienia wewnętrznego zabezpiecza pierścień wewnętrzny przed pełzaniem w normalnych warunkach pracy, ale nie zapewnia uzyskania właściwego luzu promieniowego łożyska podczas pracy. Podczas doboru klasy wewnętrznego luzu promieniowego łożyska należy wziąć pod uwagę dodatkowy wpływ pasowania łożyska w oprawie i różnicy temperatur między

Ilustr. 16

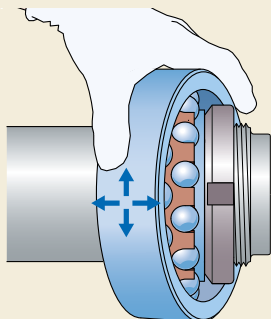


Ilustr. 17

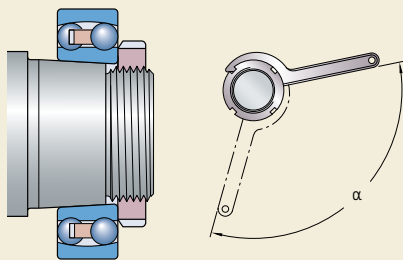


pierścieniem wewnętrznym a zewnętrznym łożyska na zmianę wielkości luzu. W celu uzyskania dodatkowych informacji skontaktuj się ze specjalistą SKF.

Ilustr. 18



Ilustr. 19



Wyczuwanie dotykiem redukcji luzu poprzez obracanie i wychylenie pierścienia zewnętrznego

Kiedy montowane są łożyska kulkowe wahliwe z normalnym luzem promieniowym, zwykle wystarczy sprawdzić luz podczas przesuwania łożyska na czopie poprzez obracanie i wychylenie pierścienia zewnętrznego (→ **ilustr. 18**). Łożysko jest poprawnie zamontowane, gdy pierścień zewnętrzny może być łatwo obracany, ale przy wychyleniach na boki wyczuwalny jest lekki opór. Wtedy łożysko ma wymagane pasowanie ciasne.

Pomiar redukcji luzu za pomocą szczelinomierza

Używanie szczelinomierza (→ **ilustr. 12, strona 51**) jest jednym ze sposobów pomiaru luzu wewnętrznego promieniowego w średnich i dużych łożyskach, przed, w trakcie i po montażu (→ *Pomiar luzu za pomocą szczelinomierza, strona 52*).

Zalecane wartości zmniejszenia luzu wewnętrznego promieniowego są podane dla:

- łożysk baryłkowych w **Dodatk F-2** (→ **strona 403**)
- łożysk toroidalnych CARB w **Dodatk F-3** (→ **strona 404**)

Pomiar kąta dokręcenia nakrętki łożyskowej (α)

SKF zaleca tę metodę (→ **ilustr. 19**) do montażu małych i średniej wielkości łożysk z otworem stożkowym o średnicy do około 120 mm. Wartości wytyczne kąta dokręcenia nakrętki łożyskowej (α) są podane dla:

- łożysk kulkowych wahliwych w **Dodatk F-1** (→ **strona 402**)
- łożysk baryłkowych w **Dodatk F-2** (→ **strona 403**)
- łożysk toroidalnych CARB w **Dodatk F-3** (→ **strona 404**)

Przed rozpoczęciem procedury dokręcenia ostającego nakrętki, nasuń łożysko na stożkowy czop tak, aby było mocno osadzone na wale. Poprzez dokręcanie nakrętki o zalecany kąt (α), łożysko jest przesuwane o odpowiednią odległość na stożkowym czopie. Pierścień wewnętrzny ma wtedy wymagane pasowanie ciasne.

Pomiar przesuwu osiowego łożyska

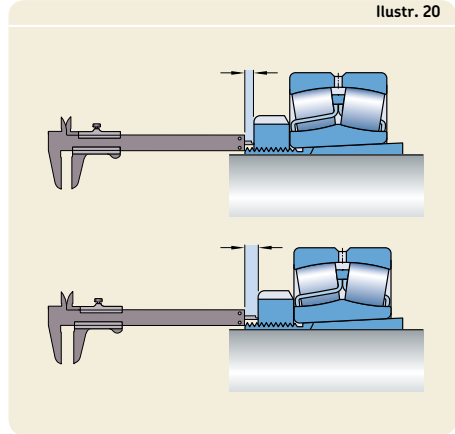
Kontrolowanie przemieszczenia osiowego łożyska na jego stożkowym czopie daje łatwy sposób uzyskania właściwego pasowania. Jednym sposobem jest po prostu pomiar przesuwu osiowego (→ **ilustr. 20**). Ta metoda nie jest zbyt dokładna, gdyż trudno jest określić pozycję startową.

Wartości wytyczne dla przesuwu osiowego są podane dla:

- łożysk kulkowych wahlowych w **Dodatk F-1** (→ **strona 402**)
- łożysk baryłkowych w **Dodatk F-2** (→ **strona 403**)
- łożysk toroidalnych CARB w **Dodatk F-3** (→ **strona 404**)

Najbardziej właściwa jest metoda SKF Drive-up, która jest łatwym, szybkim i bardzo wiarygodnym sposobem osiągnięcia właściwego przesuwu osiowego, a w konsekwencji odpowiedniego pasowania ciasnego (→ *Metoda SKF Drive-up*, początek na **stronie 57**).

Ilustr. 20



Pomiar rozszerzenia pierścienia wewnętrznego

Pomiar rozszerzenia pierścienia wewnętrznego podczas przesuwania łożyska na czopie upraszcza proces montażu dużych łożysk. Aby dokonać takiego pomiaru, dostępna jest metoda SENSORMOUNT, wykorzystująca czujnik zintegrowany z pierścieniem wewnętrznym łożyska i specjalny przenośny miernik (→ *Metoda SENSORMOUNT*, **strona 67**).

Tabela 1

Odpowiednie narzędzia do metody SKF Drive-up (z kontrolą przesuwu osiowego łożyska)

Oznaczenie	Opis
Nakrętki hydrauliczne HMV ..E, np. HMV 40E HMVC ..E, np. HMVC 40E	Nakrętka hydrauliczna z gwintem metrycznym, np. M 200 × 3 Nakrętka hydrauliczna z gwintem calowym, np. ANF 7.847 × 8 Klasa 3
Pompy 729124 SRB	Ręczna pompa hydrauliczna do – ciśnienia roboczego maks. 100 MPa i – nakrętek hydraulicznych o średnicy gwintu do 270 mm
TMJL 100 SRB	Ręczna pompa hydrauliczna do – ciśnienia roboczego maks. 100 MPa i – nakrętek hydraulicznych o średnicy gwintu do 460 mm
TMJL 50 SRB	Ręczna pompa hydrauliczna do – ciśnienia roboczego maks. 50 MPa i – nakrętek hydraulicznych o średnicy gwintu do 1000 mm
Manometr TMJG 100 D	Zakres ciśnienia: 0 – 100 MPa
Czujniki zegarowe TMCD 10R TMCD 1/2R TMCD 5	Czujnik zegarowy poziomy do pomiaru przemieszczenia maks. 10 mm Czujnik zegarowy poziomy do pomiaru przemieszczenia w calach, maks. 5 cali. Czujnik zegarowy pionowy do pomiaru przemieszczenia maks. 5 mm

Ilustr. 21

Metoda SKF Drive-up

Metoda SKF Drive-up jest zalecana do montażu średnich i dużych łożysk. Ta metoda bazuje na dwuetapowej procedurze z użyciem nakrętki hydraulicznej wyposażonej w czujnik zegarowy.

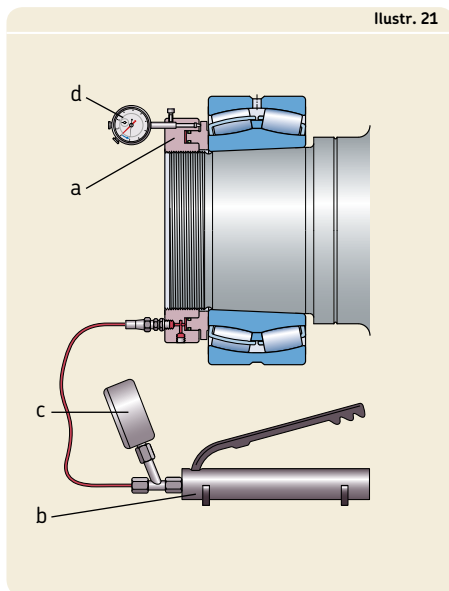
Etap pierwszy: poprzez podanie ciśnienia o ustalonej wcześniej wartości do nakrętki hydraulicznej uzyskiwana jest wiarygodna pozycja startowa.

Etap drugi: poprzez zwiększanie ciśnienia w nakrętce hydraulicznej, pierścień wewnętrzny łożyska jest dalej przesuwany na swoim stożkowym czopie. Przesunięcie jest mierzone za pomocą czujnika zegarowego, aż do momentu uzyskania określonego przesunięcia osiowego. Wartości wytyczne dla wymaganego ciśnienia oleju do uzyskania pozycji startowej oraz wielkości przesunięcia osiowego do osiągnięcia pozycji końcowej są podane dla:

- łożysk kulkowych wahliwych w **Dodatk H-1** (→ **strona 406**)
- łożysk baryłkowych w **Dodatk H-2** (→ **strona 407**)
- łożysk toroidalnych CARB w **Dodatk H-3** (→ **strona 411**)

Metoda SKF Drive-up wymaga następujących narzędzi (→ **tabela 1** i **ilustr. 21**):

- nakrętki hydraulicznej SKF HMV ..E lub HMVC ..E (**a**)
- pompy hydraulicznej o odpowiedniej wielkości (**b**)
- manometru, odpowiedniego do warunków montażu (**c**)
- odpowiedniego czujnika zegarowego (**d**)



Metoda SKF Drive-up: Krok po kroku

1 Przed rozpoczęciem, zapoznaj się z wytycznymi przedstawionymi w podrozdziale *Przygotowania do montażu*, rozpoczynającym się na **stronie 46**, i zastosuj je w miarę potrzeb.

2 Ustal, czy jedna, czy dwie powierzchnie przesuwają się podczas montażu (→ **ilustr. 22**):

- jedna powierzchnia: **przypadki 1, 2 i 3**
- dwie powierzchnie: **przypadki 4 i 5**

3 Sprawdź, czy średnica otworu łożyska i średnica gwintu nakrętki hydraulicznej są sobie równe (→ **ilustr. 22: przypadki 1, 3 i 4**).

Jeżeli tak, wymagane ciśnienie oleju do uzyskania pozycji startowej jest podane dla:

- łożysk kulkowych wahliwych w **Dodatk H-1** (→ **strona 406**)
- łożysk barytkowych w **Dodatk H-2** (→ **strona 407**)
- łożysk toroidalnych CARB w **Dodatk H-3** (→ **stronie 411**)

Jeśli średnica otworu łożyska i średnica gwintu nakrętki hydraulicznej nie są sobie równe (→ **ilustr. 22: przypadki 2 i 5**), wymagane ciśnienie oleju do uzyskania pozycji startowej musi zostać skorygowane, gdyż stosowana jest mniejsza nakrętka hydrauliczna niż pokazana dla odpowiedniego łożyska. W takich przypadkach, wymagane ciśnienie oleju może zostać obliczone z zależności

$$P_{\text{req}} = \frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{req}}} P_{\text{ref}}$$

gdzie

P_{req} = wymagane ciśnienie oleju dla rzeczywistości stosowanej nakrętki hydraulicznej [MPa]

P_{ref} = ciśnienie oleju podane dla referencyjnej nakrętki hydraulicznej [MPa]

A_{req} = powierzchnia tłoka rzeczywistości stosowanej nakrętki hydraulicznej [mm²]

A_{ref} = powierzchnia tłoka wyszczególnionej referencyjnej nakrętki hydraulicznej [mm²]

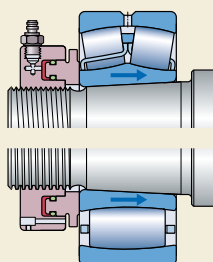
Odpowiednie wartości dla P_{ref} , A_{req} i A_{ref} są podane w wymienionych powyżej dodatkach.

4 Pokryj powierzchnie ślizgowe cienką warstwą rzadkiego oleju i umieść łożysko na stożkowym wale lub na tulei.

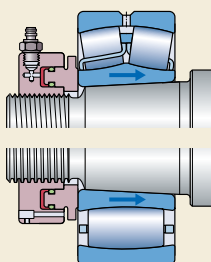
5 Nakręć nakrętkę hydrauliczną na gwint wału lub tulei tak, aby opierała się o łożysko lub tuleję wciskaną (→ **ilustr. 23**).

UWAGA: Szczegółowe instrukcje montażu, właściwe dla oznaczenia łożyska można znaleźć na stronie www.skf.com/mount.

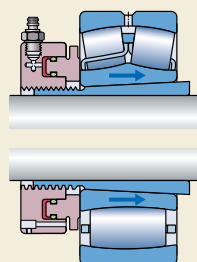
Kroki 2 i 3: Ustal ilość przesuwających się powierzchni i odpowiednie ciśnienie startowe.



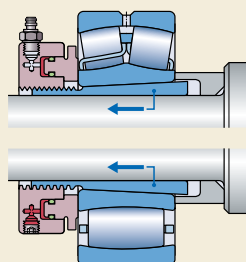
przypadek 1



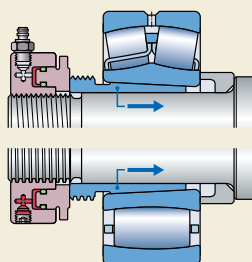
przypadek 2



przypadek 3

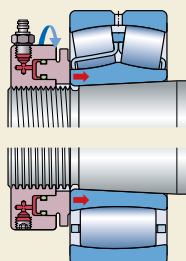


przypadek 4

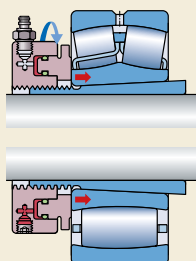


przypadek 5

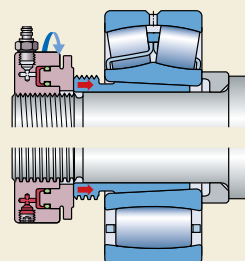
Krok 5: Umieść w odpowiednim położeniu nakrętkę hydrauliczną.



Wał stożkowy



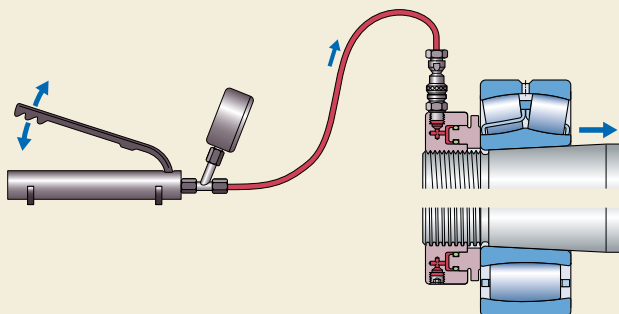
Tuleja wciągana



Tuleja wciskana

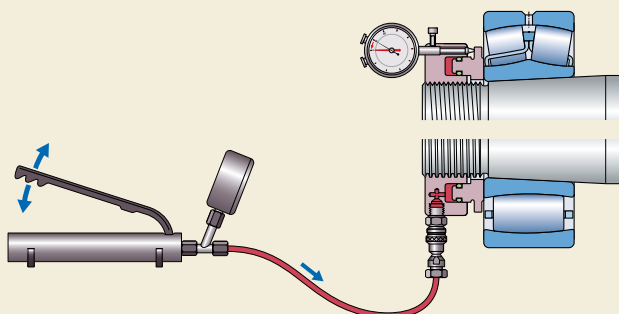
Ilustr. 24

Krok 6: Podaj do nakrętki olej o ciśnieniu odpowiednim do uzyskania pozycji startowej.



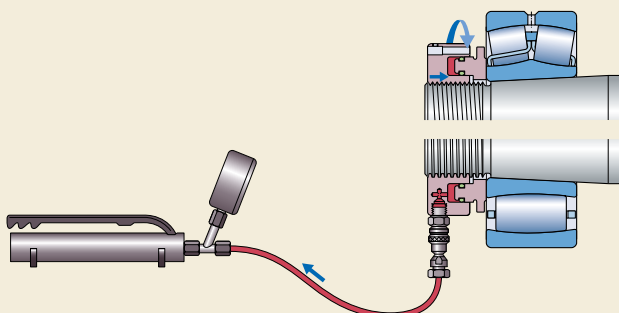
Ilustr. 25

Krok 7: Odczytaj wielkość przemieszczenia osiowego na czujniku zegarowym.



Ilustr. 26

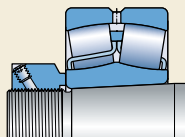
Krok 9: Spuść olej z nakrętki hydraulicznej.



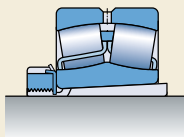
- 6 Podłącz pompę olejową do nakrętki hydraulicznej. Przesuń łożysko do jego pozycji startowej podając olej do nakrętki hydraulicznej, do momentu uzyskania wymaganego ciśnienia. Nie zwalnij ciśnienia (→ **ilustr. 24**).
- UWAGA:** Podczas montażu łożyska metodą SKF Drive-up w połączeniu z metodą wtrysku olejowego, nie wtryskuj oleju pomiędzy powierzchnie współpracujące, zanim łożysko osiągnie pozycję startową.
- 7 Zamocuj czujnik zegarowy do nakrętki hydraulicznej. Ustaw czujnik zegarowy na wymaganą wielkość przesuwu osiowego. Pompuj olej do nakrętki hydraulicznej, do momentu, gdy łożysko zostanie przesunięte o wymaganą odległość i czujnik zegarowy wskaże zero (→ **ilustr. 25**).
- UWAGA:** Jeżeli jest stosowana metoda wtrysku olejowego, otwórz zawór spustowy oleju w pompie (pompach) używanych do wtryskiwania oleju (do wału lub tulei) i pozwól, aby olej ściekał przez przynajmniej 20 minut.
- 8 Gdy montaż zostanie zakończony, otwórz zawór spustowy oleju w pompie, aby zwolnić ciśnienie oleju.
- 9 Aby spuścić olej, wciśnij tłok nakrętki hydraulicznej do jego oryginalnego położenia. Aby to zrobić, nakręć nakrętkę na gwint wału lub tulei (→ **ilustr. 26**).
- 10 Odłącz pompę olejową i zdejmij nakrętkę z wału lub tulei. Łożysko nie ulegnie złuzowaniu.
- 11 Zabezpiecz łożysko w miejscu jego osadzenia na wale lub na tulei, np. za pomocą odpowiedniego elementu mocującego (→ **ilustr. 27**).

Ilustr. 27

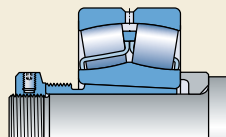
Krok 11: Zabezpiecz łożysko w miejscu jego osadzenia na wale lub na tulei.



Wał stożkowy



Tuleja wciągana



Tuleja wciskana

Metoda wtrysku olejowego

Stosowanie metody wtrysku olejowego (→ **ilustr. 28**) może w znacznym stopniu zmniejszyć wysiłek podczas montażu łożyska z otworem stożkowym. W tej metodzie olej pod wysokim ciśnieniem jest wtryskiwany między otwór łożyska a miejsce jego osadzenia w celu wytworzenia filmu olejowego. Ten film olejowy rozdziela dopasowane powierzchnie i w znacznym stopniu redukuje tarcie pomiędzy nimi.

Pod warunkiem, że wał został przygotowany do metody wtrysku olejowego (→ **Dodatek G, strona 405**), ta metoda może zostać użyta do montażu łożyska:

- na wale stożkowym
- na tulei wciąganej
- na tulei wciskanej

Sprzęt wymagany do metody wtrysku olejowego jest także dostępny z firmy SKF. Produkty są przedstawione i opisane w podrozdziale *Narzędzia hydrauliczne*, na **stronie 73**.

Jeżeli metoda wtrysku olejowego jest stosowana do montażu średnich i dużych łożysk, SKF zaleca stosowanie następującej procedury montażu.

Metoda wtrysku olejowego: Krok po kroku

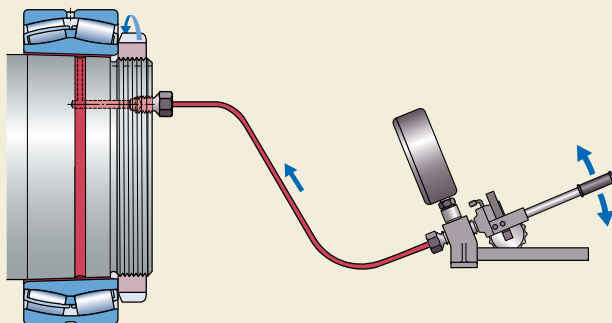
- 1 Przed rozpoczęciem, zapoznaj się z wytycznymi przedstawionymi w podrozdziale *Przygotowania do montażu*, rozpoczynającym się na **stronie 46**, i zastosuj je w miarę potrzeb.

- 2 Zmierz luz wewnętrzny promieniowy łożyska. Ustal także wymaganą redukcję luzu i wielkość przesunięcia osiowego (→ *Metoda SKF Drive-up*, początek na na **stronie 57**) łożyska. Wartości wytyczne są podane dla:

- łożysk kulkowych wahliwych w **Dodatk F-1** (→ **stronie 402**)
- łożysk baryłkowych w **Dodatk F-2** (→ **stronie 403**)
- łożysk toroidalnych CARB w **Dodatk F-3** (→ **stronie 404**)

UWAGA: Podczas pomiaru luzu wewnętrznego promieniowego łożyska postępuj zgodnie z instrukcjami przedstawionymi w podrozdziale *Pomiar luzu za pomocą szczelinomierza* na **stronie 52**.

Ilustr. 28



3 Montaż na tulei:

- Zdejmij nakrętkę i element zabezpieczający w przypadku, gdy stosowane jest rozwiązanie konstrukcyjne z takim zabezpieczeniem. Kiedy do przesuwania łożyska do miejsca jego osadzenia jest wykorzystywana nakrętka łożyskowa, pokryj gwint tulei i powierzchnię czołową nakrętki skierowaną w stronę łożyska pastą z dwusiarczkiem molibdenu.

4 Pokryj wszystkie współpracujące powierzchnie cienką warstwą rzadkiego oleju.**5 Rozpocznij montaż łożyska (→ ilustr. 29).**

Wał stożkowy:

- Nasuń łożysko na jego gniazdo.

Tuleja wciągana:

- Przesuń tuleję we właściwe miejsce. Umieść łożysko na tulei.

Tuleja wciskana:

- Umieść łożysko centrycznie na wale i dopchnij do występu oporowego. Wsuń tuleję po wale do otworu łożyska.

UWAGA: W przypadku nadmiernego oporu tarcia przy przesuwaniu tulei, nieznacznie rozszerz tuleję wkładając mały plastikowy klin w szczelinę tulei.

6 Zamontuj akcesoria we właściwym miejscu.

Wał stożkowy:

- Nakręć nakrętkę łożyskową lub nakrętkę hydrauliczną na wał do momentu, gdy łożysko zostanie mocno ustalone w swoim położeniu.

Tuleja wciągana:

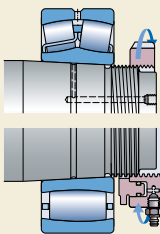
- Nakręć nakrętkę łożyskową lub nakrętkę hydrauliczną na tuleję do momentu, gdy łożysko zostanie mocno ustalone w swoim położeniu.

Tuleja wciskana:

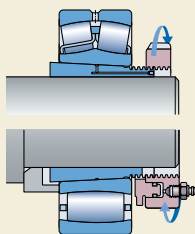
- Gdy używana jest nakrętka hydrauliczna lub stosowana jest metoda SKF Drive-up do wciśnięcia tulei do otworu łożyska, nakręć nakrętkę hydrauliczną na tuleję tłokiem zwróconym na zewnątrz, pozostawiając szczelinę szerokości równej co najmniej wielkości przesuwu osiowego przy montażu. Umieść element oporowy na wale, np. płytę mocowaną do końca wału, stanowiącą powierzchnię oporową dla tłoka.

Ilustr. 29

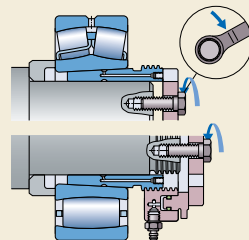
Kroki 5 i 6: Umieść łożysko i akcesoria we właściwym miejscu.



Wał stożkowy



Tuleja wciągana



Tuleja wciskana

7 Zainstaluj odpowiednie złączki i przewody (→ ilustr. 30).

Wał stożkowy:

- Wkręć złączkę w gwintowany otwór przeznaczony do zasilania olejem wykonany na końcu wału.

Tuleja wciągana:

- Wkręć przewód rurowy przedłużający z szybkozłączką do nagwintowanego otworu w tulei.

Tuleja wciskana:

- Wkręć przewód rurowy przedłużający z szybkozłączką do nagwintowanego otworu w tulei.

8 Podłącz odpowiednią pompę olejową (pompy olejowe).

UWAGA: Gdy stosowana jest metoda SKF Drive-up, postępuj zgodnie z procedurą opisaną w podrozdziale → *Metoda SKF Drive-up*, początek na **stronie 57**.

9 Wtryskuj olej o lepkości około 300 mm²/s w temperaturze 20 °C (70 °F), np. płyn montażowy SKF, między współpracujące powierzchnie, do momentu rozdzielenia stykających się powierzchni warstwą oleju (→ ilustr. 31).

10 Przesuń łożysko (→ ilustr. 32).

Wał stożkowy:

- Przesuń łożysko o ustaloną odległość do jego pozycji końcowej na wale dokręcając nakrętkę łożyskową lub używając nakrętki hydraulicznej.

Tuleja wciągana:

- Przesuń łożysko o ustaloną odległość do jego pozycji końcowej na tulei dokręcając nakrętkę łożyskową lub używając nakrętki hydraulicznej.

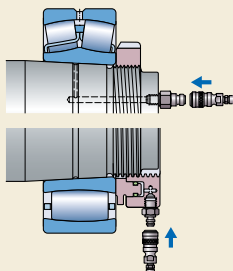
Tuleja wciskana:

- Wciśnij tuleję w otwór łożyska o ustaloną odległość osiową dokręcając po kolei śruby lub pompując olej do nakrętki hydraulicznej.

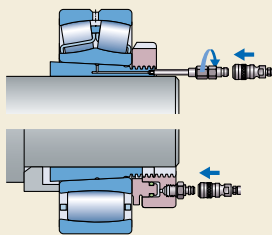
UWAGA: Gdy stosowana jest metoda SKF Drive-up, podawaj olej do nakrętki hydraulicznej do uzyskania odpowiedniego ciśnienia koniecznego do osiągnięcia pozycji startowej przez łożysko. Potem zainstaluj czujnik zegarowy i ustaw na nim wymaganą wielkość przesunięcia osiowego. Pompuj dalej olej do momentu, aż na czujniku zegarowym odczytasz, że łożysko zostało przesunięte o wymaganą odległość. Wskazanie na czujniku zegarowym będzie wynosiło wtedy zero.

Ilustr. 30

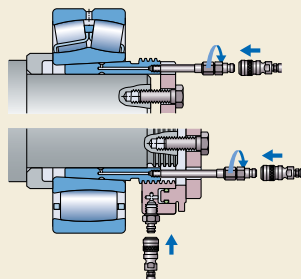
Kroki 7 i 8: Zainstaluj złączki i rurki oraz podłącz sprzęt stosowany w metodzie wtrysku olejowego.



Wał stożkowy



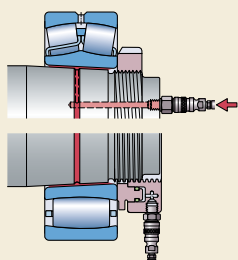
Tuleja wciągana



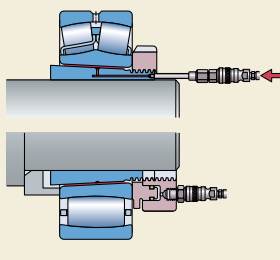
Tuleja wciskana

Ilustr. 31

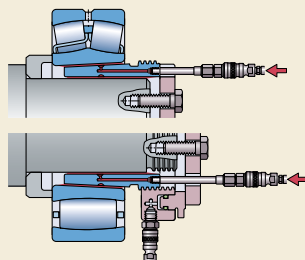
Krok 9: Wtryskuj olej pod wysokim ciśnieniem, aby rozdzielić współpracujące powierzchnie



Wał stożkowy



Tuleja wciągana

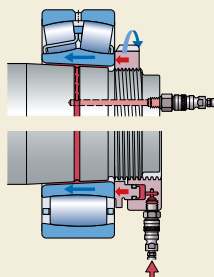


Tuleja wciskana

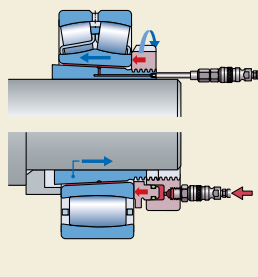
2

Ilustr. 32

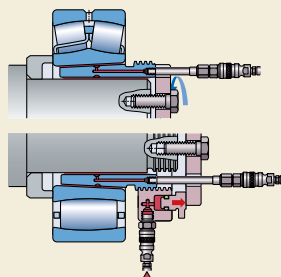
Krok 10: Przesuń łożysko.



Wał stożkowy



Tuleja wciągana



Tuleja wciskana

- 11** Gdy montaż zostanie zakończony, otwórz zawór spustowy oleju w pompie (pompach), używanej do wtryskiwania oleju. Pozwól, aby olej ściekał przez przynajmniej 20 minut.

OSTRZEŻENIE: Gdy stosowana jest metoda SKF Drive-up, nie zwalniaj ciśnienia w nakrętce hydraulicznej na tym etapie.

- 12** Sprawdź pomontażowy luz wewnętrzny promieniowy za pomocą szczelinomierza.

UWAGA: Gdy stosowana jest metoda SKF Drive-up, nie ma konieczności sprawdzania luzu wewnętrznego promieniowego po montażu.

- 13** Jeżeli pomontażowy luz wewnętrzny promieniowy jest zgodny z zalecanymi wartościami, odłącz zasilanie olejem od wału lub tulei (włącznie z przewodem rurowym przedłużającym) i zdemontuj złączki.

UWAGA: Gdy stosowana jest metoda SKF Drive-up, otwórz zawór spustowy na pompie, która zasila nakrętkę hydrauliczną. Aby spuścić olej z nakrętki, wciśnij tłok nakrętki hydraulicznej do jego położenia startowego, nakręcając nakrętkę na gwint.

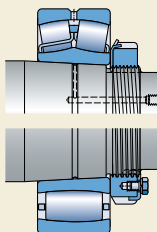
- 14** Zależnie od konstrukcji, zdejmij nakrętkę łożyskową, nakrętkę hydrauliczną lub odkręć śruby płyty mocowanej do końca wału. Łożysko (lub układ łożyska i tulei) nie ulegnie zluźwieniu.

- 15** Zabezpiecz łożysko w miejscu jego osadzenia za pomocą odpowiedniego elementu mocującego (→ **ilustr. 33**):

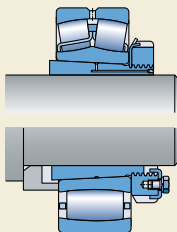
- Do nakrętek łożyskowych KM lub KML użyj odpowiedniej podkładki zabezpieczającej MB lub MBL.
- Do nakrętek łożyskowych serii HM 30 i HM 31 użyj dostarczanej w komplecie z nakrętkami podkładki kształtowej i śruby.
- Do zastosowań, gdzie stosowana jest płyta mocowana do końca wału użyj śrub i odpowiednich podkładek sprężystych.

Ilustr. 33

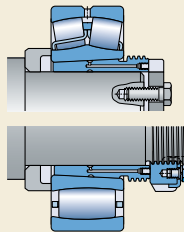
Krok 15: Zabezpiecz łożysko.



Wał stożkowy



Tuleja wciągana



Tuleja wciskana

Metoda SENSORMOUNT

Metoda SENSORMOUNT umożliwia dokładny montaż łożysk SKF – barytkowych i toroidalnych CARB z otworem stożkowym i średnicy otworu 340 mm i większej, bez mierzenia ani luzu wewnętrznego promieniowego w łożysku przed lub po montażu, ani wielkości przesunięcia osiowego łożyska na wale. Montaż jest szybki i dokładny.

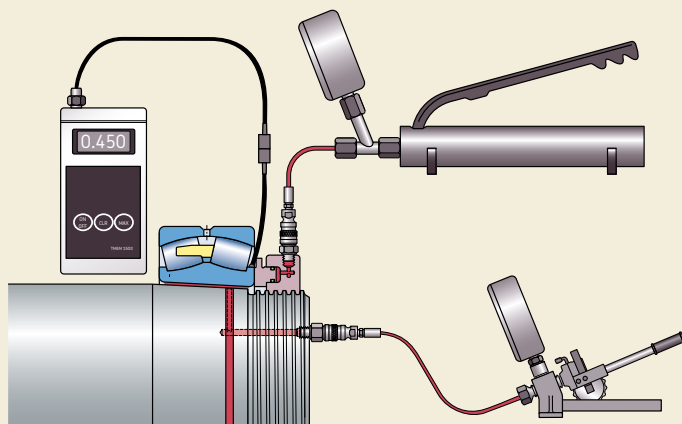
Ta metoda wykorzystuje czujnik osadzony w pierścieniu wewnętrznym łożyska i specjalny przenośny miernik (→ **ilustr. 34**). Miernik przetwarza informacje z czujnika. Rozszerzenie pierścienia wewnętrznego jest wyświetlane jako wzajemny stosunek między redukcją luzu (μm) i średnicą otworu łożyska (mm). Wartość 0,450 pokazywana na wyświetlaczu miernika jest zwykle stosowaną wartością graniczną dla łożysk pracujących w normalnych warunkach.

Aspekty takie jak wielkość łożyska, materiał wału, jego konstrukcja (pełny czy drążony) oraz gładkość powierzchni nie muszą być specjalnie brane pod uwagę.

Łożyska, które będą montowane na stożkowym wale lub na tulei wciąganej, mają czujnik po stronie mniejszej średnicy otworu pierścienia wewnętrznego – przedrostek oznaczenia ZE, np. ZE 23084 CAK/W33. Łożyska, które będą montowane na tulei wciskanej, mają czujnik po stronie większej średnicy otworu pierścienia wewnętrznego – przedrostek oznaczenia ZEB, np. ZEB C 23084 KM.

UWAGA: Szczegółowe instrukcje montażu są dostarczane razem z łożyskiem. Instrukcje można znaleźć także na stronie www.skf.com/mount.

Ilustr. 34



Montaż na gorąco

Wymagana różnica temperatury między pierścieniem łożyska a wałem lub oprawą zależy od rodzaju pasowania i średnicy osadzenia łożyska.

Podczas podgrzewania łożysk zasadnicze znaczenie ma kontrola temperatury:

- Nie podgrzewaj łożysk otwartych do temperatury wyższej niż 120 °C (250 °F).
- Nie podgrzewaj łożysk uszczelnionych do temperatury wyższej niż 80 °C (175 °F) z powodu ich wypełnienia smarem i/lub ze względu na materiał uszczelnienia.

W przypadku opraw, zwykle wystarczający jest umiarkowany wzrost temperatury, od 20 do 50 °C (35 do 90 °F), ponieważ rzadko kiedy wielkość wcisku jest duża.

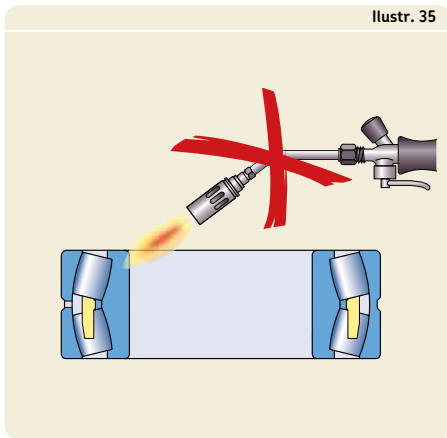
Kiedy już łożysko zostanie podgrzane, należy je umieścić w wymaganym miejscu tak szybko jak to możliwe, dosuwając do występu oporowego i trzymać w tej pozycji do momentu ostygnięcia łożyska. To takiego montażu SKF zaleca stosowanie przyrządu SKF do przenoszenia łożysk i wciągnika wielokrażkowego, zwłaszcza, gdy montowane są średnie i duże łożyska (→ ilustr. 7 do 9 na stronie 50).

OSTRZEŻENIE: Podczas montażu nigdy nie uderzaj w łożysko bezpośrednio twardym przedmiotem takim jak stalowy młotek lub przecinak, ani nie przykładaj siły montażowej przez elementy toczne.

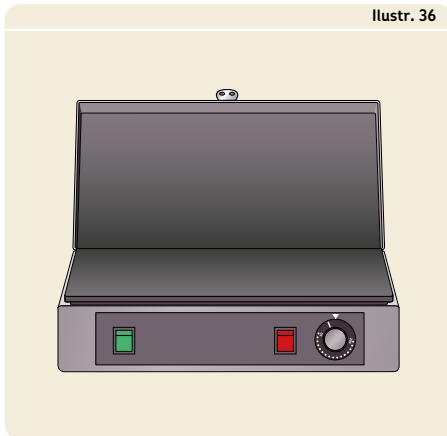
Aby podgrzać łożysko lub oprawę do właściwej temperatury szybko i bezpiecznie, SKF oferuje szeroki asortyment nagrzewnic. Poniżej są przedstawione dostępne techniki podgrzewania i ich typowe zastosowania.

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie podgrzewaj łożyska za pomocą otwartego płomienia (→ ilustr. 35)!

Ilustr. 35



Ilustr. 36



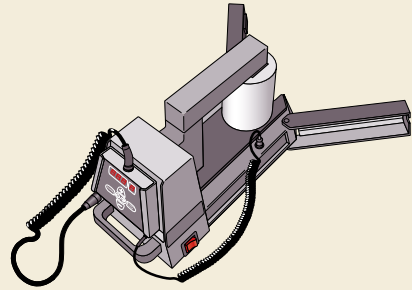
Elektryczne płyty grzewcze

Elektryczna płyta grzewcza (→ ilustr. 36) może być stosowana do podgrzewania małych łożysk lub małych opraw. Aby zapewnić równomierne nagrzewanie, łożyska muszą być kilkakrotnie obracane.

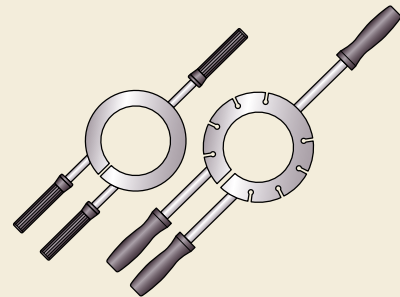
Elektryczna płyta grzewcza SKF jest sterowanym termostatycznie urządzeniem grzewczym o regulowanym zakresie temperatury od 50 do 200 °C (120 do 390 °F).

OSTRZEŻENIE: Łożyska uszczelnione nie powinny nigdy stykać się bezpośrednio z płytą grzewczą. Między łożyskiem a płytą należy umieścić pierścień.

Ilustr. 37



Ilustr. 38



Nagrzewnice indukcyjne

SKF zaleca stosowanie elektrycznej nagrzewnicy indukcyjnej (→ **ilustr. 37**) do podgrzewania łożysk tocznych. Nagrzewnice indukcyjne podgrzewają równomiernie łożyska w stosunkowo krótkim czasie i są szczególnie bezpieczne, ponieważ obudowa nagrzewnicy i zwory nigdy nie są gorące.

Nagrzewnice indukcyjne powodują namagnesowanie łożyska. Z tego powodu, bardzo ważne jest zdemagnetyzowanie łożyska przed jego zamontowaniem. Wszystkie nagrzewnice indukcyjne SKF mają funkcję automatycznej demagnetyzacji. Nagrzewnice są dostępne w szeregu rozmiarów do podgrzewania łożysk o średnicy otworu od 20 mm w górę.

Instrukcje obsługi są dostarczane razem z nagrzewnicami.

Aluminiowe pierścienie grzewcze

Aluminiowe pierścienie grzewcze (→ **ilustr. 38**), oryginalnie stworzone do demontażu pierścieni wewnętrznych łożysk walcowych typu NU, NJ i NUP, mogą być także wykorzystane do montażu.

Aluminiowe pierścienie grzewcze SKF są dostępne do łożysk o rozmiarach 204 do 252, 304 do 340 oraz 406 do 430.

Instrukcje obsługi są dostarczane razem z pierścieniami.

Komory grzewcze

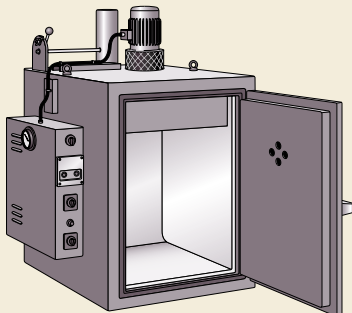
Komory grzewcze są typowo stosowane, gdy trzeba podgrzać większą liczbę małych łożysk lub pewną ilość łożysk o różnych rozmiarach, a także do podgrzewania małych opraw.

Odpowiednie komory grzewcze są wyposażone w regulowany termostat i wentylator (→ **ilustr. 39**). Wentylator wymusza obieg gorącego powietrza w celu utrzymywania równomiernej temperatury w całej komorze.

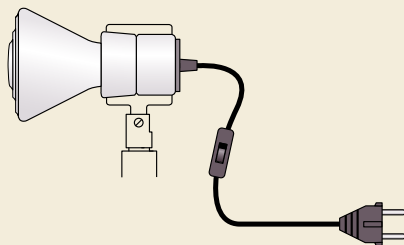
Promienniki podczerwieni

Promienniki podczerwieni zapewniają czysty, bezpieczny i bardzo prosty sposób podgrzewania małych, cienkościennych opraw. Promiennik podczerwieni obudowany w zakrywkę gwintowaną jest umieszczany w otworze oprawy i zostaje włączony. Zwykle nagrzanie obudowy do wymaganej temperatury trwa tylko kilka minut, ponieważ rzadko stosuje się bardzo ciasne pasowania między otworem oprawy a łożyskiem (→ **ilustr. 40**). Po zakończeniu grzania wyłącz promiennik, usuń go z otworu oprawy i szybko wciśnij zimne łożysko we właściwe miejsce.

Ilustr. 39



Ilustr. 40



Panele grzewcze

Elastyczne panele grzewcze są doskonałym i bezpiecznym rozwiązaniem do podgrzewania opraw bez stosowania skomplikowanych urządzeń. Są one wykonywane z wielu elastycznych materiałów i są dostępne w różnych rodzajach i wielkościach (→ **ilustr. 41**).

Panele grzewcze nadają się do wykorzystania w pojedynczych przypadkach, gdy zachodzi potrzeba podgrzania elementu, np. mogą zostać użyte do przykrycia oprawy lub umieszczone w otworze oprawy, albo położone płasko.

PRZESTROGA

Nie kładź dużych ciężkich łożysk na panelach grzewczych, gdyż może to uszkodzić elementy grzewcze i spowodować niebezpieczeństwo porażenia elektrycznego.

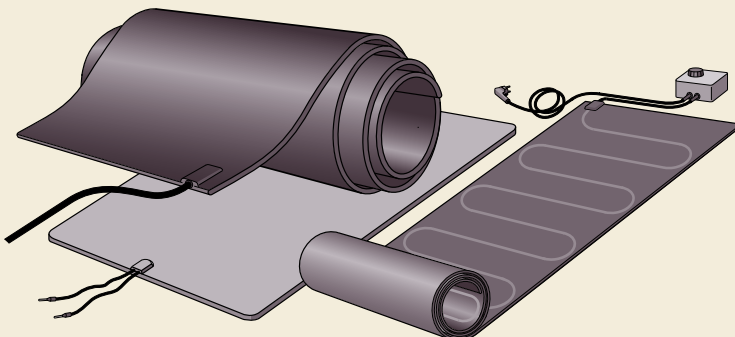
Kąpiele olejowe

Wiele lat temu kąpiele olejowe były popularnym sposobem podgrzewania łożysk i małych opraw. Dzisiaj ta metoda nie jest już zalecana ze względów ekonomicznych, ochrony środowiska i bezpieczeństwa. Jednakże, czasami nie ma alternatywy dla tego sposobu grzania.

Kiedy łożysko jest podgrzewane w kąpielii olejowej, należy przestrzegać kilku podstawowych zasad. Używaj tylko czystego oleju o temperaturze zapłonu ponad 250 °C (480 °F) i czystego zbiornika z regulowanym termostatem.

Co więcej, łożyska lub pierścienie łożyskowe nie powinny nigdy stykać się bezpośrednio ze zbiornikiem. Po podgrzaniu łożyska i przed nasunięciem łożyska do jego miejsca osadzenia na wale, pozwól, aby olej pokrywający łożysko ścięł, a następnie wytrzyj do czysta zewnętrzną stronę łożyska.

Ilustr. 41



Narzędzia montażowe SKF

Używanie właściwych narzędzi montażowych, stosowanie odpowiedniej metody montażu i postępowanie zgodnie z poprawnymi procedurami pomoże uniknąć przedwczesnych uszkodzeń łożysk i zapewni prawidłową pracę łożyska. Z tych wielu powodów zakres narzędzi montażowych SKF obejmuje:

- narzędzia mechaniczne
- narzędzia hydrauliczne
- urządzenia grzewcze
- rękawice

Przegląd narzędzi i produktów SKF do montażu jest przedstawiony w **Dodatk J**, rozpoczynającym się na **stronie 416**. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

Narzędzia mechaniczne

SKF dostarcza pełny asortyment narzędzi mechanicznych, takich jak narzędzia do montażu łożysk i przyrządy do przenoszenia łożysk oraz klucze do wszystkich powszechnie spotykanych przypadków montażu.

Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF składa się z 36 pierścieni udarowych o różnych rozmiarach, umożliwiających montaż ponad 400 różnych łożysk (a także różnorodnych uszczelnień).

Asortyment kluczy maszynowych SKF obejmuje klucze hakowe (w tym klucze regulowane i specjalne klucze hakowe), klucze udarowe i tuleje do nakrętek łożyskowych.

Tabela 2

Tabela doboru pomp i wtryskiwaczy olejowych SKF

Maks. ciśnienie robocze	Pompa Oznaczenie	Opis	Pojemność zbiornika oleju	Przyłącze	Zastosowanie
MPa	–	–	cm ³	–	–
50	TMJL 50	Pompa ręczna	2 700	G 1/4	Wszystkie nakrętki HMV ..E
100	729124 TMJL 100	Pompa ręczna Pompa ręczna	250 800	G 1/4 G 1/4	Nakrętki hydrauliczne ≤ HMV 54E Nakrętki hydrauliczne ≤ HMV 92E
150	THAP 150 728619 E	Pompa z napędem pneumatycznym Pompa ręczna	Oddzielny zbiornik 2 550	G 3/4 G 1/4	Wszystkie nakrętki HMV ..E, metoda wtrysku olejowego Nakrętki hydrauliczne wszystkich rozmiarów, metoda wtrysku olejowego
300	THAP 300E 226400 729101 B TMJE 300	Pompa z napędem pneumatycznym Wtryskiwacz olejowy ręczny Zespół wtryskiwacza olejowego ręcznego Zespół wtryskiwacza olejowego ręcznego	Oddzielny zbiornik 200 200 200	G 3/4 G 3/4 Kilka Kilka	Duże złącza ciśnieniowe, metoda wtrysku olejowego Metoda wtrysku olejowego, tuleje wciągane i wciskane Metoda wtrysku olejowego, tuleje wciągane i wciskane Metoda wtrysku olejowego, tuleje wciągane i wciskane
400	729101 E	Zespół wtryskiwacza olejowego ręcznego	200	G 1/4	Metoda wtrysku olejowego, złącza wysokociśnieniowe

Narzędzia hydrauliczne

SKF opracował obszerny asortyment narzędzi hydraulicznych, obejmujący nakrętki hydrauliczne, pompy hydrauliczne i wtryskiwacze olejowe, w celu ułatwienia montażu łożysk.

Nakrętki hydrauliczne SKF mają następujące właściwości:

- Nakrętki serii HMV ..E, o średnicy gwintu od 50 do 200 mm włącznie mają gwint metryczny zgodny z ISO 965-3:1998, klasa tolerancji 6H.
- Nakrętki serii HMV ..E, o średnicy gwintu od 205 do 1000 mm włącznie mają gwint metryczny trapezowy zgodny z ISO 2901:1977, klasa tolerancji 7H.
- Nakrętki serii HMVC ..E, o średnicy gwintu od 1.967 do 12.5625 cala włącznie mają gwint calowy – amerykański zunifikowany, typ NS, zgodny z ANSI B1.1-1974, klasa 3.
- Nakrętki serii HMVC ..E, o średnicy gwintu od 13.339 do 37.410 cala włącznie mają gwint calowy – znormalizowany amerykański gwint trapezowy symetryczny, zgodny z ANSI B 1.5-1957, klasa 3G.

Pompy hydrauliczne i wtryskiwacze olejowe SKF są dostępne w różnych wykonaniach konstrukcyjnych i wielkościach (→ **tabela 2**). SKF oferuje także asortyment wyposażenia dodatkowego, takiego jak przewody rurowe wysokociśnieniowe, złączki, przewody wysokociśnieniowe i manometry.

Urządzenia grzewcze

Asortyment urządzeń grzewczych SKF obejmuje nagrzewnice indukcyjne, elektryczne płyty grzewcze i aluminiowe pierścienie grzewcze, do wykorzystania we wszystkich typowych pracach montażowych.

Rękawice

SKF dostarcza różnego rodzaju rękawice do bezpiecznego manipulowania łożyskami i innymi elementami. Dostępne są cztery typy rękawic, każdy dopasowany do określonych warunków pracy:

- specjalne rękawice robocze
- rękawice termoizolacyjne
- rękawice odporne na bardzo wysokie temperatury
- rękawice odporne na ciepło i olej

Instrukcje montażu łożysk różnych typów

Metody i narzędzia montażowe wymienione w podrozdziale *Przygotowania do montażu*, rozpoczynającym się na **stronie 46**, mogą być generalnie stosowane do wszystkich typów łożysk tocznych. Jednakże ze względu na swoją konstrukcję, rozmiar lub wagę, niektóre rodzaje łożysk wymagają dodatkowej uwagi lub użycia specjalnych metod montażowych. Do tych łożysk należą:

- jednorzędowe łożyska kulkowe skośne i łożyska stożkowe
- łożyska kulkowe skośne z dwuczęściowym pierścieniem wewnętrznym
- łożyska kulkowe wahiwe z wystającymi kulkami
- łożyska kulkowe wahiwe uszczelnione
- łożyska kulkowe wahiwe z szerokim pierścieniem wewnętrznym
- jednorzędowe łożyska walcowe i igiełkowe z koszykiem
- wielorzędowe łożyska walcowe i stożkowe
- łożyska baryłkowe i łożyska toroidalne CARB

Montaż łożysk kulkowych skośnych

Łożyska kulkowe skośne jednorzędowe są zwykle nastawiane względem drugiego łożyska w niedzielonej oprawie, albo w układzie X, albo w układzie O, aby zrównoważyć przeciwdziałające siły.

Łożyska pojedyncze

Pojedyncze łożyska kulkowe skośne są przeznaczone do łożyskowań, gdzie w każdym węźle łożyskowym jest stosowane tylko jedno łożysko. Mimo, że pierścienie łożysk są wykonywane w bardzo wąskich tolerancjach szerokości, te łożyska nie nadają się do montażu, gdzie jedno łożysko styka się bezpośrednio z drugim.

Łożyskowania nastawne, nazywane także dwustronnym ustaleniem, gdzie wał jest ustalony przez jedno z łożysk w położeniu osiowym w jednym kierunku, zaś przez drugie łożysko w kierunku przeciwnym, są stosowane zazwyczaj do krótkich wałów. Wymagany luz lub napięcie wstępne w tych układach łożysk są uzyskiwane podczas montażu, poprzez przesuwanie jednego pierścienia łożyska w kierunku osiowym.

Nastawianie łożysk w układzie X

Zawsze, gdy jest taka możliwość, SKF zaleca nastawianie łożysk w układzie X (zbieżnym), kiedy wał jest w pozycji pionowej, dzięki czemu jest wspierany przez dolne łożysko.

Zmierz odległość od powierzchni czołowej pierścienia zewnętrznego do powierzchni czołowej oprawy (→ **ilustr. 42**). Określ potrzebną szerokość występu pokrywy zamykającej na podstawie wymaganego podczas pracy luzu osiowego lub napięcia wstępnego. Jeżeli jest to konieczne, ustal odpowiednią grubość podkładek, jakie należy włożyć albo między oprawę a pokrywę zamykającą, albo między pierścień zewnętrzny łożyska a pokrywę zamykającą.

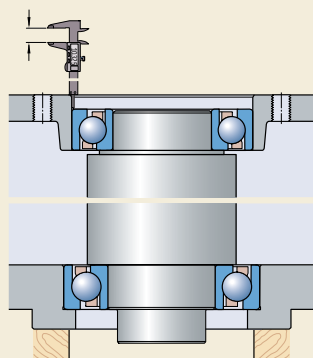
Zamontuj odrobioną ostatecznie pokrywę zamykającą (i podkładki) i obróć wał z łożyskami do pozycji poziomej.

W przypadku łożyskowań z luzem roboczym, zweryfikuj rezultat nastawiania mierząc pozostający luz osiowy za pomocą czujnika zegarowego (→ **ilustr. 43**).

UWAGA: Bezpośrednie pomiary za pomocą czujnika zegarowego nie są właściwe dla łożyskowań z napięciem wstępnym. W praktyce do uzyskania napięcia wstępnego są stosowane metody pośrednie, np. poprzez dobór pasowania, pomiary przemieszczenia lub kontrolę momentu tarcia. W celu uzyskania pomocy przy obliczaniu napięcia wstępnego skontaktuj się ze specjalistą SKF.

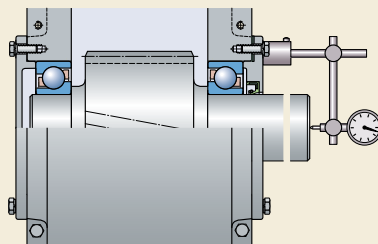
UWAGA: Podczas pracy zazwyczaj dochodzi do zmniejszenia luzu (wzrasta napięcie wstępne) w rezultacie wzrostu temperatury i różnicy temperatur między pierścieniem zewnętrznym i wewnętrznym łożyska oraz innych czynników takich jak prędkość i obciążenie.

Ilustr. 42



2

Ilustr. 43



Nastawianie łożysk w układzie O

Podczas nastawiania łożysk w układzie O (rozbieżnym), dokręć nakrętkę łożyskową lub śruby płyty mocowanej do końca wału, równocześnie obracając wał (→ **ilustr. 44**).

W przypadku łożyskowań z luzem zmierz pozostający luz osiowy za pomocą czujnika zegarowego (→ **ilustr. 45**). Jeżeli pozostający luz osiowy jest zbyt duży, dokręć nakrętkę łożyskową lub śruby płyty mocowanej do końca wału. Jeżeli pozostający luz osiowy jest zbyt mały, zdemontuj łożyska i rozpocznij proces ponownie.

UWAGA: Bezpośrednie pomiary za pomocą czujnika zegarowego nie są właściwe dla łożyskowań z napięciem wstępnym. W praktyce do uzyskania napięcia wstępnego są stosowane metody pośrednie, np. poprzez dobór pasowania, pomiary przemieszczenia lub kontrolę momentu tarcia. W celu uzyskania pomocy przy obliczaniu napięcia wstępnego skontaktuj się ze specjalistą SKF.

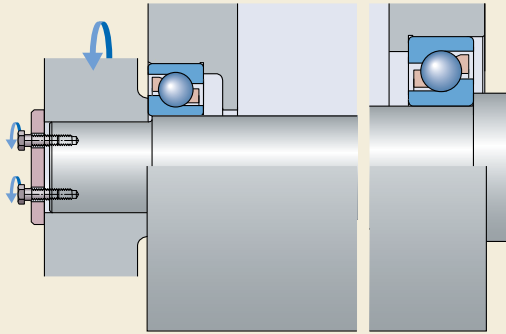
Jeżeli między pierścieniami wewnętrznymi obu łożysk jest stosowana tuleja dystansowa (→ **ilustr. 46**), wymagany luz lub napięcie wstępne mogą zostać uzyskane poprzez odpowiednie zmniejszenie szerokości tulei dystansowej za pomocą szlifowania.

UWAGA: Podczas pracy zazwyczaj dochodzi do zmniejszenia luzu (wzrasta napięcie wstępne) w rezultacie wzrostu temperatury i różnicy temperatur między pierścieniem zewnętrznym i wewnętrznym łożyska oraz innych czynników takich jak prędkość i obciążenie.

Łożyska do uniwersalnej zabudowy i zespoły dopasowanych łożysk

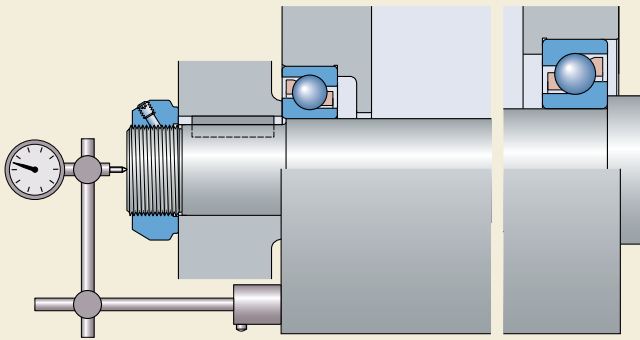
Kiedy dwa łożyska kulkowe skośne (lub więcej) są montowane w takim układzie, że do siebie bezpośrednio przylegają, należy zastosować albo łożyska do uniwersalnej zabudowy, albo zespoły dopasowanych łożysk. Te łożyska są już przy produkcji tak wzajemnie dopasowane, że przy zabudowie bezpośrednio obok siebie w dowolnym układzie zapewniają określony luz lub napięcie wstępne i/lub równomierny rozkład obciążenia, bez konieczności stosowania podkładek regulacyjnych lub podobnych elementów.

Ilustr. 44

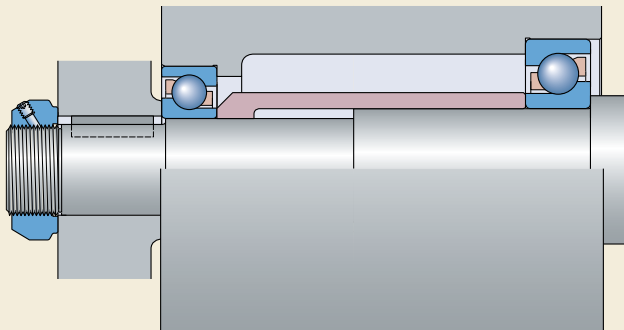


2

Ilustr. 45



Ilustr. 46



Łożyska kulkowe skośne z dwuczęściowym pierścieniem wewnętrznym

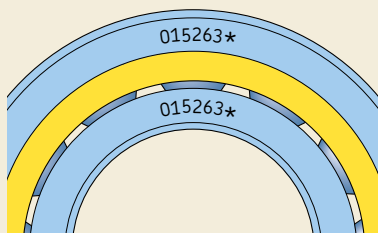
W przypadku dwurzędowych łożysk kulkowych skośnych z dwuczęściowym pierścieniem wewnętrznym oraz łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych dwukierunkowych (czteropunktowych) musi być zachowana specjalna kolejność montażu (→ **ilustr. 47**).

Najpierw, zamontuj we właściwym położeniu pierwszą (wewnętrzną) połówkę pierścienia wewnętrznego łożyska (**1**). Następnie, umieść pierścień zewnętrzny ze złożeniem (złożeniami) koszyka i elementów tocznych na zamontowaną połówkę pierścienia wewnętrznego (**2**). Na koniec, zainstaluj drugą (zewnętrzną) połówkę pierścienia wewnętrznego łożyska dociskając ją do zamontowanej już części pierścienia wewnętrznego (**3**).

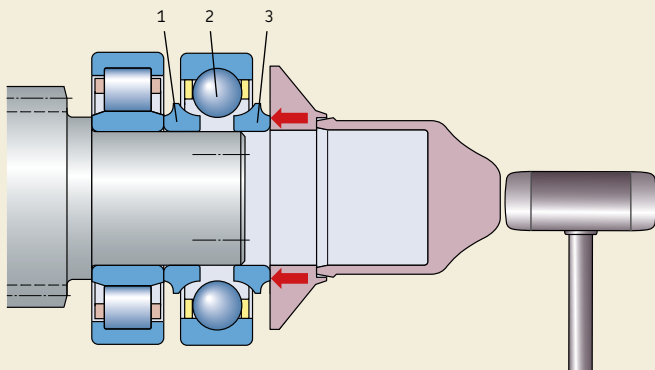
Małe pierścienie wewnętrzne mogą być montowane za pomocą narzędzia do montażu łożysk i młotka do tłumionych uderzeń, większe łożyska należy podgrzać przed montażem.

UWAGA: Łożyska kulkowe skośne jednorzędowe dwukierunkowe (czteropunktowe) SKF Explorer są znakowane numerem seryjnym na powierzchni czołowej pierścienia zewnętrznego i na powierzchniach czołowych obu połówek pierścienia wewnętrznego (→ **ilustr. 48**). Gwiazdka na jednej powierzchni czołowej pierścienia zewnętrznego i powierzchni czołowej jednej połówki pierścienia wewnętrznego umożliwia montaż łożyska w takim samym układzie, w jakim było łożysko oryginalnie po wyprodukowaniu.

Ilustr. 48



Ilustr. 47



Ilustr. 49

Montaż łożysk kulkowych wahlowych

Łożyska o konstrukcji podstawowej z wystającymi kulkami

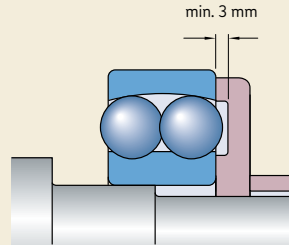
Kulki niektórych łożysk kulkowych wahlowych serii 12 ($d \geq 120$ mm) i serii 13 ($d \geq 90$ mm) wystają poza powierzchnię czołową łożyska. Ta cecha konstrukcyjna musi być uwzględniona podczas montażu tych łożysk

W przypadku łożysk z otworem walcowym, SKF zaleca montaż na gorąco. Jeżeli łożysko ma być montowane na zimno, pośredni pierścień montażowy narzędzia do montażu musi mieć wybrania o głębokości przynajmniej 3 mm, aby uniknąć uszkodzenia kulek (→ **ilustr. 49**).

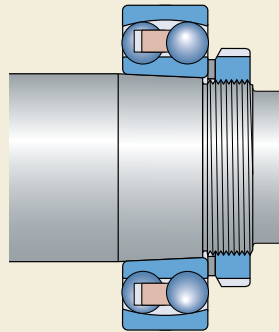
Jeśli łożysko ma otwór stożkowy, SKF zaleca stosowanie metody SKF Drive-up (→ **strona 57**), w połączeniu z pierścieniem dystansowym lub podkładką pośrednią (→ **ilustr. 50**).

Łożyska uszczelnione z otworem stożkowym

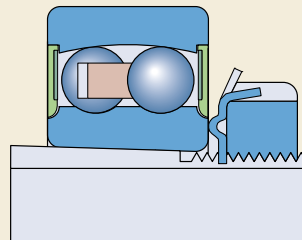
Kiedy uszczelnione łożysko kulkowe wahlowe jest montowane na tulei wciąganej, zastosuj tuleję wciąganą serii H 3 .. C. Te tuleje są wyposażone w specjalną podkładkę zabezpieczającą, która ma występ na powierzchni czołowej zapobiegający uszkodzeniu uszczelnienia (→ **ilustr. 51**).

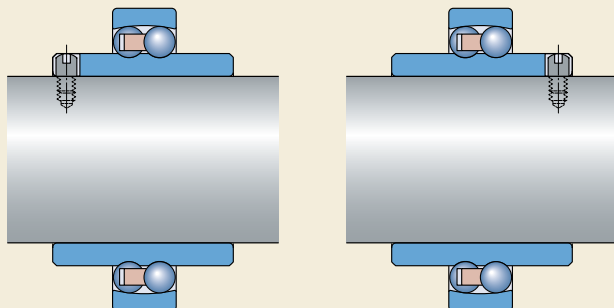


Ilustr. 50



Ilustr. 51





Łożyska z szerokim pierścieniem wewnętrznym

Ustalanie położenia na wale łożysk kulowych wahliwych z szerokim pierścieniem wewnętrznym odbywa się za pomocą kołka lub wkręta sztykowego. Kiedy dwa takie łożyska są stosowane do łożyskowania wału, powinny być one osadzone w taki sposób, że szczeliny w pierścieniach wewnętrznych są albo skierowane do siebie, albo są zlokalizowane po przeciwnych stronach (→ **ilustr. 52**). Jeżeli nie zostanie uzyskany taki układ, wał będzie ustalony osiowo tylko w jednym kierunku.

Montaż łożysk walcowych i igiełkowych

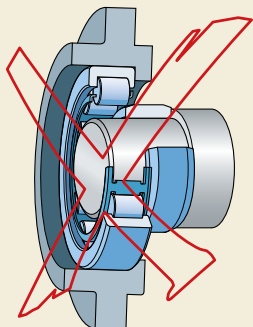
Łożyska walcowe i igiełkowe jednorzędowe z koszykiem

Wiele łożysk walcowych i igiełkowych ma konstrukcję rozłączną. Na przykład w łożyskach walcowych typu NU pierścień zewnętrzny ze złożeniem koszyka i elementów tocznych może być montowany niezależnie od pierścienia wewnętrznego, co upraszcza montaż.

Kiedy zakładany jest pierścień wewnętrzny ze złożeniem koszyka i elementów tocznych lub bez, SKF zaleca montaż na gorąco. Metoda użyta do podgrzania montowanego elementu zależy od rozmiaru pierścienia (→ *Montaż na gorąco*, początek na **stronie 68**).

OSTRZEŻENIE: Przed montażem nałóż olej lub smar plastyczny na wałeczki i bieżnię łożyska. Obracaj wał lub oprawę podczas montażu. Upewnij się, że złożenie koszyka i elementów tocznych nie przekrzywiło się podczas zakładania (→ **ilustr. 53**), gdyż w przeciwnym razie może dojść do uszkodzenia wałeczków i bieżni.

Ilustr. 53



Ilustr. 54

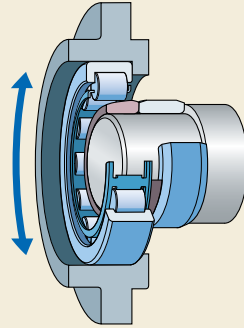
Aby uniknąć przekrzywienia się złożenia koszyka i elementów tocznych podczas montażu SKF zaleca:

- stosuj tuleję montażową do łożysk montowanych na wałach poziomych (→ ilustr. 54)
- stosuj tuleję montażową i pręty prowadzące przymocowane do oprawy w przypadku łożysk montowanych na długich wałach i gdy montaż odbywa się w pozycji pionowej (→ ilustr. 55)

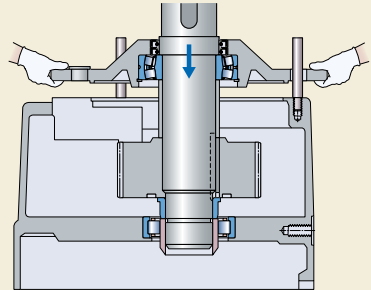
Kiedy używana jest tuleja montażowa, średnica zewnętrzna tulei powinna być taka sama jak średnica bieżni pierścienia wewnętrznego i powinna być obrobiona w polu tolerancji $d10$ dla łożysk walcowych i w zakresie odchyłek $0/-0,025$ mm dla łożysk igiełkowych.

OSTRZEŻENIE: Kiedy stosujesz nagrzewnicę indukcyjną upewnij się, że pierścień jest zdemagnetyzowany, zanim zdejmiesz go z nagrzewnicy. Wszystkie nagrzewnice SKF mają funkcję automatycznej demagnetyzacji.

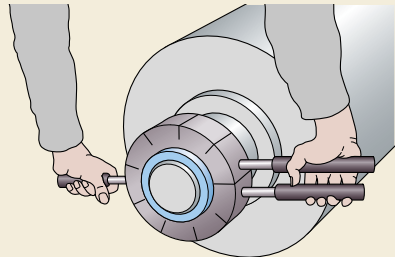
Kiedy używasz aluminiowego pierścienia grzewczego (→ ilustr. 56), pokryj bieżnię pierścienia wewnętrznego łożyska olejem odpornym na utlenianie, np. olejem smarowym CLP68, zanim założysz podgrzany pierścień aluminiowy i usuń olej po zakończeniu montażu.



Ilustr. 55



Ilustr. 56



Łożyska walcowe czterorzędowe

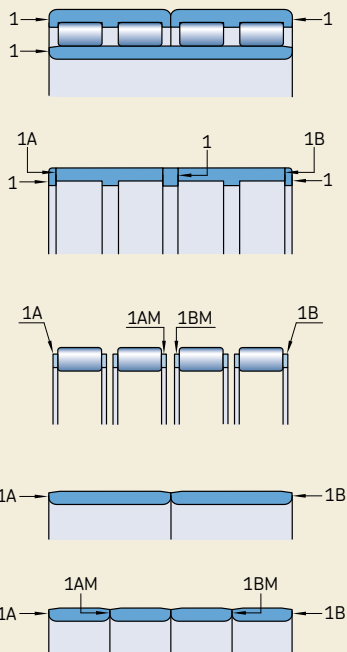
Łożyska walcowe czterorzędowe są typowo stosowane w walcarkach i innych wysokoobciążonych aplikacjach. Łożyska te mają budowę rozłączną z ruchomym pierścieniem wewnętrznym i są produkowane w wielu wariantach konstrukcyjnych, które różnią się zasadniczo ilością pierścieni wewnętrznych i zewnętrznych oraz liczbą swobodnych lub zintegrowanych obrzeży na pierścieniu zewnętrznym.

SKF zaleca montaż (i demontaż) pierścienia wewnętrznego (pierścieni wewnętrznych) przy użyciu specjalnej stałej nagrzewnicy indukcyjnej SKF i wykonanej dodatkowo tulei montażowej (→ *Montaż łożysk walcowych czterorzędowych przy użyciu specjalnej tulei montażowej*).

Podczas montażu poszczególne elementy łożyska muszą zostać zainstalowane w prawidłowej kolejności (→ *ilustr. 57*). Dodatkowo, wszystkie części łożyska są znakowane tym samym numerem seryjnym, dzięki czemu nie ma ryzyka, że zostaną pomieszczone elementy, kiedy w tym samym czasie będzie montowanych kilka łożysk. Pierścienie wewnętrzne i pary pierścieni wewnętrznych są w pełni zamienne i nie muszą mieć naniesionego takiego samego numeru seryjnego jak inne części łożyska.

Powierzchnie czołowe pierścieni zewnętrznych są podzielone na cztery strefy oznaczone od I do IV. Na każdym łożysku położenie strefy I jest także identyfikowane przez linię biegnącą wzdłuż powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego. Gdy łożysko jest montowane po raz pierwszy, strefa I powinna być typowo zlokalizowana w strefie obciążenia. Zależnie od warunków roboczych pierścienie zewnętrzne są zwykle obracane o 90° po określonym czasie pracy, przez co różne części pierścieni zewnętrznych łożyska znajdują się w strefie obciążenia, a to wydłuża trwałość eksploatacyjną łożyska.

Ilustr. 57



Ilustr. 58

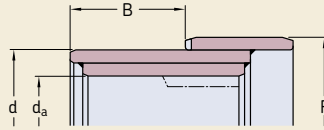
Montaż łożysk walcowych czterorzędowych przy użyciu specjalnej tulei montażowej

Ilustr. 58 przedstawia użycie specjalnej tulei montażowej, typowo stosowanej do montażu łożyska walcowego czterorzędowego z dwuczęściowym pierścieniem wewnętrznym i dwuczęściowym pierścieniem zewnętrznym.

Średnica zewnętrzna tulei jest stopniowana. Mniejsza średnica zewnętrzna odpowiada średnicy otworu pierścienia wewnętrznego. Większa średnica zgadza się ze średnicą bieżni pierścienia wewnętrznego. Szerokość obu gniazd jest taka sama jak szerokość pierścienia wewnętrznego (pierścieni wewnętrznych). Mniejsza średnica zewnętrzna jest przeznaczona do montażu pierścienia wewnętrznego (pierścieni wewnętrznych), większa średnica zewnętrzna jest wykorzystywana, gdy jest zakładany pierścień zewnętrzny (pierścienie zewnętrzne) ze złożeniami koszyków i elementów tocznych.

Procedura montażu pierścieni wewnętrznych jest następująca (→ **ilustr. 59**):

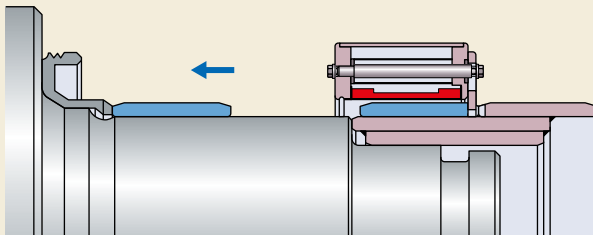
- 1 Zamontuj potrzebne elementy między pierścieniem wewnętrznym a występem oporowym na wale.
- 2 Włóż pierwszy pierścień na tuleję.
- 3 Umieść tuleję (z pierścieniem wewnętrznym) na średnicy zewnętrznej wału pomocniczego czopa walca.
- 4 Umieść nagrzewnicę w odpowiednim miejscu i nagrzej pierścień wewnętrzny do wymaganej temperatury.
- 5 Nasuń pierścień wewnętrzny do miejsca osadzenia dociskając do występu oporowego.



B = szerokość pierścienia wewnętrznego (pierścieni wewn.)
 F = średnica bieżni
 d = średnica otworu pierścienia wewn.
 d_a = średnica tulei wspierającej

- 6 Dociskaj pierścień do momentu jego ostygnięcia.
- 7 Zdejmij tuleję.
- 8 Zamontuj drugi pierścień wewnętrzny, powtarzając **kroki 2 do 7**.

Ilustr. 59



Montaż łożysk tocznych

Procedura montażu pierścieni zewnętrznych jest następująca (→ **ilustr. 60**):

- 1 Nasmaruj złożenia koszyków i elementów tocznych oraz bieżnię pierścieni zewnętrznych środkiem smarnym, jaki będzie stosowany.
- 2 Umieść pierwsze złożenie koszyka i elementów tocznych, które ma być zamontowane w oprawie, razem z drugim złożeniem, na większej średnicy zewnętrznej tulei montażowej.
- 3 Zamontuj uszczelnienia, jeśli są przewidziane w konstrukcji, na pokrywie wewnętrznej, za nim zostanie ona dosunięta do pierścienia uszczelniającego.
- 4 Nasmaruj wargi uszczelniające uszczelnienia i uważaj, aby nie uszkodzić uszczelnień.
- 5 Umieść tuleję na wale i ostrożnie przesuwaj ją, aż kompletny zespół znajdzie się we właściwym miejscu. Użyj sprzętu do podnoszenia z zawieszem sprężynowym, aby ułatwić ustalanie położenia zespołu łożyskowego na wale.
- 6 W przypadku aplikacji smarowanych smarem plastycznym całkowicie wypełnij zespół łożyskowy smarem.
- 7 Zamontuj uszczelnienia zewnętrzne i zabezpiecz zespół łożyskowy na wale.

Montaż łożysk stożkowych

Łożyska stożkowe jednorzędowe

Łożyska stożkowe jednorzędowe są zwykle nastawiane względem drugiego łożyska, albo

w układzie X, albo w układzie O, aby zrównoważyć przeciwdziałające siły. Wymagany luz lub napięcie wstępne w układzie łożysk są uzyskiwane podczas montażu, poprzez przesuwanie jednego pierścienia łożyska w kierunku osiowym.

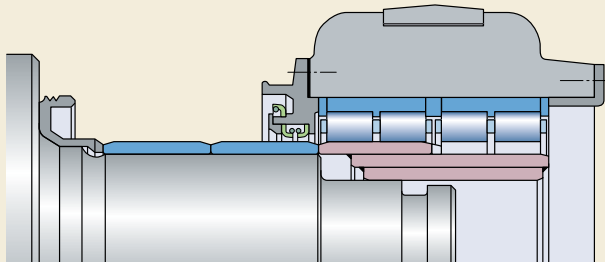
UWAGA: Podczas pracy zazwyczaj dochodzi do zmniejszenia luzu (wzrasta napięcie wstępne) w rezultacie wzrostu temperatury i różnicy temperatur między pierścieniem zewnętrznym i wewnętrznym łożyska oraz innych czynników takich jak prędkość i obciążenie.

OSTRZEŻENIE: Podczas nastawiania łożysk ważne jest, aby wykonać kilka obrotów wałem w obu kierunkach, dla upewnienia się, że między czołami wałeczków a obrzeżami prowadzącymi jest prawidłowy styk. Jeżeli ten kontakt nie jest właściwy, wynikowy luz/napięcie wstępne będzie mieć nieprawidłową wielkość, co doprowadzi do przedwczesnego uszkodzenia łożyska i awarii.

Nastawianie łożysk w układzie X (obróć pierścienia wewnętrznego)

Ilustr. 61 przedstawia typowe łożyskowanie wału pośredniego w dzielonej skrzyni przekładniowej, przy użyciu łożysk stożkowych zamontowanych w układzie X (zbieżnym). Luz lub napięcie wstępne w tym układzie łożysk są uzyskiwane poprzez przesuwanie pierścienia zewnętrznego łożyska po lewej stronie przez kołnierzą centrującą pokrywę. Następująca procedura jest prosta, wiarygodna i sprawdzona.

Ilustr. 60



Przygotowanie:

- 1 Użyj odpowiednich metod montażowych do zamontowania pierścieni wewnętrznych ze złożeniem koszyka i elementów tocznych (podzespołów wewnętrznych) na wał. Nasuń pierścienie zewnętrzne na złożenia koszyka i elementów tocznych i umieść wał z łożyskami w obudowie skrzyni przekładniowej. Przykręć śrubami pokrywę po stronie skrzyni przekładniowej, gdzie nie będzie wykonywane nastawianie i obrót skrzynię na tą stronę. Potrzebny jest odpowiedni przyrząd do podparcia skrzyni, umożliwiający obracanie się wału.

Określ wymaganą długość kołnierza centrującego:

- 2 Obróć wał ręką, równocześnie dociskając pierścien zewnętrzny górnego łożyska. Wszystkie wałeczki w łożyskach muszą się stykać z obrzeżem prowadzącym na pierścieniu wewnętrznym. Uzyskuje się to obracając kilkakrotnie wał.
- 3 Załóż pokrywę. Kołnierz centrujący pokrywę musi mieć zbyt dużą długość (→ **ilustr. 62**, po lewej stronie) względem końcowego położenia pierścienia zewnętrznego lub należy użyć pierścienia dystansowego (→ **ilustr. 62**, po prawej stronie). Między pokrywą a obudową skrzyni przekładniowej musi być szczelina (→ **ilustr. 62**, wymiar x).
- 4 Przykręć śrubami pokrywę, równocześnie obracając wał do momentu nagłego wzrostu momentu tarcia.
- 5 Zmierz szczelinę między pokrywą a obudową skrzyni przekładniowej (wymiar x).
- 6 Określ wymaganą długość kołnierza centrującego (lub pierścienia dystansowego), albo grubość podkładek regulacyjnych:

Długość kołnierza centrującego lub pierścienia dystansowego

$$a_f = a_i - x + s \quad \text{dla luzu}$$

$$a_f = a_i - x - t \quad \text{dla napięcia wstępnego}$$

Grubość podkładek regulacyjnych

$$b_f = x + s \quad \text{dla luzu}$$

$$b_f = x - t \quad \text{dla napięcia wstępnego}$$

gdzie

a_i = początkowa długość kołnierza centrującego lub pierścienia dystansowego

a_f = końcowa długość kołnierza centrującego lub pierścienia dystansowego

b_f = końcowa grubość podkładek regulacyjnych

x = luz zmierzony między pokrywą a obudową skrzyni przekładniowej

s = wielkość luzu (wartość bezwzględna)

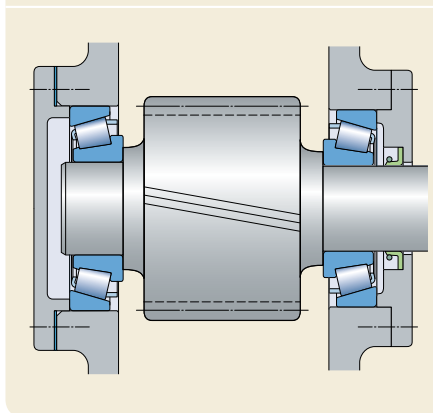
t = wielkość napięcia wstępnego (wartość bezwzględna)

Montaż końcowy:

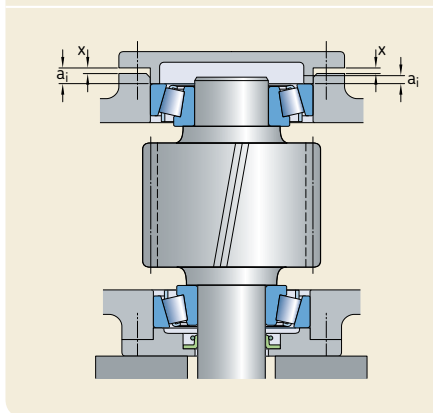
- 7 Obrób maszynowo kołnierz centrujący lub pierścien dystansowy do wymaganej długości. Alternatywnie, umieść podkładki regulacyjne między pokrywą a obudową skrzyni przekładniowej.
- 8 Przykręć śrubami pokrywę.

UWAGA: W przypadku napięcia wstępnego sprężystość powrotna obudowy skrzyni przekładniowej nie jest brana pod uwagę. Jeżeli taki czynnik ma zostać uwzględniony, zapoznaj się z publikacją SKF *Rolling bearings in industrial gearboxes (Łożyska toczne w przemysłowych skrzyniach przekładniowych)*.

Ilustr. 61



Ilustr. 62



Nastawianie łożysk w układzie O za pomocą nakrętki regulacyjnej (obróć pierścienia wewnętrznego)

Ilustr. 63 przedstawia typowe łożyskowanie przy użyciu łożysk stożkowych zamontowanych w układzie O (rozbieżnym). Luz lub napięcie wstępne w tym układzie łożysk są uzyskiwane poprzez przesuwanie pierścienia wewnętrznego łożyska po lewej stronie przez dokręcanie nakrętki regulacyjnej. W przypadku łożyskowań wymagających napięcia wstępnego wielkość kąta dokręcenia lub momentu dokręcenia nakrętki muszą być umieszczone na rysunku złożeniowym.

Przygotowanie:

- 1 Użyj odpowiednich metod montażowych do zamontowania pierścieni zewnętrznych w gniazdach oprawy oraz pierścienia wewnętrznego ze złożeniem koszyka i elementów tocznych (podzespołu wewnętrznego) łożyska od strony wewnętrznej na wał. Potrzebny jest odpowiedni przyrząd do podparcia skrzyni, umożliwiający obracanie się wału.
- 2 Dopasuj wał z zamontowanymi elementami do obudowy. Może być potrzebny przyrząd do utrzymywania wału w odpowiednim położeniu.
- 3 Zamontuj pierścień wewnętrzny (podzespół wewnętrzny) od strony zewnętrznej na wał.
- 4 Zamontuj potrzebne elementy między podzespołem wewnętrznym od strony zewnętrznej a nakrętką regulacyjną.

Nastawianie luzu:

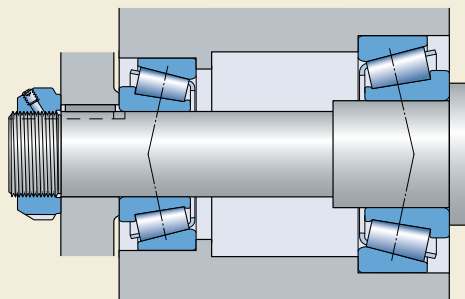
- 5 Zmierz luz osiowy za pomocą czujnika zegarowego. Aby to zrobić, przyłóż końcówkę czujnika zegarowego do końca wału i naciśnij mocno wał w jednym kierunku, równocześnie obracając go kilkakrotnie. Ustaw odczyt na zero. Potem naciśnij wał w przeciwnym kierunku i odczytaj zmierzone przemieszczenie osiowe.
- 6 Dokręcaj powoli nakrętkę regulacyjną. Łożyska z ciasnym pasowaniem na wale są stopniowo nastawiane, aż do momentu osiągnięcia ustalonej wartości luzu. Aby tego dokonać, zmierz luz kilkakrotnie.

OSTRZEŻENIE: Nastawianie wykonuj w małych krokach. Jeżeli luz w łożyskowaniu zostanie zbyt mocno zredukowany, pierścień wewnętrzny musi zostać cofnięty i nastawiony ponownie, co może okazać się trudną i czasochłonną operacją.

Nastawianie napięcia wstępnego:

- 7 Dokręcaj powoli nakrętkę regulacyjną, równocześnie obracając wał do chwili nagłego wzrostu momentu tarcia.
- 8 Kontynuuj powolne dokręcanie nakrętki do momentu uzyskania ustalonej wartości momentu lub kąta dokręcenia nakrętki.

Ilustr. 63



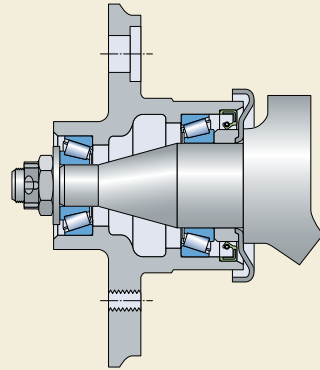
Ilustr. 64

Nastawianie łożysk w układzie O (aplikacja: koło pojazdu – dwa łożyska stożkowe bez pierścienia dystansowego)

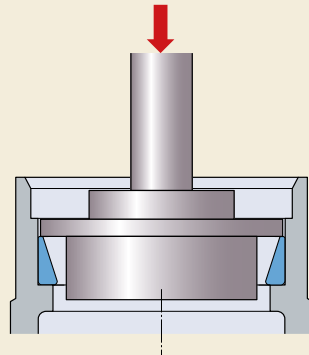
Konstrukcje piast kół różnią się między sobą, zależnie od ich producenta. Jednakże prawidłowe procedury montażu łożysk i uszczelnień oraz składania piasty koła pozostają zasadniczo takie same. **Ilustr. 64** przedstawia typowe łożyskoowanie. Ponieważ jest to aplikacja z wirującym pierścieniem zewnętrznym, w większości przypadków pierścienie zewnętrzne mają pasowanie ciasne, podczas gdy pierścienie wewnętrzne (podzespoły wewnętrzne) mają pasowanie luźne na czopie osi. Luz lub napięcie wstępne w tym układzie łożysk są uzyskiwane poprzez przesuwanie pierścienia wewnętrznego łożyska po stronie zewnętrznej przez dokręcanie nakrętki regulacyjnej.

OSTRZEŻENIE: Wymieniaj uszczelnienie za każdym razem, gdy piasta jest zdejmowana z czopa osi.

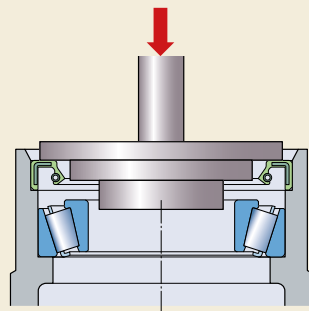
- 1 Wciśnij oba pierścienie zewnętrzne w piastę używając odpowiedniego narzędzia, takiego jak tuleja lub prasa pionowa (→ **ilustr. 65**), zwracając uwagę, by nie uszkodzić bieżni. Upewnij się, że powierzchnia czołowa każdego pierścienia zewnętrznego całkowicie przylega do występu oporowego piasty.
- 2 Zamontuj właściwe uszczelnienie lub elementy uszczelnienia do piasty używając odpowiedniego narzędzia do osadzania uszczelnienia (→ **ilustr. 66**). Upewnij się, że uszczelnienie nie uległo przekrzywieniu.
- 3 Zamontuj ewentualne elementy uszczelnienia lub elementy dystansowe po wewnętrznej stronie czopa osi.
- 4 Przygotuj pierścień wewnętrzny łożyska po stronie wewnętrznej:
 - W przypadku aplikacji smarowanych smarem plastycznym nałoż smaru na zespół elementów tocznych i wypełnij przestrzeń między bieżnią pierścienia wewnętrznego a koszykiem.
 - W przypadku łożysk smarowanych olejem, pokryj całkowicie pierścień wewnętrzny cienką warstwą oleju.



Ilustr. 65



Ilustr. 66

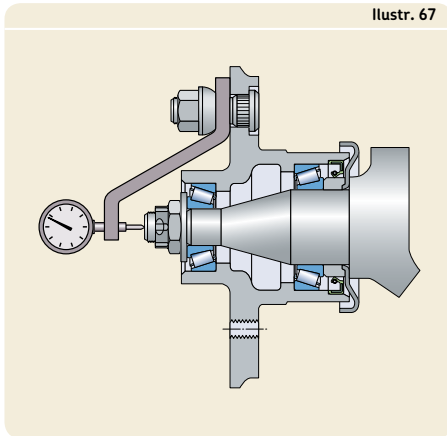


- 5 Wciśnij pierścień wewnętrzny (podzespół wewnętrzny) łożyska po stronie wewnętrznej na czop osi używając odpowiedniego narzędzia, takiego jak tuleja, zwracając uwagę, by nie przykładać siły do koszyka i wałeczków. Upewnij się, że powierzchnia czołowa pierścienia wewnętrznego całkowicie przylega do występu oporowego na czopie osi lub do pierścienia oporowego.
- 6 Zainstaluj zespół piasty na czop osi, upewniając się, że otwór piasty i środek czopa osi są położone współosiowo. Użyj mechanicznego podparcia, aby ułatwić wykonanie tej czynności i uniknąć uszkodzenia czopa, gwintów i zwłaszcza uszczelnienia.
- 7 Przygotuj pierścień wewnętrzny łożyska po stronie zewnętrznej w taki sam sposób jak pierścień wewnętrzny łożyska po stronie wewnętrznej.
- 8 Wciśnij pierścień wewnętrzny łożyska po stronie zewnętrznej ze złożeniem koszyka i elementów tocznych na czop osi używając odpowiedniego narzędzia, takiego jak tuleja, zwracając uwagę, by nie przykładać siły do koszyka i wałeczków.

OSTRZEŻENIE: Wykonaj kilka obrotów wałem w obu kierunkach, dla upewnienia się, że między czołami wałeczków a obręczami prowadzącymi jest prawidłowy styk. Jeżeli ten kontakt nie jest właściwy, wynikowy luz będzie mieć nieprawidłową wielkość, co doprowadzi do przedwczesnego uszkodzenia łożyska i awarii.

- 9 Załóż podkładkę (podkładki) i nakrętkę regulacyjną na czop. Dokręcaj nakrętkę regulacyjną kluczem dynamometrycznym do odpowiedniej wartości momentu, jak to podano w instrukcji obsługi pojazdu. Alternatywnie, w przypadku łożyskowań wymagających luzu osiowego, dokręcaj nakrętkę regulacyjną powoli, do chwili nagłego wzrostu momentu tarcia. Poluzuj nakrętkę odkręcając ją o około 1/12 obrotu (30°) aż w łożyskowaniu da się wyczuć luz.
- 10 Usuń podparcie piasty.
- 11 Sprawdź, czy łożysko obraca się swobodnie. Jeżeli jest taka potrzeba, sprawdź luz osiowy w łożyskowaniu używając czujnika zegarowego, w następujący sposób:

Ilustr. 67



- 12 Zamocuj czujnik zegarowy (→ ilustr. 67), lub użyj czujnika zegarowego z podstawą magnetyczną przymocowanego do spodu piasty lub do bębna hamulcowego.
- 13 Nastaw czujnik zegarowy tak, aby trzpień pomiarowy czujnika przylegał do końca czopa, a jego oś działania była w przybliżeniu równoległa do osi czopa. (W przypadku piast aluminiowych przymocuj podstawę magnetyczną czujnika zegarowego do końca czopa tak, aby trzpień pomiarowy przylegał do piasty lub do bębna hamulcowego.)
- 14 Ustaw wskazanie czujnika zegarowego na zero.
- 15 Uchwyć zespół koła w pozycjach odpowiadających położeniu godzin 3 oraz 9 i pchnij go do przodu i do tyłu. Odczytaj luz osiowy, jako całkowity ruch wskazówki czujnika zegarowego.
- 16 Zamontuj pokrywę i przeprowadź próbę ruchową.

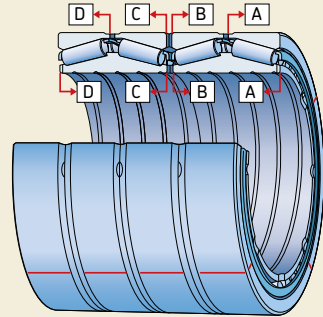
Ilustr. 68

Łożyska stożkowe dwurzędowe i wielorzędowe

Łożyska stożkowe dwurzędowe i czterorzędowe są produkowane w wielu wariantach konstrukcyjnych, które różnią się zasadniczo ilością pierścieni zewnętrznych oraz liczbą pierścieni dystansowych między pierścieniami wewnętrznymi a zewnętrznymi łożyska.

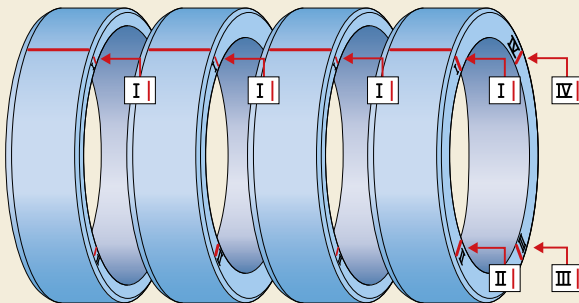
Podczas montażu tych łożysk poszczególne elementy łożyska muszą zostać zainstalowane w prawidłowej kolejności. Części należące do jednego zespołu są znakowane literami (→ **ilustr. 68**). Dodatkowo, wszystkie elementy jednego łożyska są także oznaczone tym samym numerem seryjnym, dzięki czemu części z jednego łożyska nie zostaną zamienione z częściami pochodzącymi z innego łożyska, gdy równocześnie montowanych jest kilka łożysk.

Powierzchnie czołowe pierścieni zewnętrznych są podzielone na cztery strefy, oznaczone od I do IV (→ **ilustr. 69**). Na każdym łożysku położenie strefy I jest także identyfikowane przez linię biegnącą wzdłuż powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego. Gdy łożysko jest montowane po raz pierwszy, strefa I powinna być typowo zlokalizowana w strefie obciążenia. Zależnie od warunków roboczych pierścienie zewnętrzne są zwykle obracane o 90° po określonym czasie pracy, przez co różne części pierścieni zewnętrznych łożyska znajdują się w strefie obciążenia, a to wydłuża trwałość eksploatacyjną łożyska.



W celu uzyskania szczegółowej instrukcji montażu, zapoznaj się z publikacją *SKF Explorer four-row tapered roller bearings Mounting and maintenance instructions*. (Łożyska stożkowe czterorzędowe SKF Explorer, Instrukcja montażu i obsługi).

Ilustr. 69



Montaż łożysk baryłkowych i łożysk toroidalnych CARB

Z powodu konstrukcji łożysk baryłkowych i łożysk toroidalnych CARB, podczas manipulacji tymi łożyskami może dochodzić do przemieszczania osiowego pierścienia i zespołów elementów tocznych względem ich pozycji normalnej. W związku z tym SKF zaleca montowanie łożysk baryłkowych i łożysk toroidalnych CARB, gdy wał bądź oprawa są w pozycji poziomej oraz, gdy jest to możliwe, obracanie pierścienia wewnętrznego przed montażem.

Podczas montażu łożysk baryłkowych i łożysk toroidalnych CARB (zwłaszcza dużych i ciężkich), gdy wał lub oprawa są w pozycji pionowej, zespół elementów tocznych razem z pierścieniem wewnętrznym lub zewnętrznym przesuną się w dół, aż zostanie całkowicie wykasowany luz. Jeżeli właściwy luz nie zostanie uzyskany w czasie montażu i po montażu, siły rozciągające lub ściskające będące wynikiem pasowania ciasnego albo pierścienia wewnętrznego albo zewnętrznego mogą wywołać napięcie wstępne.

OSTRZEŻENIE: To napięcie wstępne może spowodować wgniecenia w bieżniach i/lub zupełnie uniemożliwić obrót łożyska.

Aby nie dopuścić do wystąpienia napięcia wstępnego podczas montażu łożysk w pozycji pionowej, użyj przyrządu do przenoszenia łożysk lub specjalnego urządzenia, które zapewni centralne ułożenie elementów łożyska (→ *ilustr. 70*).

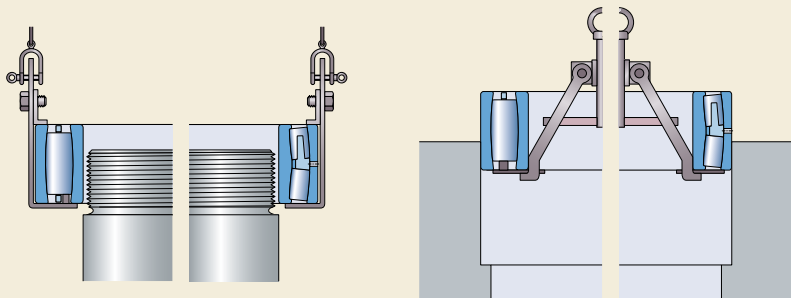
Łożyska baryłkowe uszczelnione

Łożyska baryłkowe uszczelnione zazwyczaj nie wymagają dosmarowywania. Jednakże, gdy warunki pracy są ciężkie, dosmarowywanie może być konieczne. Łożyska w mniejszym zakresie wymiarowym ($d < 100$ mm) mają opaskę polimerową, która zakrywa rowek i otwory smarowe w pierścieniu zewnętrznym. Jeżeli łożyska podczas pracy będą dosmarowywane, opaska polimerowa przed montażem musi zostać usunięta z łożyska (→ *ilustr. 71*).

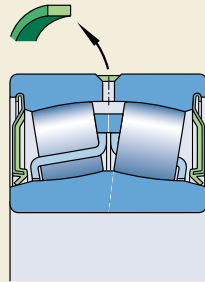
UWAGA: W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat smarowania zapoznaj się z podręcznikiem *Wymiana smaru*, rozpoczynającym się na **stronie 192**.

Łożyska baryłkowe uszczelnione z otworem stożkowym najlepiej montować stosując metodę SKF Drive-up (→ *Metoda SKF Drive-up*, początek na **stronie 57**).

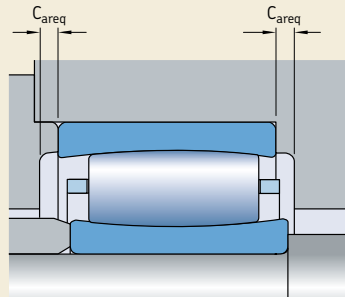
Ilustr. 70



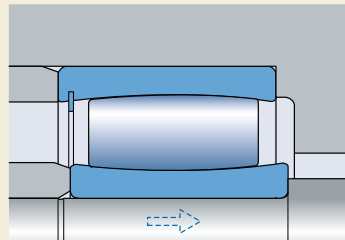
Ilustr. 71



Ilustr. 72



Ilustr. 73



Łożyska toroidalne CARB

Uwzględnianie przemieszczenia osiowego

Łożyska toroidalne CARB mogą kompensować osiowe wydłużenie wału w samym łożysku. Aby mieć pewność, że to przemieszczenie osiowe wału względem oprawy rzeczywiście ma miejsce, należy zapewnić wolną przestrzeń po obu stronach łożyska (→ **ilustr. 72** oraz patrz podrozdział *Wymiary występow oporowych i zaokrąglenia przejścia, strona 38*).

Normalnie, pierścienie łożyskowe montuje się w takim układzie, że nie są względem siebie przemieszczone. Jednakże, jeśli spodziewane są znaczne zmiany długości wału wynikające z rozszerzalności cieplnej, pierścień wewnętrzny powinien być zamontowany z przesunięciem względem pierścienia zewnętrznego, w kierunku przeciwnym do kierunku oczekiwanego wydłużenia cieplnego.

Łożyska z otworem stożkowym mogą być montowane na zmodyfikowanych tulejach wciąganych z nakrętkami o specjalnym kształcie, aby uniknąć styku elementu ustalającego z koszykiem łożyska. Jeżeli stosowane są standardowe nakrętki łożyskowe, między pierścieniem wewnętrznym łożyska a podkładką zabezpieczającą może być konieczne umieszczenie pierścienia dystansowego.

Metoda SKF Drive-up w sposób szczególnie nadaje się do montażu łożysk toroidalnych CARB z otworem stożkowym (→ *Metoda SKF Drive-up*, początek na **stronie 57**).

Jeżeli informacje o wymaganej wolnej przestrzeni po obu stronach łożyska, dopuszczalnym przesunięciu pierścieni łożyska względem siebie i wymiarach pierścieni dystansowych (w przypadkach, gdy ma to zastosowanie) nie są podane na rysunku złożeniowym, skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF*, dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

Łożyska z pierścieniem osadczym (zabezpieczającym)

W przypadku łożysk CARB z pełną liczbą wałeczków, które mają pierścień osadczy umieszczony w pierścieniu zewnętrznym i muszą kompensować stosunkowo duże przemieszczenia osiowe, upewnij się, że pierścień wewnętrzny może zostać przesunięty w kierunku pierścienia osadczego (→ **ilustr. 73**).



Montaż zespołów łożyskowych

Informacje ogólne	94	Montaż zespołów łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym	119
O czym należy pamiętać	94	Składanie zespołów łożysk kulkowych	121
Przygotowania do montażu	101		
Odpowiednie narzędzia	102		
Montaż zespołów łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi)	104		
Zespoły łożysk kulkowych z oprawą żeliwną lub kompozytową	104		
Zespoły łożysk kulkowych z oprawą z tłoczonej blachy stalowej	105		
Montaż zespołów łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym	106		
Zespoły łożysk kulkowych z oprawą żeliwną lub kompozytową	106		
Zespoły łożysk kulkowych z oprawą z tłoczonej blachy stalowej	108		
Montaż zespołów łożysk kulkowych z tuleją wciągana	109		
Montaż zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra	111		
Zespoły łożysk kulkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą	111		
Zespoły łożysk kulkowych SKF ConCentra z oprawą kołnierkową	113		
Montaż zespołów łożysk wałeczkowych SKF ConCentra	114		
Zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą	114		
Zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą kołnierkową	117		

Informacje ogólne

Zespoły łożyskowe SKF są gotowymi do zamontowania i gotowymi do użycia zespołami. Generalnie składają się z łożyska kulkowego lub wałeczkowego i oprawy wykonanej z żeliwa szarego, blachy stalowej lub materiału kompozytowego. Aby zespoły łożyskowe mogły osiągnąć maksymalną trwałość eksploatacyjną, muszą być poprawnie zamontowane. Stosowanie nieprawidłowych procedur lub niewłaściwych narzędzi może zredukować trwałość użytkową i spowodować uszkodzenie zespołu łożyskowego. Tak jak wszystkie precyzyjne elementy, zespoły łożyskowe powinny być traktowane z należytą uwagą podczas montażu.

0 czym należy pamiętać

Zespoły łożyskowe SKF są dostępne z trzema różnymi rodzajami opraw, a w zależności od typu łożyska i rozmiaru zespołu, istnieją różne metody mocowania zespołu na wale. Najpowszechniej stosowane metody są następujące (→ **ilustr. 1**):

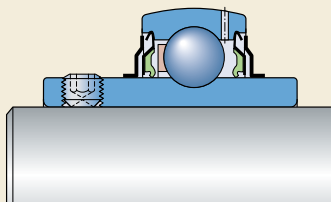
- mocowanie za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych) (**a**)
- mocowanie za pomocą mimośrodowego pierścienia mocującego z jednym wkrętem dociskowym (**b**)
- mocowanie na tulei wciąganej (**c**)
- mechanizm mocowania SKF ConCentra (**d, e**)
- mocowanie za pomocą cylindrycznego pierścienia mocującego z dwoma wkrętami dociskowymi (**f**)

Podczas dobierania zespołu na wymianę należy dopasować następujące elementy do oryginalnego zespołu łożyska kulkowego lub wałeczkowego:

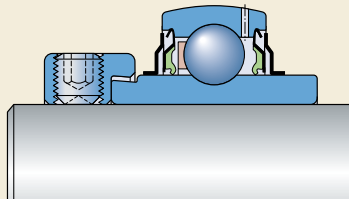
- metoda mocowania na wale (→ **ilustr. 1** i **tabela 1** na **stronie 96**)
- rodzaj oprawy (→ **ilustr. 2a** do **2t**, początek na **stronie 95** i **tabela 2** na **stronie 100**)
- sposób uszczelnienia (→ **tabela 1** na **stronie 96**)
- pierścień wewnętrzny łożyska, który może być poszerzony z jednej lub z obu stron (zespoły łożysk kulkowych)
- zespół ustalający lub swobodny (zespoły łożysk wałeczkowych)

W celu uzyskania dodatkowych informacji o narzędziach montażowych i środkach smarnych SKF odwiedź stronę www.skf.com oraz www.mapro.skf.com.

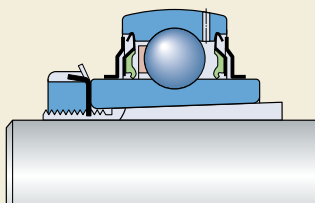
SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń w zakresie montażu łożysk (→ *Szkolenia*, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.



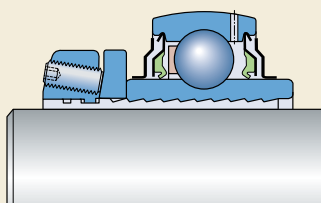
a) Mocowanie za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych)



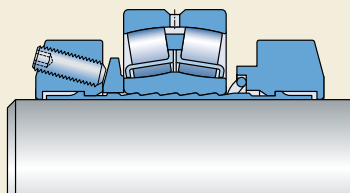
b) Mocowanie za pomocą mimośrodowego pierścienia mocującego z jednym wkrętem dociskowym



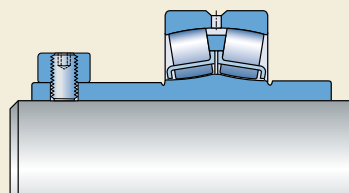
c) Mocowanie na tulei wciąganej



d) Mocowanie SKF ConCentra, zespoły łożysk kulkowych



e) Mocowanie SKF ConCentra, zespoły łożysk wałeczkowych



f) Mocowanie za pomocą cylindrycznego pierścienia mocującego z dwoma wkrętami dociskowymi

Tabela 1

Sposoby mocowania na wale, układy i uszczelnienia

Przyrostek oznaczenia	Ilustr. ¹⁾	Opis	Oznaczenie kompletnego zespołu łożyskowego (przykład)
		Sposób mocowania	
	1f	Cylindryczny pierścień mocujący z dwoma wkrętami dociskowymi	SYR 2.7/16
FM	1b	Mimośrodowy pierścień mocujący z jednym wkrętem dociskowym	TU 35 FM
KF	1c	Tuleja wciągana	SYJ 65 KF
N	1e	Mechanizm mocowania SKF ConCentra	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Dwa wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Dwa wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym	FYKC 30 NTR
PF	1d	Mechanizm mocowania SKF ConCentra	SY 45 PF
RM	1a	Dwa wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Dwa wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym	SYFJ 45 TF
THR	1a	Dwa wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym	FYL 25 THR
TR	1a	Dwa wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym	SYK 20 TR
WF	1b	Mimośrodowy pierścień mocujący z jednym wkrętem dociskowym	FY 60 WF
-		Układ i uszczelnienia	
-		Zespół łożyska wałeczkowego swobodnego z pierścieniem mocującym	SYR 2.7/16
-		Uszczelnienia dwuwargowe (standard)	SYR 2.7/16
AH		Zespół łożyska kulkowego do systemów tłoczenia powietrza	SY 2 TF/AH
F		Zespół łożyska wałeczkowego ustalającego do wałów metrycznych	SYT 45 F
H		Zespół łożyska wałeczkowego ustalającego do wałów calowych	FSYE 3.15/16 NH
L		Zespół łożyska wałeczkowego swobodnego do wałów metrycznych	SYNT 50 L
TS		Uszczelnienia labiryntowe	SYNT 50 LTS
TF		Uszczelnienia promieniowe wału	SYNT 45 FTF
W		Bez możliwości dosmarowywania	SYNT 100 FW
-118		Uszczelnienia labiryntowe	SYR 2.7/16 N-118
-3		Uszczelnienia promieniowe wału	SYR 2.7/16-3
-18		Uszczelnienia labiryntowe	SYR 2.7/16-18

¹⁾ Na stronie 95

Ilustr. 2a



Oprawy stojące
SY, SYH, SYJ, SYM

Ilustr. 2b



Oprawy stojące
SYK, SYKC, SYL

Ilustr. 2c



Oprawy stojące
SYF, SYFJ

Ilustr. 2f



Oprawy stojące
SYNT

Ilustr. 2d



Oprawy stojące
SYFL

Ilustr. 2g



Oprawy stojące
SYR, SYE

Ilustr. 2e



Oprawy stojące
P, S

Ilustr. 2h



Oprawy kołnierzyowe
FY, FYJ, FYM

Ilustr. 2i



Oprawy kołnierzone
FYK, FYKC, FYL

Ilustr. 2l



Oprawy kołnierzone
FYC

Ilustr. 2j



Oprawy kołnierzone
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Ilustr. 2m



Oprawy kołnierzone
F, PF

Ilustr. 2k



Oprawy kołnierzone
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Ilustr. 2n



Oprawy kołnierzone
FT, PFT

Ilustr. 2o



Oprawy kołnierzone
PFD

Ilustr. 2r



Oprawy naciagowe
TU, TW, TUM

Ilustr. 2p



Oprawy kołnierzone
FYE

Ilustr. 2s



Oprawy naciagowe
TUL

Ilustr. 2q



Oprawy kołnierzone
FYR

Ilustr. 2t



Oprawy naciagowe
TBR

Rodzaje opraw stosowanych w zespołach łożysk kulkowych i wałeczkowych SKF¹⁾

Rodzaj oprawy	Opis
F	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą okrągłą z tłoczzonej blachy stalowej
FSYE	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa z czterema otworami pod śruby mocujące w podstawie
FSYR	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa z czterema otworami pod śruby mocujące w podstawie
FT	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną z tłoczzonej blachy stalowej
FY	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową odlewana z żeliwa
FYC	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą okrągłą odlewana z żeliwa
FYE	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową odlewana z żeliwa
FYJ	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową odlewana z żeliwa
FYK	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
FYKC	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
FYL	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
FYM	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową odlewana z żeliwa
FYNT	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą kwadratową odlewana z żeliwa
FYR	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą okrągłą odlewana z żeliwa
FYRP	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą kołnierзовą okrągłą odlewana z żeliwa i obrabianym poszerzeniem
FYT	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną odlewana z żeliwa
FYTB	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną odlewana z żeliwa
FYTBK	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
FYTBKC	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
FYTJ	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną odlewana z żeliwa
FYTL	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
FYTM	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną odlewana z żeliwa
P	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą z tłoczzonej blachy stalowej
PF	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą okrągłą z tłoczzonej blachy stalowej
PFD	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą trójkątną z tłoczzonej blachy stalowej
PFT	Zespół łożyska kulkowego z oprawą kołnierзовą owalną z tłoczzonej blachy stalowej
S	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą z tłoczzonej blachy stalowej
SY	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
SYE	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
SYF	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą o krótkiej podstawie odlewana z żeliwa
SYFJ	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą o krótkiej podstawie odlewana z żeliwa
SYFL	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą o krótkiej podstawie wykonaną z poliestru
SYH	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
SYJ	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
SYK	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
SYKC	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą wykonaną ze wzmocnionego poliamidu
SYL	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą wykonaną z poliestru
SYM	Zespół łożyska kulkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
SYNT	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
SYR	Zespół łożyska wałeczkowego z oprawą stojącą odlewana z żeliwa
TU	Zespół łożyska kulkowego z oprawą naciagową odlewana z żeliwa
TUJ	Zespół łożyska kulkowego z oprawą naciagową odlewana z żeliwa
TUL	Zespół łożyska kulkowego z oprawą naciagową wykonaną z poliestru
TUM	Zespół łożyska kulkowego z oprawą naciagową odlewana z żeliwa

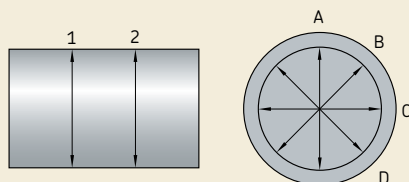
¹⁾ Patrz także ilustracje 2a do 2t, początek na stronie 96.

Przygotowania do montażu

Przed przystąpieniem do montażu zespołu łożyskowego wykonaj następujące czynności:

- Upewnij się, że wał jest czysty i pozbawiony zadziorów. Jeżeli tak nie jest, usuń zadziory i szfuj koniec wału przy pomocy płótna szmerglowego lub drobnego pilnika. Wytrzyj wał do czysta.
- Sprawdź, czy gniazdo łożyska na wale jest wykonane w wymaganym polu tolerancji, najlepiej w dwóch przekrojach i czterech kierunkach (→ **ilustr. 3**).
- W przypadku zespołów łożyskowych osadzanych za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych), mimośrodowego pierścienia mocującego lub cylindrycznego pierścienia mocującego, nałoż na wał cienką warstwę rzadkiego oleju.
- W przypadku zespołów łożyskowych osadzanych za pomocą tulei wciąganej lub metodą SKF ConCentra, za pomocą czystej tkaniny wytrzyj miejsce osadzenia łożyska na wale, aby było suche i pozbawione smaru.
- Oczyszczyć powierzchnię osadzenia oprawy i sprawdź, czy płaskość jest w granicach klasy tolerancji IT7.
- Jeżeli montowany zespół był już używany, upewnij się, że otwór łożyska i powierzchnia podstawy oprawy są czyste.
- Jeżeli są potrzebne podkładki regulacyjne do podniesienia zespołu, upewnij się, że podkładka całkowicie pokrywa powierzchnię styku między podstawą oprawy a powierzchnią jej osadzenia.
- SKF zaleca stosowanie śrub klasy 8.8 i podkładki okrągłej zgodnej z ISO 7089:2000 lub 7090:2000 oraz podkładki sprężystej do przymocowania zespołów łożysk kulkowych i wałeczkowych do podłoża. Odpowiednie są śruby z łbem sześciokątnym zgodne z ISO 4014:1999. Alternatywnie, mogą być użyte śruby z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym zgodne z ISO 4762:1988.
- Zespoły łożyskowe nie powinny być wyjmowane z ich oryginalnych opakowań do momentu bezpośrednio poprzedzającego montaż; chroni to zespoły przed zanieczyszczeniem, zwłaszcza w ciężkich warunkach otoczenia.

Ilustr. 3



Odpowiednie narzędzia

Do zamontowania zespołów łożysk kulkowych i wałeczkowych SKF, wymagane są jedynie następujące narzędzia:

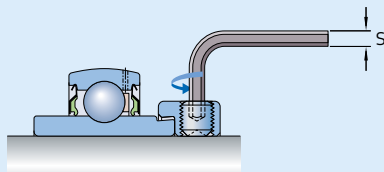
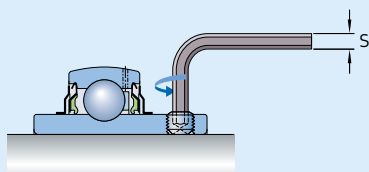
- klucz sześciokątny lub klucz dynamometryczny do dokręcenia wkrętów mocujących (dociskowych) w pierścieniu wewnętrznym lub w pierścieniu mocującym, jak podano w **tabeli 3**

- klucz hakowy do dokręcenia nakrętki tulei wciąganej, jak podano w **tabeli 4**
- klucz dynamometryczny lub klucz sześciokątny do dokręcenia śrub lub nakrętek mocujących do podłoża

Klucz sześciokątny zgodny z ISO 2936: 2001 jest dostarczany z każdym zespołem łożyska kulkowego lub wałeczkowego SKF ConCentra, razem ze wskaźnikiem momentu (→ **ilustr. 21** na **stronie 113**).

Tabela 3

Klucze sześciokątne i zalecane wartości momentów dokręcenia dla zespołów łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi) lub z pierścieniem mocującym



Średnica wału		Rozmiar klucza sześciokątnego	Moment dokręcenia
d	do (włacz.)	S	
mm/cal		mm/cal	Nm (cal-funt-siła)

Zespoły łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi

Zespoły z przyrostkami oznaczeń TF i TR (z wykluczeniem serii wymienionych poniżej)

–	35	3	4 (35)
35	45	4	6,5 (58)
45	65	5	16,5 (146)
65	100	6	28,5 (252)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

Zespoły serii SYM .. TF, FYM .. TF i TUM .. TF

–	1	1/8	4 (35)
1	1 1/2	5/32	6,5 (58)
1 1/2	2 3/16	3/16	16,5 (146)
2 3/16	3	7/32	28,5 (252)

Zespoły z przyrostkiem oznaczenia RM

–	45	3	4 (35)
45	50	4	6,5 (58)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

Średnica wału		Rozmiar klucza sześciokątnego	Moment dokręcenia
d	do (włacz.)	S	
mm/cal		mm/cal	Nm (cal-funt-siła)

Zespoły łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym

Zespoły z przyrostkami oznaczeń FM i WF

–	25	3	4 (35)
25	30	4	6,5 (58)
30	65	5	16,5 (146)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1	1/8	4 (35)
1	1 15/16	5/32	6,5 (58)
1 15/16	3	3/16	16,5 (146)

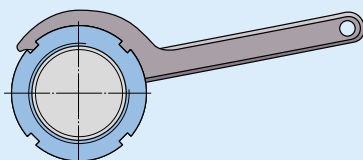
Zespoły łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym

1 3/16	2 3/16	3/8	28,5 (252)
2 3/16	3 1/2	1/2	70 (620)
3 1/2	4	5/8	149,7 (1 325)
4	4 15/16	5/8	149,7 (1 325)

Klucze hakowe są częścią szerokiego asortymentu narzędzi SKF do obsługi łożysk (→ **Dodatek J**, początek na **stronie 416**).

Tabela 4

Klucze hakowe i wartości momentów dokręcenia dla zespołów łożysk kulkowych serii SYJ .. KF, FYJ .. KF i FYTJ .. KF, montowanych na tulei wciąganej



Średnica wału		Zespół łożyskowy Średnica otworu	Odpowiednia tuleja wciągana Oznaczenie	Odpowiedni klucz hakowy			
d				Oznaczenie	Moment dokręcenia		
mm	cal	mm	–	–	min.	maks.	min. maks.
					Nm		cal-funt-siła
19,050	3/4	25	HE 2305	HN 5–6	13	17	115 150
20	–	25	H 2305	HN 5–6	13	17	115 150
23,812	15/16	30	HA 2306	HN 5–6	22	28	195 248
25	–	30	H 2306	HN 5–6	22	28	195 248
25,400	1	30	HE 2306	HN 5–6	22	28	195 248
30	–	35	H 2307	HN 7	27	33	239 292
30,162	1 3/16	35	HA 2307	HN 7	27	33	239 292
31,750	1 1/4	40	HE 2308	HN 8–9	35	45	310 398
35	–	40	H 2308	HN 8–9	35	45	310 398
36,512	1 7/16	45	HA 2309	HN 8–9	45	55	398 487
38,100	1 1/2	45	HE 2309	HN 8–9	45	55	398 487
40	–	45	H 2309	HN 8–9	45	55	398 487
41,275	1 5/8	50	HS 2310	HN 10–11	55	65	487 575
42,862	1 11/16	50	HA 2310	HN 10–11	55	65	487 575
44,450	1 3/4	50	HE 2310	HN 10–11	55	65	487 575
45	–	50	H 2310	HN 10–11	55	65	487 575
49,212	1 15/16	55	HS 2311 B	HN 10–11	65	85	575 752
50	–	55	H 2311	HN 10–11	65	85	575 752
50,800	2	55	HE 2311	HN 10–11	65	85	575 752
53,975	2 1/8	60	HS 2312	HN 12–13	85	115	752 1 018
55	–	60	H 2312	HN 12–13	85	115	752 1 018
55,562	2 3/16	65	HA 2313	HN 12–13	110	150	974 1 328
57,150	2 1/4	65	HE 2313	HN 12–13	110	150	974 1 328
60	–	65	H 2313	HN 12–13	110	150	974 1 328
60,325	2 3/8	65	HS 2313	HN 12–13	110	150	974 1 328

Montaż zespołów łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi)

Zespoły łożysk kulkowych z oprawą żeliwną lub kompozytową

Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych z oprawą żeliwną lub kompozytową (→ **ilustr. 2a, 2b, 2c, 2d, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2r i 2s** na **stronach 96 do 99**), które są osadzone na wale za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych) (→ **ilustr. 1a, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 a) Zespoły z oprawą stojącą: Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Dokładnie wyosiuj oba zespoły i dokręć śruby mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5**.
b) Zespoły z oprawą kołnierkową: Podeprzyj wał w pozycji montażowej między ścianami maszyny. Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Jeżeli wał nie ma występu oporowego, dokładnie wyosiuj oba zespoły i dokręć śruby mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5**.

c) Zespoły z oprawą naciagową: Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Zamontuj złożenie wał/zespoły łożyskowe na ramy do naciągania i podłącz śruby regulacyjne poprzez otwory w oprawach zespołów łożyskowych. Dokładnie wyosiuj oba zespoły.

UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołu łożyskowego wynosi 2° . W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5° .

- 3 Wyreguluj położenie osiowe wału w układzie łożyskowym (→ **ilustr. 4**).
- 4 Dokręć wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym (→ **ilustr. 5**) każdego zespołu łożyskowego momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 3** na **stronie 102**.
- 5 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.
- 6 Jeśli ma to zastosowanie, wciśnij pokrywę zamykającą w odpowiednie miejsce.

Ilustr. 4

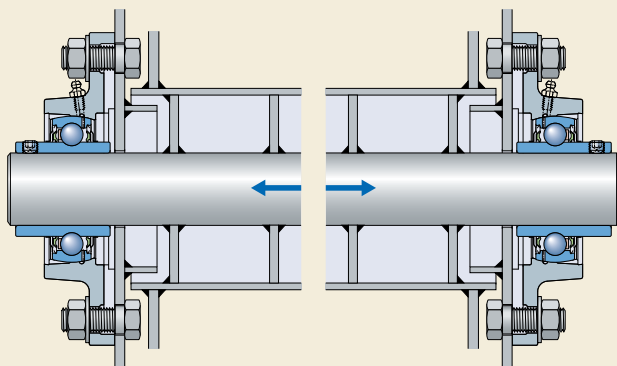
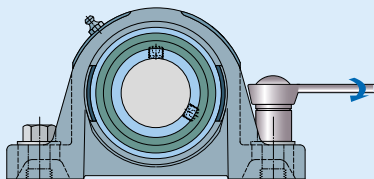


Tabela 5

Zalecane wartości momentów dokręcenia dla śrub lub nakrętek mocujących do podłoża



Rozmiar śruby	Moment dokręcenia	
	Nm	stopa-funt-siła
6	9	7
8	22	16
10	45	34
12	80	60
16	200	150
20	385	285
24	665	485
3/8	28	21
1/2	95	70
5/8	185	135
3/4	320	235
7/8	515	380
1	770	570

Zespoły łożysk kulkowych z oprawą z tłocznej blachy stalowej

Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych z oprawą z tłocznej blachy stalowej (→ **ilustr. 2e, 2m, 2n i 2o** na **stronach 97 do 99**), które są osadzone na wale za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych) (→ **ilustr. 1a, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 a) Zespoły z oprawą stojącą: Umieść podstawy opraw na ich powierzchniach osadzenia. Nasuń łożysko na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz i umieść wał z łożyskami w podstawach opraw.

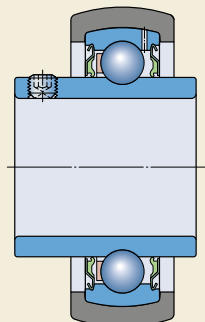
UWAGA: Jeżeli zespół łożyskowy ma gumowy pierścień gniazda (wkładkę), najpierw zainstaluj ten pierścień na powierzchnię zewnętrzną łożyska (→ **ilustr. 6**).

- b) Zespoły z oprawą kołnierkową: Umieść jedną połówkę z każdej oprawy w odpowiednim położeniu na ścianach maszyny, podprzyj wał w pozycji montażowej między ścianami maszyny i nasuń łożysko na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz.

Ilustr. 5



Ilustr. 6



- 3 Umieść drugą część oprawy nad każdym łożyskiem (→ **ilustr. 7, strona 106**) i zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.
- 4 Dokładnie wyosiuj obie oprawy używając wału i dokręć śruby mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5 na stronie 105**.

UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołu łożyskowego wynosi 2° . W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5° .

OSTRZEŻENIE: Zespoły łożyskowe z oprawą z tłocznej blachy stalowej nie mogą kompensować niewspółosiowości po ostatecznym dokręceniu śrub lub nakrętek mocujących do podłoża, chyba że zespoły z oprawą stojącą są wyposażone w kauczukowy pierścień gniazda (wkładkę).

- 5 Jeżeli to możliwe, wyreguluj położenie osiowe wału w układzie łożyskowym (→ **ilustr. 4 na stronie 104**) i obróć wałem kilka razy.
- 6 Dokręć wkrety mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym każdego zespołu łożyskowego momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 3 na stronie 102**.
- 7 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.



Ilustr. 7

Montaż zespołów łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym

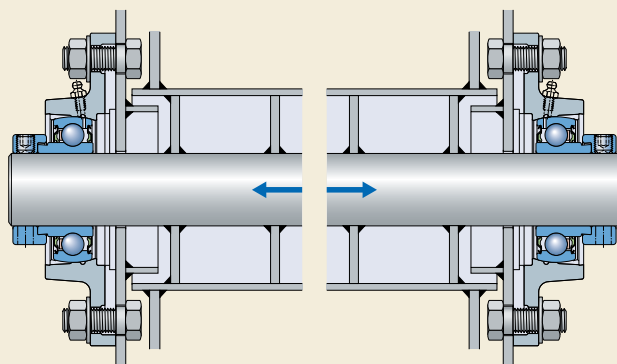
Zespoły łożysk kulkowych z oprawą żeliwną lub kompozytową

Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych z oprawą żeliwną lub kompozytową (→ **ilustr. 2a, 2c, 2h, 2j, 2l i 2r na stronach 96 do 99**) i z mimośrodowym pierścieniem mocującym (→ **ilustr. 1b, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu na stronie 101*, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Zdejmij mimośrodowe pierścienie mocujące.
- 3 a) Zespoły z oprawą stojącą: Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Dokładnie wyosiuj oba zespoły i dokręć śruby mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5 na stronie 105**.
b) Zespoły z oprawą kołnierзовą: Umieść wał między ścianami maszyny. Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Jeżeli wał nie ma występu oporowego, dokładnie wyosiuj oba zespoły i dokręć śruby mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5 na stronie 105**.
c) Zespoły z oprawą naciagową: Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Zamontuj złożenie wał/zespoły łożyskowe na ramy do naciągania i podłącz śruby regulacyjne poprzez otwory w oprawach zespołów łożyskowych. Dokładnie wyosiuj oba zespoły.

UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołu łożyskowego wynosi 2° . W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5° .

Ilustr. 8



3

- 4 Wyreguluj położenie osiowe wału w układzie łożyskowym (→ **ilustr. 8**).
- 5 Umieść mimośrodowy pierścień mocujący na poszerzeniu pierścienia wewnętrznego w każdym zespole łożyskowym i dokręć go mocno ręką w głównym kierunku obrotu (→ **ilustr. 9**). Następnie dokręć pierścień mocujący używając albo klucza hakowego, wkładając wypstęp klucza w otwór na powierzchni zewnętrznej pierścienia mocującego (→ **ilustr. 10**) albo młotka i punktaka. Dokręć wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu mocującym każdego zespołu łożyskowego momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 3** na **stronie 102**.
- 6 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.
- 7 Jeśli ma to zastosowanie, wciśnij pokrywę zamykającą w odpowiednie miejsce.

Ilustr. 9



Ilustr. 10



Zespoły łożysk kulkowych z oprawą z tłoczonej blachy stalowej

Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych z oprawą z tłoczonej blachy stalowej (→ **ilustr. 2e, 2m, 2n i 2o na stronach 97 do 99**) i z mimośrodowym pierścieniem mocującym (→ **ilustr. 1b, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Zdejmij mimośrodowe pierścienie mocujące.
- 3 a) Zespoły z oprawą stojącą: Umieść podstawy opraw na ich powierzchniach osadzenia. Nasuń łożysko na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz i umieść wał z łożyskami w podstawach opraw.

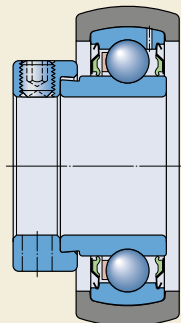
UWAGA: Jeżeli zespół łożyskowy ma kaučukowy pierścień gniazda (wkładkę), najpierw załóż ten pierścień na powierzchnię zewnętrzną łożyska (→ **ilustr. 11**).

- b) Zespoły z oprawą kołnierзовą: Umieść wał między ścianami maszyny. Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz.
- 4 Umieść drugą część oprawy nad każdym łożyskiem (→ **ilustr. 12**) i zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące, ale ich nie dokręcaj.
- 5 Dokładnie wyosiuj obie oprawy np. używając wału i dokręć śruby mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5 na stronie 105**.

UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołu łożyskowego wynosi 2°. W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5°.

OSTRZEŻENIE: Zespoły łożyskowe z oprawą z tłoczonej blachy stalowej nie mogą kompensować niewspółosiowości po ostatecznym dokręceniu śrub lub nakrętek mocujących do podłoża, chyba że zespoły z oprawą stojącą są wyposażone w kaučukowy pierścień gniazda (wkładkę).

Ilustr. 11



Ilustr. 12



- 6 Jeżeli to możliwe, wyreguluj położenie osiowe wału w układzie łożyskowym (→ **ilustr. 8 na stronie 107**) i obróć wałem kilka razy.
- 7 Umieść mimośrodowy pierścień mocujący na poszerzeniu pierścienia wewnętrznego w każdym zespole łożyskowym i dokręć go mocno ręką w głównym kierunku obrotu. Następnie dokręć pierścień mocujący używając albo klucza hakowego, wkładając występ klucza w otwór na powierzchni zewnętrznej pierścienia mocującego, albo młotka i punktaka. Dokręć wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu mocującym każdego zespołu łożyskowego momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 3 na stronie 102**.
- 8 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.

Montaż zespołów łożysk kulkowych z tuleją wciąganą

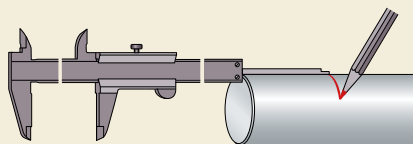
Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych z oprawą stojącą osadzanych na wale za pomocą tulei wciąganej (→ **ilustr. 1c, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Określ położenie tulei wciąganych na wale (→ **ilustr. 13**).

UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesuwiał osiowo na tulei wciąganej wzdłuż wału. W przypadku wału stopniowanego położenie zespołu na wale jest określone przez występowy, co znacznie ułatwia montaż.

- 3 Zdejmij nakrętkę i podkładkę zabezpieczającą z każdej tulei wciąganej.
- 4 Rozszerz nieznacznie każdą tuleję wciąganą wkładając śrubokręt w szczelinę tulei (→ **ilustr. 14**). Następnie nasuń tuleję wciągane na wał do odpowiedniego miejsca, w taki sposób, aby gwint był skierowany na zewnątrz.
- 5 Umieść pierwszy zespół łożyskowy w miejscu jego osadzenia na tulei wciąganej.
- 6 Załóż podkładkę zabezpieczającą i dokręcaj nakrętkę łożyskową do momentu, aż pierścień wewnętrzny, tuleja i wał będą się prawidłowo ze sobą stykać.
- 7 Dalej dokręcaj nakrętkę łożyskową albo kluczem hakowym o kąt około 70° (→ **ilustr. 15**) albo kluczem dynamometrycznym momentem o zalecanej wartości (→ **tabela 4** na **stronie 103**). Upewnij się, że podczas dokręcania nakrętki tuleja nie obraca się na wale. Podczas dokręcania nakrętka będzie się przesuwiała osiowo o wielkość odpowiadającą przemieszczeniu zespołu na stożkowym gnieździe tulei wciąganej.

Ilustr. 13



Ilustr. 14



Ilustr. 15



Montaż zespołów łożyskowych

- 8 Ustal położenie zespołu na tulei zginając ząbek na podkładce zabezpieczającej w jeden z rowków na powierzchni zewnętrznej nakrętki (→ **ilustr. 16**).
- 9 Zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.
- 10 Umieść zespół łożyskowy w miejscu jego osadzenia na tulei wciąganej na drugim końcu wału.
- 11 Powtórz **kroki** od 6 do 9. Podczas wykonywania tych czynności zespół łożyskowy musi mieć możliwość przesuwania się na tulei wciąganej wzdłuż wału o wielkość odpowiadającą przemieszczeniu zespołu na stożkowym gnieździe tulei wciąganej.
- 12 Dokładnie wyosiuj oba zespoły łożyskowe.

UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołu łożyskowego wynosi 2° . W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5° .

- 13 Dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 14 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.
- 15 Jeśli ma to zastosowanie, wciśnij pokrywę zamykającą w odpowiednie miejsce.

W przypadku konieczności montażu zespołów łożysk kulkowych z oprawą kołnierзовą osadzanych na tulei wciąganej skontaktuj się z działem technicznym SKF.

Ilustr. 16



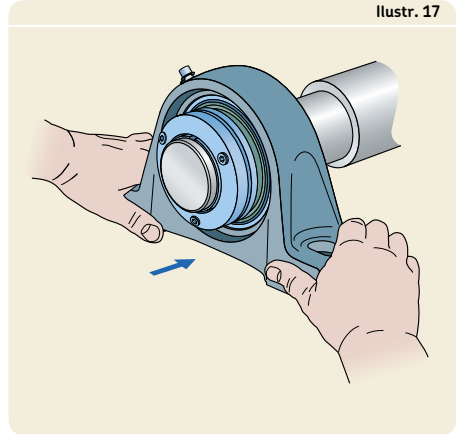
Montaż zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie próbuj rozłożyć zespołu łożyskowego na elementy. Co więcej, nigdy nie dokręcaj wkrętów mocujących (dociskowych) w pierścieniu montażowym, jeżeli zespół nie jest montowany na wale. W przeciwnym razie dojdzie do uszkodzenia tulei schodkowej SKF ConCentra.

Zespoły łożysk kulkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą

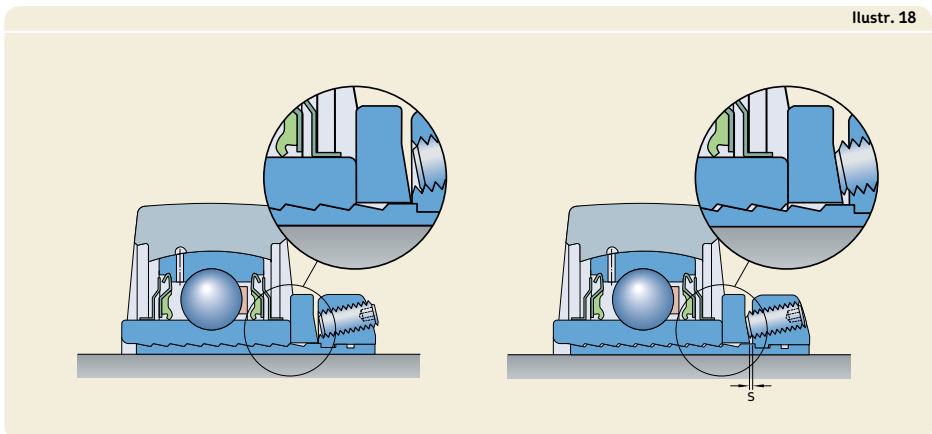
Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą (→ **ilustr. 1d**, **strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby pierścień mocujący był skierowany na zewnątrz (→ **ilustr. 17**).
- 3 Umieść pierwszy zespół łożyskowy w miejscu jego osadzenia i zainstaluj śruby mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.



UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesuwiał osiowo na tulei schodkowej SKF ConCentra wzdłuż wału (→ **ilustr. 18**).

- 4 Ustal położenie pierścienia mocującego w taki sposób, aby wkręt mocujący (dociskowy) nie był skierowany na szczelinę w tulei.

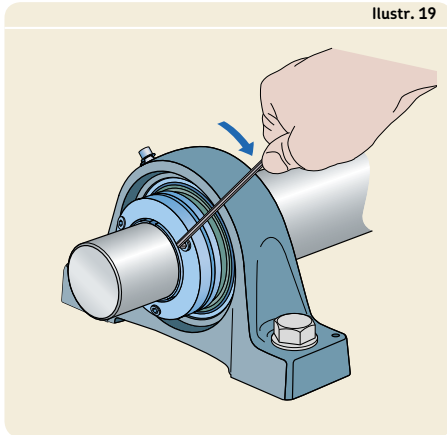


- 5 Użyj krótszego końca dostarczonego w zestawie klucza sześciokątnego i dokręć możliwie mocno palcami wkręty mocujące (dociskowe) (→ **ilustr. 19**).
- 6 Użyj dłuższego końca klucza sześciokątnego do dokręcenia wkrętów o łączną wielkość $1/2$ obrotu w dwóch etapach ($1/4$ obrotu i $1/4$ obrotu) zgodnie z szablonem montażowym (→ **ilustr. 20**), zaczynając od wkręta znajdującego się po przeciwnej stronie szczeliny w tulei.
- 7 Załóż dostarczony w zestawie czerwony wskaźnik momentu na krótszy koniec klucza sześciokątnego (→ **ilustr. 21**) i dokręć śruby tak, aby klucz sześciokątny zetknął się ze wskaźnikiem momentu (→ **ilustr. 22**). Jeżeli jest stosowany klucz dynamometryczny, dokręć wkręty zalecanym momentem równym 7,4 Nm (5,5 stopa-funt-siła).
- 8 Wyosiuj zespół łożyskowy i dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 9 Umieść zespół łożyskowy w miejscu jego osadzenia na drugim końcu wału. Zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.
- 10 Powtórz **kroki** od 4 do 7. Podczas wykonywania tych czynności zespół łożyskowy musi mieć możliwość przesuwania się wzdłuż wału o wielkość odpowiadającą osiowemu przemieszczeniu zespołu „s” na tulei SKF ConCentra (→ **ilustr. 18** na **stronie 111**).
- 11 Dokładnie wyosiuj wał.

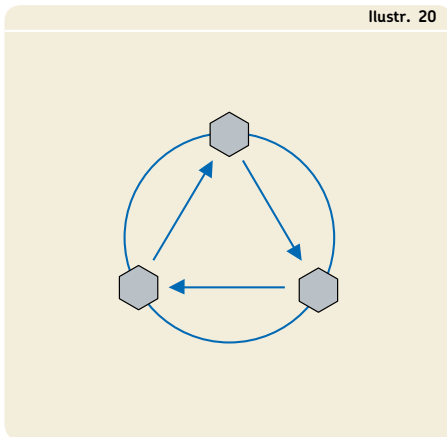
UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi 2° . W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5° .

- 12 Dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 13 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.

Ilustr. 19



Ilustr. 20



Ilustr. 21



Zespoły łożysk kulkowych SKF ConCentra z oprawą kołnierзовą

Podczas montażu zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra z oprawą kołnierзовą (→ **ilustr. 1d, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Podeprzyj wał w pozycji montażowej między ścianami maszyny.
- 3 Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby pierścień mocujący był skierowany na zewnątrz.

UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesuwiał osiowo na tulei schodkowej SKF ConCentra wzdłuż wału (→ **ilustr. 18, strona 111**).

Ilustr. 22



- 4 Umieść pierwszy zespół łożyskowy w miejscu jego osadzenia i dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 5 Ustal położenie pierścienia mocującego w taki sposób, aby wkręt mocujący (dociskowy) nie był skierowany na szczelinę w tulei.
- 6 Użyj krótszego końca dostarczonego w zestawie klucza sześciokątnego i dokręć możliwie mocno palcami wkręty mocujące (dociskowe).
- 7 Użyj dłuższego końca klucza sześciokątnego do dokręcenia wkrętów o łączną wielkość $1/2$ obrotu w dwóch etapach ($1/4$ obrotu i $1/4$ obrotu) zgodnie z szablonem montażowym (→ **ilustr. 20**) zaczynając od wkręta znajdującego się po przeciwnej stronie szczeliny w tulei.
- 8 Załóż dostarczony w zestawie czerwony wskaźnik momentu na krótszy koniec klucza sześciokątnego (→ **ilustr. 21**) i dokręć śruby tak, aby klucz sześciokątny zetknął się ze wskaźnikiem momentu. Jeżeli jest stosowany klucz dynamometryczny, dokręć wkręty zalecanym momentem równym 7,4 Nm (5,5 stopa-funt-siła).
- 9 Umieść zespół łożyskowy w miejscu jego osadzenia na drugim końcu wału. Zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.

- 10** Powtórz kroki od 5 do 8. Podczas wykonywania tych czynności zespół łożyskowy musi mieć możliwość przesuwania się wzdłuż wału (→ **ilustr. 23**) o wielkość odpowiadającą osiowemu przemieszczeniu zespołu „s” na tulei SKF ConCentra (→ **ilustr. 18** na **stronie 111**).
- 11** Dokładnie wyosiuj wał.

UWAGA: Kiedy wymagane jest dosmarowywanie zespołu łożyskowego, maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi 2° . W przeciwnym razie może być kompensowana niewspółosiowość do 5° .

- 12** Dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 13** Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.

Montaż zespołów łożysk wałeczkowych SKF ConCentra

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie próbuj rozłożyć zespołu łożyskowego na elementy. Co więcej, nigdy nie dokręcaj wkrętów mocujących (dociskowych) w pierścieniu montażowym, jeżeli zespół nie jest montowany na wale. W przeciwnym razie dojdzie do uszkodzenia tulei schodkowej SKF ConCentra.

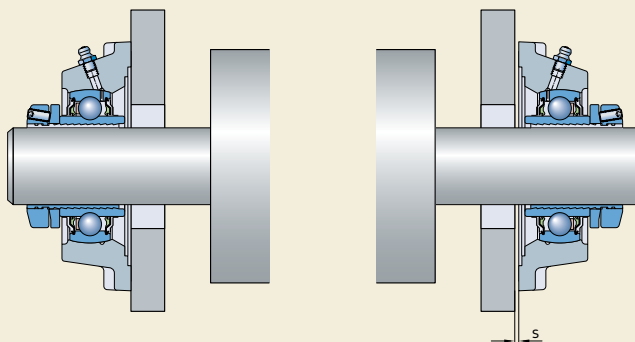
Zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą

Podczas montażu zespołów łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą (→ **ilustr. 1e, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Ustal położenie na wale zespołu z łożyskiem ustalającym i zespołu z łożyskiem swobodnym. Zespół z łożyskiem ustalającym powinien być zawsze po stronie napędowej.
- 3 Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby pierścień mocujący był skierowany na zewnątrz (→ **ilustr. 24**).

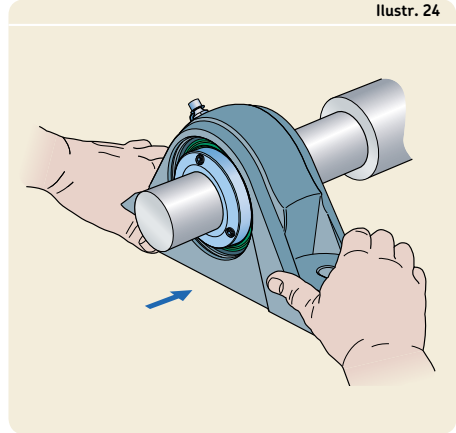
UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesuwał osiowo na tulei schodkowej SKF ConCentra wzdłuż wału (→ **ilustr. 25**).

Ilustr. 23



Ilustr. 24

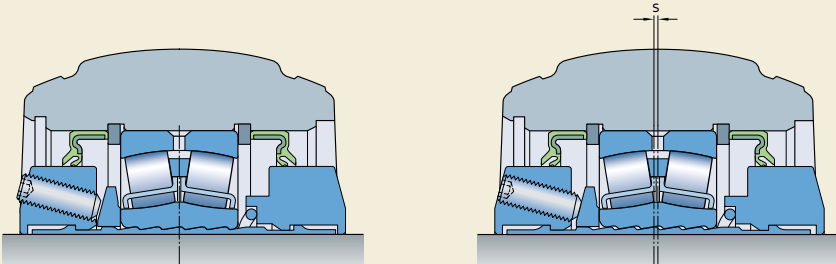
- 4 Zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.
- 5 Umieść zespół z łożyskiem ustalającym w odpowiednim miejscu na wale i wyreguluj położenie zespołu łożyskowego na powierzchni podłoża. Zespoły SYNT mają pionowe oznakowanie na końcach podstawy oprawy ułatwiające regulację położenia (→ **ilustr. 26**).
- 6 Zablokuj zespół z łożyskiem ustalającym na wale.
- 7 Ustal położenie pierścienia mocującego w taki sposób, aby wkręt mocujący (dociskowy) nie był skierowany na szczelinę w tulei. Użyj krótszego końca dostarczonego w zestawie klucza sześciokątnego i dokręć możliwie mocno palcami wkręty mocujące (dociskowe) zgodnie z szablonem montażowym (→ **ilustr. 27**), zaczynając od wkręta znajdującego się po przeciwnej stronie szczeliny w tulei. Załóż dostarczony w zestawie czerwony wskaźnik momentu na krótszy koniec klucza sześciokątnego (→ **ilustr. 21** na **stronie 113**) i dokręć śruby tak, aby klucz sześciokątny zetknął się ze wskaźnikiem momentu (→ **ilustr. 28**). Jeżeli jest stosowany klucz dynamometryczny do dokręcenia wkrętów mocujących (dociskowych) (→ **ilustr. 29**), użyj nasadki 3 mm. Zgodnie z szablonem montażowym, najpierw dokręć możliwie mocno palcami wkręty mocujące (dociskowe). Następnie kontynuuj dokręcanie wkrętów zalecanym momentem równym 7,4 Nm (5,5 stopa-funt-siła).



Ilustr. 26



Ilustr. 25

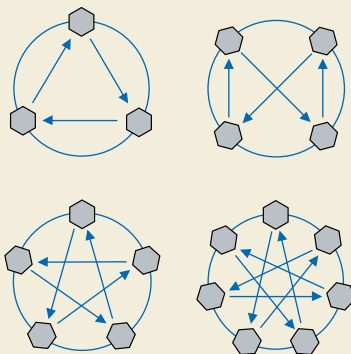


- 8 Sprawdź ponownie wyosiowanie zespołu łożyskowego z łożyskiem ustalającym. Maksymalna dopuszczalna niewspółosowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi $1,5^\circ$.
- 9 Znajdź środek gniazda łożyska w zespole z łożyskiem swobodnym. Podeprzyj wał. Złap za pierścienie mocujące z obu stron odciążonego łożyska i przesunij je z jednej pozycji końcowej w oprawie do drugiej, gdy oprawa jest zamocowana. Jeżeli spodziewane jest jedynie cieplne wydłużenie wału, SKF zaleca, aby łożysko zostało zamontowane w skrajnym położeniu w oprawie w kierunku łożyska ustalającego (→ ilustr. 30).

UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesuwał osiowo na tulei schodkowej SKF ConCentra wzdłuż wału (→ ilustr. 25 na stronie 115).

- 10 Zablokuj łożysko swobodne na wale, jak to opisano w **punkcie 7**.
- 11 Dokładnie wyosiuj zespół łożyskowy. Dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 12 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.
- 13 Jeśli ma to zastosowanie, wciśnij pokrywę zamykającą w odpowiednie miejsce.

Ilustr. 27



Ilustr. 28



Ilustr. 29



Zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą kołnierzową

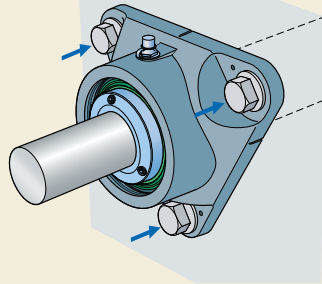
Podczas montażu zespołów łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą kołnierzową (→ **ilustr. 1e, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 2 Ustal położenie na wale zespołu z łożyskiem ustalającym i zespołu z łożyskiem swobodnym. Zespół z łożyskiem ustalającym powinien być zawsze po stronie napędowej
- 3 Podeprzyj wał w pozycji montażowej między ścianami maszyny.
- 4 Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby pierścień mocujący był skierowany na zewnątrz.

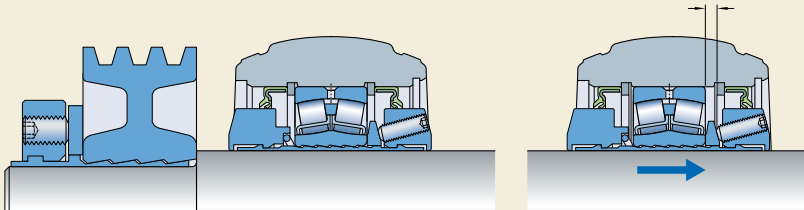
UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesunął osiowo na tulei schodkowej SKF ConCentra wzdłuż wału.

- 5 Zainstaluj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj (→ **ilustr. 31**).

Ilustr. 31



Ilustr. 30

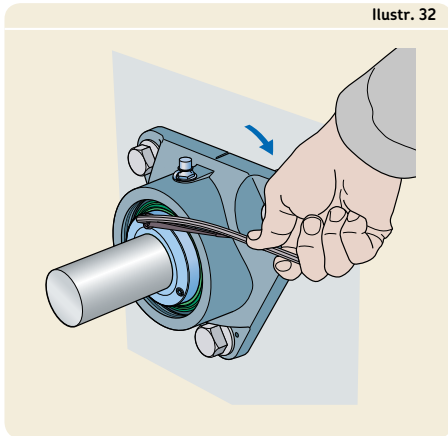


- 6 Zablokuj łożysko ustalające na wale. Ustal położenie pierścienia mocującego w taki sposób, aby wkręt mocujący (dociskowy) nie był skierowany na szczelinę w tulei. Użyj krótszego końca dostarczonego w zestawie klucza sześciokątnego i dokręć możliwie mocno palcami wkręty mocujące (dociskowe). Użyj dłuższego końca klucza sześciokątnego do dokręcenia wkrętów o łączną wielkość $1/2$ obrotu w dwóch etapach ($1/4$ obrotu i $1/4$ obrotu) zgodnie z szablonem montażowym (→ **ilustr. 27** na **stronie 116**), zaczynając od wkręta znajdującego się po przeciwnej stronie szczeliny w tulei. Załóż dostarczony w zestawie czerwony wskaźnik momentu na krótszy koniec klucza sześciokątnego i dokręć śruby tak, aby klucz sześciokątny zetknął się ze wskaźnikiem momentu (→ **ilustr. 32**). Jeżeli jest stosowany klucz dynamometryczny (→ **ilustr. 33**), dokręć wkręty zalecanym momentem równym 7,4 Nm (5,5 stopa-funt-siła).
- 7 Sprawdź ponownie wyosiowanie zespołu łożyskowego z łożyskiem ustalającym. Maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi $1,5^\circ$.
- 8 Znajdź środek gniazda łożyska w zespole z łożyskiem swobodnym. Podeprzyj wał. Złap za pierścień mocujący odciążonego łożyska i przesunij je z jednej pozycji końcowej w oprawie do drugiej, gdy oprawa jest zamocowana. Jeżeli spodziewane jest jedynie cieplne wydłużenie wału, SKF zaleca, aby łożysko zostało zamontowane w skrajnym położeniu w oprawie w kierunku łożyska ustalającego.

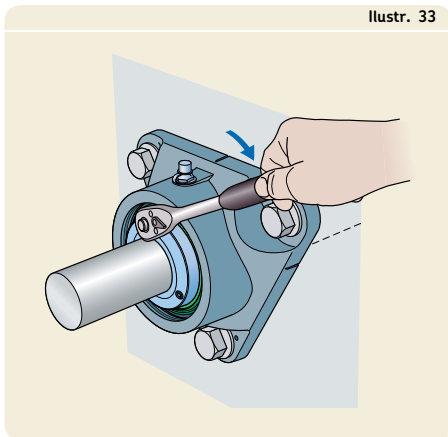
UWAGA: Weź pod uwagę, że podczas montażu zespół łożyskowy będzie się przesuwiał osiowo na tulei schodkowej SKF ConCentra wzdłuż wału.

- 9 Zablokuj łożysko swobodne na wale, jak to opisano w **punkcie 6**.
- 10 Dokładnie wyosiuj zespół łożyskowy. Dokręć śruby lub nakrętki mocujące do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5** na **stronie 105**.
- 11 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.
- 12 Jeśli ma to zastosowanie, wciśnij pokrywę zamykającą we wgłębienie w otworze oprawy.

Ilustr. 32



Ilustr. 33

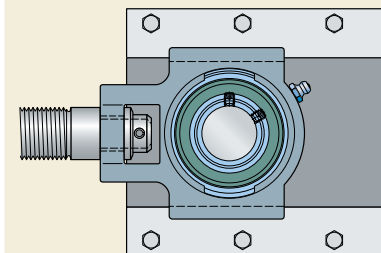


Montaż zespołów łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym

Podczas montażu zespołów łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym (→ **ilustr. 1f, strona 95**), dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 101**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

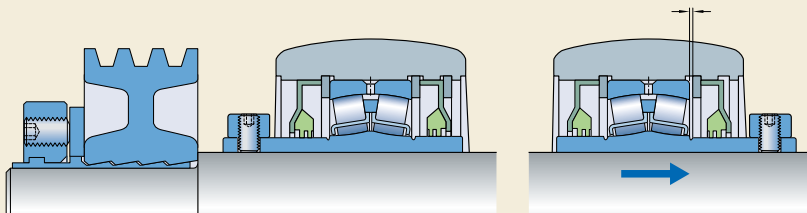
- 1 Ustal położenie na wale zespołu z łożyskiem ustalającym i zespołu z łożyskiem swobodnym. Zespół z łożyskiem ustalającym powinien być zawsze po stronie napędowej.
- 2 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma zespołami łożyskowymi.
- 3
 - a) Zespoły z oprawą stojącą: Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Dokładnie wyosiuj oba zespoły. Zainstaluj śruby mocujące do podłoża i dokręć je momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5 na stronie 105**. Maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi $1,5^\circ$.
 - b) Zespoły z oprawą kołnierзовą: Podeprzyj wał w pozycji montażowej między ścianami maszyny. Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału. Jeżeli nie ma występu oporowego, dokładnie wyosiuj oba zespoły. Zainstaluj śruby mocujące do podłoża i dokręć je momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 5 na stronie 105**. Maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi $1,5^\circ$.
 - c) Zespoły z oprawą naciągową: Nasuń zespół łożyskowy na każdy koniec wału tak, aby element mocujący był skierowany na zewnątrz. Zamontuj złożenie wał/zespół łożyskowy na ramy do naciągania i podłącz śruby regulacyjne poprzez otwory w oprawach zespołów łożyskowych (→ **ilustr. 34**). Dokładnie wyosiuj oba zespoły. Maksymalna dopuszczalna niewspółosiowość wału w stosunku do zespołów łożyskowych wynosi $1,5^\circ$.
- 4 Wyreguluj położenie osiowe wału w układzie łożyskowym.

Ilustr. 34



- 5 Dokręć oba wkręty mocujące (dociskowe) w cylindrycznym pierścieniu mocującym, które powodują zacisk na wale poprzez otwory wywiercone w pierścieniu wewnętrznym łożyska w zespole ustalającym, momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 3** na **stronie 102**.
- 6 Znajdź środek gniazda łożyska w zespole z łożyskiem swobodnym podpierając wał i przesuając odciążone łożysko z jednej pozycji końcowej w oprawie do drugiej. Jeżeli spodziewane jest jedynie cieplne wydłużenie wału, SKF zaleca, aby łożysko zostało zamontowane w skrajnym położeniu w oprawie w kierunku łożyska ustalającego (→ **ilustr. 35**).
- 7 Zablokuj łożysko swobodne na wale, jak to opisano w **punkcie 3**.
- 8 Jeżeli to możliwe, sprawdź, czy łożyskowanie może się swobodnie obracać wykonując kilka obrotów wałem.

Ilustr. 35



Ilustr. 36

Składanie zespołów łożysk kulkowych

W przypadku, gdy łożyska kulkowe samona-
stawne (typu Y) i oprawy do tych łożysk wykonane
z żeliwa szarego lub materiału kompozytowego
nie są dostarczane jako zespoły, należy najpierw
dokonać montażu łożyska w oprawie.

Aby to zrobić, trzeba włożyć łożysko do szczeliny
montażowej w otworze oprawy (→ **ilustr. 36**)
– w przypadku łożysk kulkowych z mimośrodowym
pierścieniem mocującym najpierw zdejmij
pierścień mocujący. Okrągły kawałek drewna
lub rurka, itp. mogą być użyte do obrócenia
łożyska w odpowiednie położenie tak,
aby element mocujący był zwrócony w stronę
szczelin montażowych (→ **ilustr. 37**).

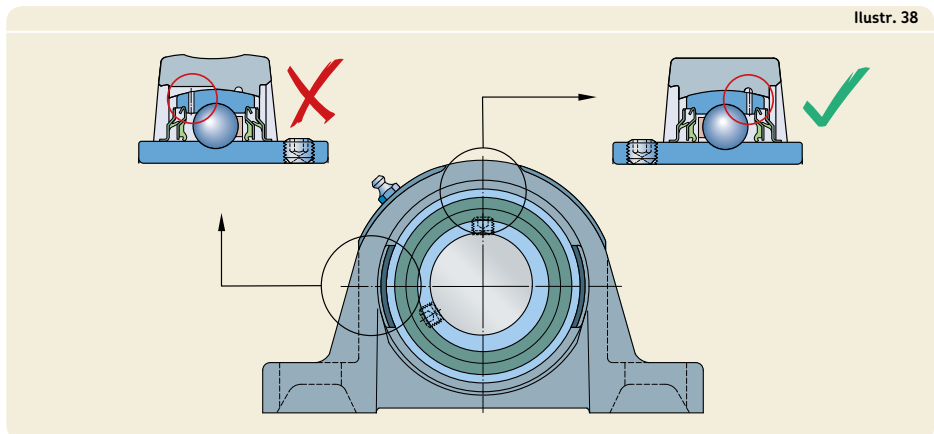
OSTRZEŻENIE: Podczas wkładania łożyska
do oprawy upewnij się, że otwór smarowy
po stronie elementu mocującego i szczeliny
montażowe w oprawie nie pokrywają się
(→ **ilustr. 38**).



Ilustr. 37



Ilustr. 38





Montaż opraw łożyskowych

Wstęp	124
Wybór opraw na wymianę	124
Przygotowania do montażu	130
Stosowanie podkładek regulacyjnych ...	130
Śruby	131
Stosowanie pierścieni ustalających	132
Stosowanie pokryw zamykających	133
Montaż uszczelnień dzielonych lub jednolitych	133
Montaż standardowych opraw stojących dzielonych	134
Montaż opraw stojących SONL	137

Wstęp

Standardowy asortyment opraw łożyskowych SKF obejmuje:

- oprawy stojące dzielone
- oprawy stojące niedzielone
- oprawy kołnierzowe
- oprawy naciągowe

Oprawy łożyskowe SKF są zwykle produkowane z żeliwa szarego. Najbardziej popularne oprawy stojące są dostępne także w wykonaniu żeliwa sferoidalnego lub ze staliwa, do aplikacji wymagających podwyższonej wytrzymałości. Oprawy łożyskowe są przeznaczone przede wszystkim do łożysk kulkowych wahlowych, łożysk baryłkowych i łożysk toroidalnych CARB.

Większość opraw łożyskowych SKF jest dostarczana razem z instrukcją montażu. Informacje o tym, jak zamontować i złożyć oprawy stojące, dzielone są także przedstawione w niniejszym rozdziale. Skontaktuj się z działem technicznym SKF w celu uzyskania informacji na temat montażu specjalnych opraw SKF do określonych aplikacji takich jak:

- przenośniki i bębny
- konwertory
- młyny rurowe i piece obrotowe
- maszyny papiernicze
- turbiny wiatrowe
- zębniaki otwartych przekładni zębatych

Wybór opraw na wymianę

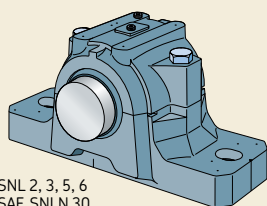
Oprawy łożyskowe SKF są dostępne w szerokim zakresie konstrukcji. Mogą być stosowane z różnymi uszczelnieniami i do różnych łożyskowań. W konsekwencji, należy uważać, gdy dobierana jest oprawa na wymianę. Nowa oprawa powinna zgadzać się z oprawą oryginalną pod następującymi względami:

- rodzaj oprawy (→ **ilustr. 1 i tabela 1, strona 126**)
- wariant wykonania oprawy (→ **tabela 2, strona 127**)
- rodzaj łożyskowania (→ **ilustr. 2, strona 127**)
- rodzaj i układ uszczelnienia (→ **tabela 3, strona 128 i ilustr. 3, strona 129**)

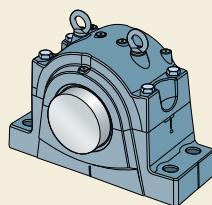
W celu uzyskania dodatkowych informacji o narzędziach montażowych i środkach smarnych SKF, odwiedź stronę www.skf.com oraz www.mapro.skf.com.

Aby zapoznać się ze szczegółowymi instrukcjami montażu określonej oprawy, odwiedź stronę www.skf.com/mount.

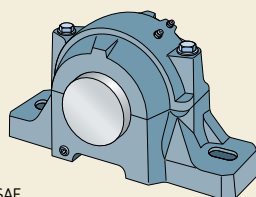
SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń (→ *Szkolenia*, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.



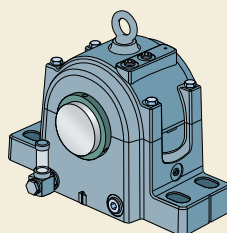
SNL 2, 3, 5, 6
SAF, SNLN 30



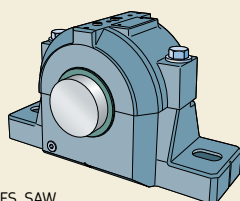
SNL 30, 31, 32, 40



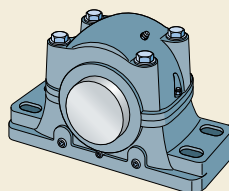
SAF



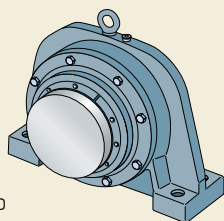
SONL



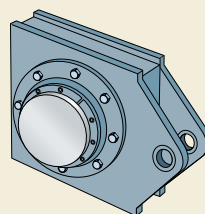
SAFS, SAW



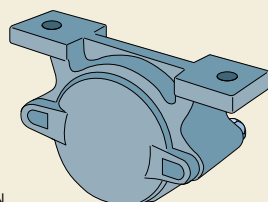
SDAF



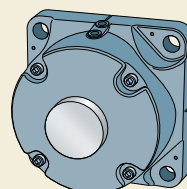
SBD



THD



TVN



FNL

Tabela 1

Standardowe oprawy łożyskowe SKF

Oprawy Rodzaj/seria	Zamienione przez	Opis
FNL		Oprawa kotnierzowa z żeliwa, o kształcie trójkątnym lub kwadratowym, z uszczelnieniami dwuwargowymi
FSNL		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa z czterema otworami pod śruby mocujące do podłoża w podstawie
SAF		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SAFS		Oprawa stojąca dzielona ze staliwa
SAW		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SBD		Oprawa stojąca niedzielona z żeliwa, z uszczelnieniami labiryntowymi
SD 31	SNL 31	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SDAF		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SDG	SNL 32, 40	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SDJC 31	SNL 31	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SN 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SN 30	SNLN 30	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNA 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNH 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNL 2, 3, 5, 6		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNLN 30		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNL 30		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNL 31		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNL 32		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNL 40		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa
SNLD		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa sferoidalnego
SNT		Oprawa stojąca dzielona ze staliwa, z uszczelnieniami filcowymi
SOFN	SONL	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa do smarowania olejowego, z uszczelnieniami labiryntowymi
SONL		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa do smarowania olejowego, z uszczelnieniami labiryntowymi
SSNHD	SSNLD	Oprawa stojąca dzielona z żeliwa sferoidalnego z podstawą bez otworów pod śruby mocujące
SSNLD		Oprawa stojąca dzielona z żeliwa sferoidalnego z podstawą bez otworów pod śruby mocujące
THD		Oprawa naciągowa z żeliwa
TVN		Oprawa stojąca niedzielona z żeliwa, z uszczelnieniami filcowymi
7225	FNL	Oprawa kotnierzowa z żeliwa, o kształcie trójkątnym lub kwadratowym, z uszczelnieniami filcowymi

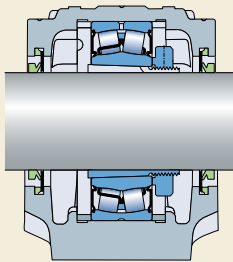
Tabela 2

Warianty wykonania standardowych opraw łożyskowych SKF s

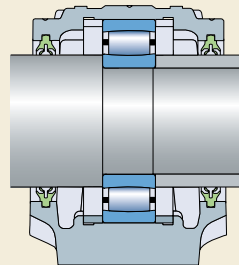
Przyrostek oznaczenia	Opis
A	Oprawa na zakończenie wału
B	Oprawa na wał przelotowy
F	Oprawa do łożyska ustalającego
G	Oprawa do łożyska z otworem cylindrycznym osadzonym na wale stopniowym
K7	Oprawa z gniazdem łożyska obrobionym w polu tolerancji K7
L	Oprawa do łożyska swobodnego
/MS1	Dwa wiercone w podstawie otwory pod śruby mocujące do podłoża
/MS2	Cztery wiercone w podstawie otwory pod śruby mocujące do podłoża
SN	Oprawa z wywierconym i nagwintowanym otworem pod czujnik
TURA	Oprawa przygotowana do smarowania olejowego, z uszczelnieniami labiryntowymi
TURT	Oprawa przygotowana do smarowania olejowego, z uszczelnieniami labiryntowymi
TURU	Oprawa przygotowana do smarowania olejowego, z uszczelnieniami labiryntowymi
V	Oprawa z otworem wylotowym smaru w podstawie

4

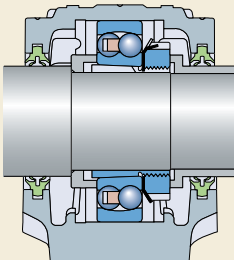
Ilustr. 2



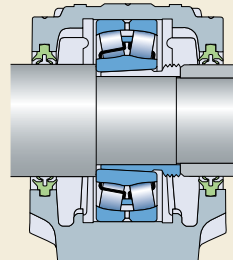
Łożysko na tulei wciąganej na wale prostym



Łożysko na czopie cylindrycznym na wale stopniowym



Łożysko na tulei wciąganej na wale stopniowym

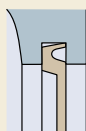


Łożysko na tulei wciskanej na wale stopniowym

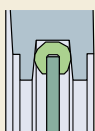
Standardowe uszczelnienia do opraw łożyskowych SKF

Oznaczenie serii	Opis
Uszczelnienia do opraw o wymiarach metrycznych	
ASNH	Pokrywa zamykająca do opraw SNL
ETS	Pokrywa zamykająca do dużych opraw SNL
FS	Pasek filcowy (dzielony)
TS	Uszczelnienie labiryntowe do dużych opraw SNL (jednolite)
TFL	Uszczelnienie dwuwargowe do opraw kołnierзовych (jednolite)
TNF	Uszczelnienie takonitowe na ciężkie warunki pracy z labiryntem promieniowym do dużych opraw SNL (jednolite)
TSD .. U	Uszczelnienie olejowe labiryntowe konstrukcji U ¹⁾
TSN .. A	Pierścienie uszczelniające typu V (jednolite)
TSN .. C	Uszczelnienia filcowe pierścieniowe (dzielone)
TSN .. CB	Grafitowane uszczelnienia filcowe pierścieniowe (dzielone)
TSN .. L	Uszczelnienia czterowargowe (dzielone)
TSN .. NC	Uszczelnienie takonitowe na ciężkie warunki pracy z labiryntem osiowym (jednolite)
TSN .. ND	Uszczelnienie takonitowe na ciężkie warunki pracy z labiryntem promieniowym (jednolite)
TSN .. S	Pierścień labiryntowy (jednolity)
TSN .. TURU	Uszczelnienie olejowe labiryntowe konstrukcji U ¹⁾
Uszczelnienia do opraw o wymiarach calowych	
B-17024-	Element stykowy z kauczuku nitylowego do uszczelnienia PosiTrac Plus (jednolity)
EPR	Pokrywa zamykająca (zaślepka)
LER	Pierścień labiryntowy (jednolity)
LOR	Uszczelnienie PosiTrac: pierścień labiryntowy z pierścieniem uszczelniającym o przekroju okrągłym w otworze (jednolite)
TER	Uszczelnienie takonitowe z wewnętrznym uszczelnieniem filcowym i zewnętrznym uszczelnieniem stykowym (jednolite)
TER-V	Uszczelnienie takonitowe z wewnętrznym uszczelnieniem filcowym i zewnętrznym pierścieniem uszczelniającym typu V (jednolite)

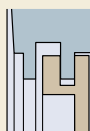
¹⁾ Dostarczane jedynie jako kompletny zespół, tj. zmodyfikowana oprawa z uszczelnieniami.



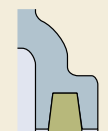
ASNH



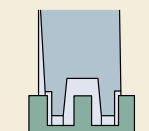
EPR



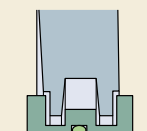
ETS



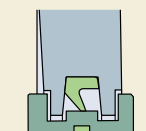
FS



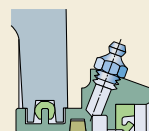
LER



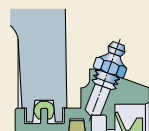
LOR



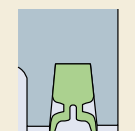
LOR + B-17024-



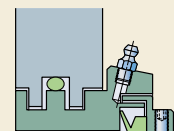
TER



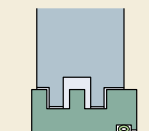
TER-V



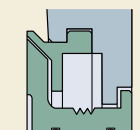
TFL



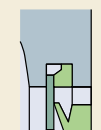
TNF



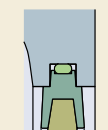
TS



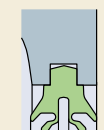
TSD .. U



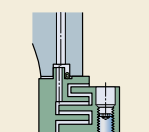
TSN .. A



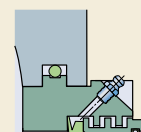
TSN .. C



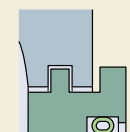
TSN .. L



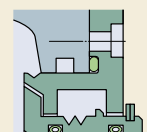
TSN .. NC



TSN .. ND



TSN .. S



TSN .. TURU

Przygotowania do montażu

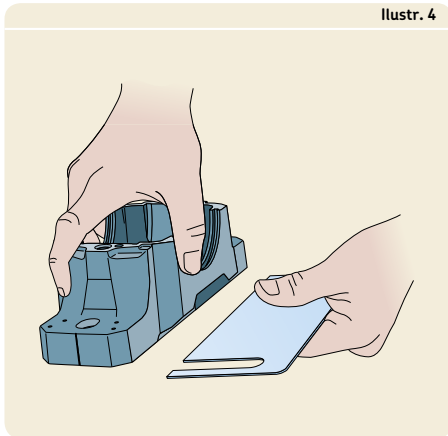
Przed przystąpieniem do montażu wykonaj następujące czynności:

- Upewnij się, że miejsce pracy jest czyste.
- Zapoznaj się z właściwymi rysunkami lub instrukcjami, aby określić prawidłową kolejność montażu poszczególnych elementów.
- Upewnij się, że wszystkie potrzebne części i narzędzia są pod ręką.
- Sprawdź, czy powierzchnia posadowienia oprawy jest czysta. Powierzchnia osadzenia nie powinna być pomalowana.
- Sprawdź, czy powierzchnia posadowienia spełnia wymagania odnośnie płaskości i sztywności. W celu uniknięcia deformacji otworu oprawy SKF zaleca, aby płaskość powierzchni osadzenia oprawy była w granicach klasy tolerancji IT7 (→ **Dodatek C, strona 385**). Chropowatość powierzchni powinna wynosić $R_a \leq 12,5 \mu\text{m}$.
- Przed ponownym użyciem oprawy dokładnie ją wyczyść i wymień wszystkie zużyte części, np. uszczelnienia stykowe, pierścienie uszczelniające o przekroju okrągłym lub sznury gumowe.

Stosowanie podkładek regulacyjnych

Wysokość środka oprawy stojącej można skorygować za pomocą podkładek regulacyjnych. Jeżeli stosowana jest podkładka regulacyjna, upewnij się, że podkładka całkowicie pokrywa powierzchnię styku między podstawą oprawy a powierzchnią jej osadzenia (→ **ilustr. 4**).

Ilustr. 4



Śruby

Jeżeli rekomendacje odnośnie śrub lub nakrętek mocujących nie są dostępne, SKF zaleca stosowanie następujących elementów do zamocowania oprawy na powierzchni osadzenia (→ **ilustr. 5**):

- śruby z łbem sześciokątnym zgodne z EN ISO 4014:2000
- śruby z łbem walcowym z gniazdem sześciokątnym zgodne z EN ISO 4762:1998
- nakrętki sześciokątne zgodne z EN ISO 4032:2000
- podkładki płaskie zgodne z EN ISO 7089

Jeżeli obciążenie działa prostopadle do powierzchni osadzenia oprawy, mogą być stosowane śruby lub nakrętki klasy 8.8. Jeżeli obciążenie nie działa prostopadle, należy użyć śrub lub nakrętek klasy 10.9.

Dokręć wszystkie śruby łączące górną i dolną część oprawy oraz śruby mocujące oprawę do podłoża momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 4**. W oprawach o rozmiarach calowych są stosowane śruby różnych klas dołączenia pokrywy górnej i podstawy oprawy. Te śruby należy dokręcać momentem o wartości podanej w instrukcji montażu dostarczonej razem z oprawą.

ilustr. 5

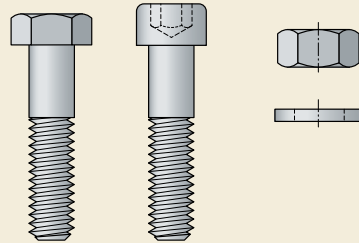


Tabela 4

Zalecane wartości momentów dokręcenia śrub mocujących do podłoża i śrub pokrywy górnej, klasa 8.8

Wielkość śruby	Moment dokręcenia		Śruby pokrywy górnej ¹⁾	
	Śruby mocujące do podłoża			
mm/cal	Nm	stopa-funt-siła	Nm	stopa-funt-siła
10	45	34	50	37
12	80	60	80	60
16	200	150	150	110
20	385	285	200	150
24	665	485	350	260
30	1 310	970	400	300
36	2 280	1 690	600	445
42	3 640	2 700	850	630
48	5 450	4 030	1 250	920
56	8 710	6 420	–	–
64	13 100	9 660	–	–
72	18 800	13 900	–	–
1/2	95	70	–	–
5/8	185	135	–	–
3/4	320	235	–	–
7/8	515	380	–	–
1	770	570	–	–
1 1/8	1 090	800	–	–
1 1/4	1 530	1 130	–	–
1 3/8	2 020	1 490	–	–
1 1/2	2 650	1 950	–	–

¹⁾ W przypadku opraw o rozmiarach calowych zalecany moment dokręcenia jest podany w instrukcji dostarczonej z oprawą.

Stosowanie pierścieni ustalających

Szerokość gniazda łożyska w większości standardowych opraw SKF jest wystarczająco duża, aby umożliwić przesunięcie osiowe „s” najszerszego łożyska, które pasuje do oprawy (→ **ilustr. 6**). W przypadku węgłów z łożyskiem ustalającym, które muszą zapewnić ustalenie osiowe wału w obu kierunkach, konieczne jest stosowanie pierścieni ustalających w celu ustalenia położenia pierścienia zewnętrznego łożyska w gnieździe oprawy (→ **ilustr. 7**). Pierścienie ustalające SKF są identyfikowane za pomocą przedrostka FRB, po którym jest podawana wielkość (szerokość/średnica zewnętrzna) w milimetrach, w sposób niezakodowany, np. FRB 11.5/100 (→ **ilustr. 8**).

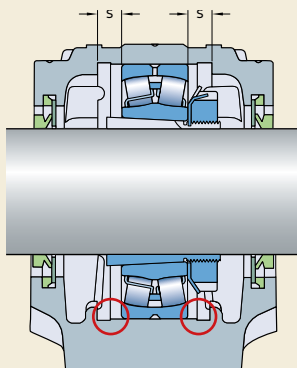
Łożyska toroidalne CARB stanowią wyjątek. Te łożyska swobodne nie mogą przenosić obciążeń wzdłużnych, ale mogą kompensować przesunięcie osiowe w obrębie łożyska. Z tego powodu pierścień zewnętrzny musi być ustalony osiowo w swoim gnieździe za pomocą pierścieni ustalających po obu stronach.

Zazwyczaj do jednej oprawy są potrzebne dwa pierścienie ustalające. Z każdej strony łożyska powinien być umieszczony jeden pierścień ustalający. Jeżeli wymagany jest tylko jeden pierścień ustalający, powinien on być włożony po tej samej stronie, po której jest nakrętka łożyskowa. Przy wkładaniu pierścienia ustalającego w odpowiednie miejsce upewnij się, że otwarty koniec pierścienia jest umieszczony u góry (→ **ilustr. 12, strona 134**).

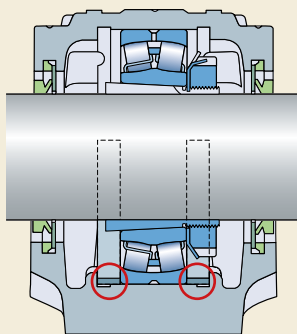
Bardzo duże oprawy SNL, począwszy od rozmiarów 3076, 3168, 3264 i 4076 są dostępne w dwóch wykonaniach, zależnie od rodzaju węgła łożyskowego. Gniazdo łożyska w oprawie jest obrabiane tak, aby dostosować oprawę do łożyska ustalającego lub swobodnego. Oprawy do łożysk ustalających są identyfikowane za pomocą przyrostka oznaczenia F i nie wymagają pierścieni ustalających. Oprawy do łożysk swobodnych są identyfikowane za pomocą przyrostka oznaczenia L.

OSTRZEŻENIE: Do zamontowania łożyska toroidalnego CARB należy użyć oprawy pod łożysko ustalające (przyrostek oznaczenia F).

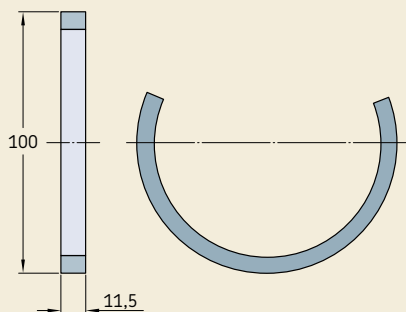
ilustr. 6



ilustr. 7



ilustr. 8



FRB 11.5/100

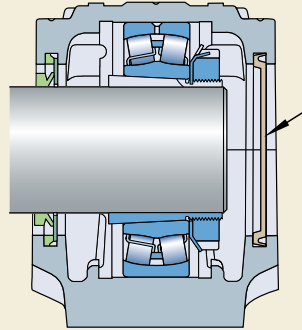
Stosowanie pokryw zamykających

Oprawy łożyskowe SKF przeznaczone do zamontowania na zakończeniu wału powinny być wyposażone w pokrywę zamykającą (zaślepkę). Pokrywy zamykające zazwyczaj pasują do rowka pod uszczelnienie (→ ilustr. 9).

Montaż uszczelnień dzielonych lub jednolitych

Oprawy stojące dzielone są dostępne zarówno z uszczelnieniami dzielonymi jak i jednolitymi. Uszczelnienia dzielone są łatwe do zamontowania: połówki uszczelnienia są dostosowane do rowków pod uszczelnienie w podstawie i pokrywie górnej oprawy. Uszczelnienia jednolite muszą być nasunięte na wał. Upewnij się, że uszczelnienie jest prawidłowo zorientowane, gdyż wiele uszczelnień jednolitych nie jest symetrycznych.

Ilustr. 9



Montaż standardowych opraw stojących dzielonych

Podczas montażu opraw stojących dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 130**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

UWAGA: Uszczelnienia odpowiednie do opraw stojących są zwykle dostarczane z instrukcjami montażu.

1 Przygotuj wał:

- Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma łożyskami. Jeżeli są stosowane uszczelnienia jednolite, obejmuje to także uszczelnienia wewnętrzne.
- Zamontuj łożyska po obu stronach wału. Gdy stosowane jest smarowanie plastycznym, całkowicie wypełnij łożyska smarem.
- Jeżeli wał jest stopniowany, zamontuj pierścienie dystansowe, gdy jest taka potrzeba.

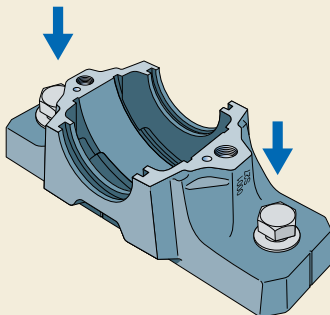
UWAGA: Pierścienie dystansowe nie są dostarczane z oprawami.

- Jeżeli są stosowane uszczelnienia jednolite, zamontuj uszczelnienia zewnętrzne po obu stronach wału. Jeżeli oprawa ma być stosowana na zakończeniu wału, pomiń montaż uszczelnienia. Zamiast niego w oprawie zostanie zainstalowana pokrywa zamykająca.

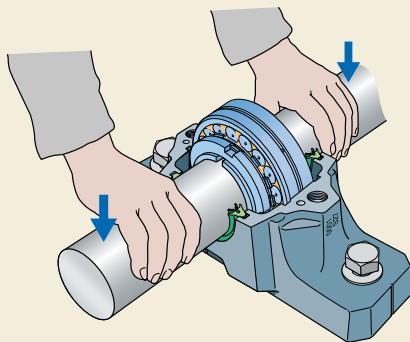
2 Określ położenie opraw:

- Jeżeli oprawa jest stosowana na wale stopniowanym i otwory w oprawie mają różne średnice, pozycja oprawy jest ustalona przez średnice otworów w oprawie.
- Jeżeli oprawa ma taką samą średnicę otworu po obu stronach, weź pod uwagę umiejscowienie smarowniczki w pokrywie górnej oprawy. Kiedy łożyska kulkowe wahlwe i łożyska toroidalne CARB są dosmarowywane z boku, oprawa musi być ustawiona tak, aby smarowniczka znajdowała się po przeciwnej stronie niż nakrętka łożyskowa.
- Kiedy oprawa jest umiejscowiona na zakończeniu wału, smarowniczka w górnej części oprawy musi znajdować się po stronie pokrywy zamykającej.

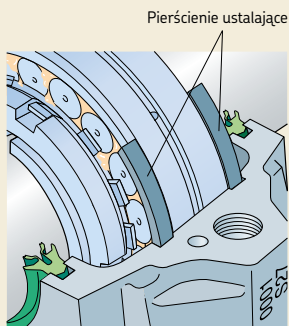
Ilustr. 10



Ilustr. 11



Ilustr. 12



- 3 Umieścić podstawy opraw na powierzchni osadzenia. Zainstaluj śruby mocujące do podłoża (→ **ilustr. 10**), ale ich nie dokręcaj. Jeżeli są stosowane uszczelnienia dzielone, włóż półówkę uszczelnienia w rowek każdej podstawy oprawy (w sytuacji, gdy ma to zastosowanie).
- 4 Włóż przygotowany wał w podstawę oprawy (podstawy opraw) (→ **ilustr. 11**). Uważaj, aby nie uszkodzić zamontowanych już uszczelnień.
- 5 Jeżeli jest to wymagane, umieść pierścienią ustalającą po każdej stronie łożyska ustalającego (→ *Stosowanie pierścieni ustalających, strona 132*). Upewnij się, że otwarty koniec pierścienia jest umieszczony u góry (→ **ilustr. 12**).

UWAGA: Swobodne łożyska toroidalne CARB zawsze wymagają umieszczenia pierścieni ustalających po obu stronach.

- 6 Dokładnie wyosiuj podstawy opraw. Potem lekko dokręć śruby mocujące do podłoża.

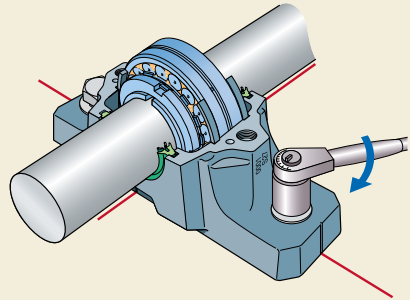
UWAGA: Oprawy SNL i wiele innych opraw SKF ma pionowe oznakowania na końcach podstaw, i na powierzchniach czołowych, wskazujące środek gniazda łożyska (→ **ilustr. 13**).

- 7 Wypełnij podstawy opraw zalecaną ilością smaru. SKF zaleca następujące wypełnienie wolnej przestrzeni po obu stronach łożyska
 - 40%, gdy dosmarowywanie odbywa się z boku łożyska.
 - 20%, gdy dosmarowywanie odbywa się przez pierścieniowy rowek i otwory smarowe w pierścieniu zewnętrznym.

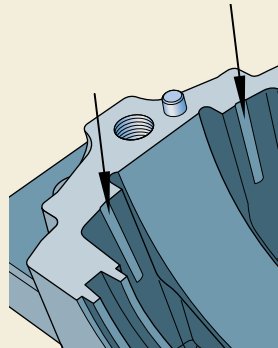
UWAGA: Niektóre oprawy mają oznakowanie wskazujące poziom wypełnienia 40% (→ **ilustr. 14**).

- 8 Jeżeli takie jest wymagane, włóż pokrywę zamykającą do rowka na uszczelnienie w podstawie oprawy.
- 9 Jeżeli są stosowane uszczelnienia dzielone, włóż pozostałe półówki uszczelnień do rowków na uszczelnienie w pokrywach górnych obu opraw (→ **ilustr. 15**). Jeśli ma to zastosowanie, wypełnij przestrzeń między wargami uszczelnienia wewnętrznego smarem.

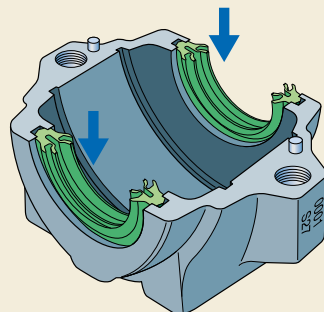
Ilustr. 13



Ilustr. 14



Ilustr. 15

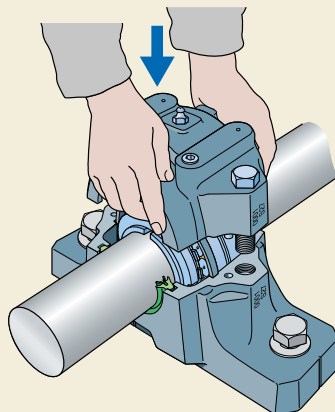


- 10** Umieścić pokrywę górną oprawy nad każdą podstawą (→ **ilustr. 16**) i dokręć śruby pokrywy górnej momentem o zalecanej wartości (→ **tabela 4** na **stronie 131**).

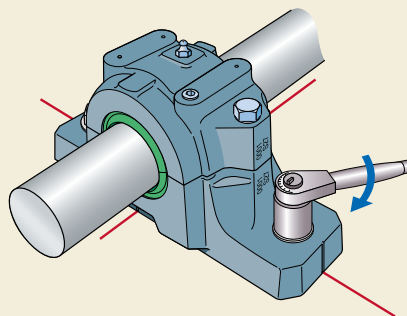
OSTRZEŻENIE: Pokrywy górne i podstawy nie są zamienne. Upewnij się, że pokrywa górna i podstawa mają ten sam numer seryjny.

- 11** Sprawdź ponownie wyosiuowanie i w pełni dokręć śruby mocujące do podłoża (→ **ilustr. 17**) momentem o zalecanej wartości podanym w **tabeli 4** na **stronie 131**.
- 12** Jeśli to konieczne, dokończ montaż uszczelnienia. To może obejmować:
- W przypadku pierścieni uszczelniających typu V: pokryj smarem powierzchnię współpracującą z uszczelnieniem. Potem nasuń pierścień uszczelniający typu V w odpowiednie położenie.
 - W przypadku pierścieni labiryntowych: rozciągnij i włóż rurkę silikonową do wewnętrznej rowka każdego pierścienia labiryntowego za pomocą śrubokręta, równocześnie obracając wałem.
 - W przypadku uszczelnień oczyszczanych smarem: podawaj smar przez smarowniczkę do wnętrza uszczelnienia, równocześnie obracając wałem.
- 13** SKF zaleca ponowne dokręcenie śrub pokrywy górnej i śrub mocujących do podłoża jeden lub dwa dni po zakończeniu montażu, aby mieć pewność, że śruby są dokręcone odpowiednim momentem.

Ilustr. 16



Ilustr. 17



Montaż opraw stojących SONL

Podczas montażu opraw stojących SONL dokładnie stosuj się do instrukcji przedstawionych w podrozdziale *Przygotowania do montażu* na **stronie 130**, jak również do dodatkowych wytycznych wymienionych poniżej:

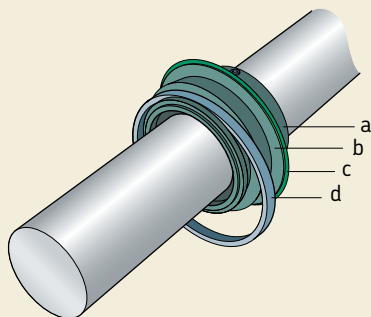
UWAGA: Uszczelnienia odpowiednie do opraw stojących są zwykle dostarczane z instrukcjami montażu.

- 1 Zamontuj elementy na wale, które powinny być umieszczone między dwoma łożyskami.
- 2 Ustal położenie łożysk lub tulei na wale i zaznacz je.
- 3 (→ **ilustr. 18**) Nasuń wewnętrzne tuleje dystansowe z kołnierzem labiryntowym (**a**) razem z pierścieniami uszczelniającymi (**b**) i pierścieniami uszczelniającymi o przekroju okrągłym (oringami) (**c**) na każdą stronę wału i załóż pierścienie rozprowadzające olej (**d**) w odpowiednim miejscu na tulejach dystansowych z kołnierzem labiryntowym.

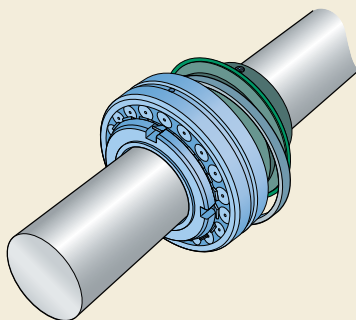
UWAGA: Nigdy nie montuj pierścienia rozprowadzającego olej (**d**) w przypadku systemów smarowania olejowego obiegowego!

- 4 Zamontuj łożyska na wale bezpośrednio lub na tulejach wciąganych (→ **ilustr. 19**).
- 5 Nasuń zewnętrzne tuleje dystansowe z kołnierzem labiryntowym na każdą stronę wału i umieść pierścienie uszczelniające i pierścienie uszczelniające o przekroju okrągłym (oringi) w odpowiednim położeniu na tulejach dystansowych. Jeżeli oprawa jest przeznaczona na zakończenie wału, pominiń montaż drugiego uszczelnienia i włóż pokrywę zamykającą razem z dwoma oringami do podstawy oprawy.
- 6 Umieść podstawy opraw na powierzchni osadzenia. Strona z wgłębieniem na olej przy gnieździe łożyska musi znajdować się po stronie wewnętrznej łożyskowania (→ **ilustr. 20**). Zainstaluj śruby mocujące do podłoża, ale ich nie dokręcaj.

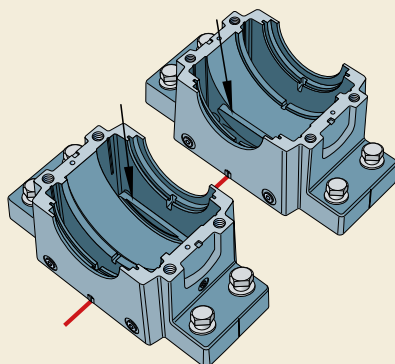
Ilustr. 18



Ilustr. 19



Ilustr. 20



- 7** Zainstaluj wskaźnik poziomu oleju i zatyczkę magnetyczną w każdej podstawie oprawy, jeśli stosowany jest pierścień rozpraszający olej. Zawsze, gdy jest to możliwe montuj wskaźnik poziomu oleju po stronie przeciwnej do pierścienia rozpraszającego olej, dzięki czemu odczyt poziomu oleju nie będzie zakłócony przez wiry wywołane przez pierścień. Jeżeli stosowana jest wkładka chłodząca olej, zainstaluj ją teraz, stosując się do instrukcji dostarczonych z wkładką.

UWAGA: Aby uniknąć wycieku oleju, nałóż szczeliwo odporne na olej na gwinty wszystkich przyłączonych elementów takich jak wskaźnik poziomu oleju i rurki.

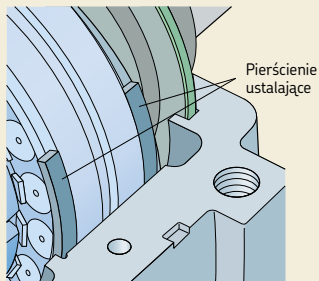
- 8** Ustaw prawidłowo uszczelnienie względem łożyska. Jeżeli stosowana jest tuleja wciągana, dokręć wkręty mocujące (dociskowe) w tulejach, które mają kołnierz labiryntowy. Zalecane momenty dokręcenia:

- rozmiary 17 do 26
8 Nm (6 stopa-funt-siła)
- rozmiary 28 do 32
18 Nm (13 stopa-funt-siła)
- rozmiary 34 do 48
35 Nm (26 stopa-funt-siła)

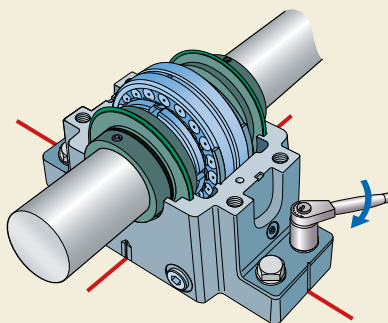
- 9** Włóż zespół wału w dwie podstawy opraw (→ ilustr. 21).

UWAGA: Upewnij się, że pierścienie rozpraszające olej wchodziły we wgłębienia na olej i że zwisają luźno.

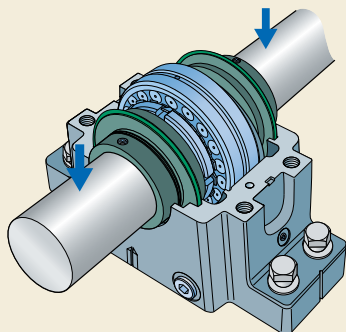
Ilustr. 22



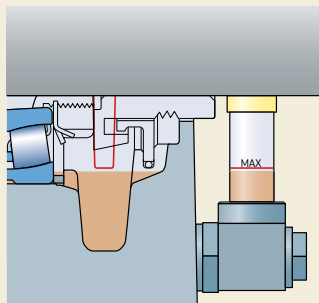
Ilustr. 23



Ilustr. 21



Ilustr. 24



- 10** Jeżeli jest to wymagane, umieść pierścieni ustalający po każdej stronie łożyska ustalającego (→ *Stosowanie pierścieni ustalających*, strona 132). Upewnij się, że otwarty koniec pierścienia jest umieszczony u góry (→ ilustr. 22).

UWAGA: Swobodne łożyska toroidalne CARB zawsze wymagają umieszczenia pierścieni ustalających po obu stronach.

- 11** Dokładnie wyosuj podstawy opraw. Potem lekko dokręć śruby mocujące do podłoża.

UWAGA: Oprawy SONL mają pionowe oznakowania na końcach podstaw i na powierzchniach czołowych podstaw wskazujące środek gniazda łożyska (→ ilustr. 23).

- 12** Jeżeli będzie stosowany system smarowania olejowego obiegowego, podłącz do oprawy rurki odprowadzające olej.

OSTRZEŻENIE: Rurki muszą prawidłowo odprowadzać olej lub może dojść do przepełnienia oprawy.

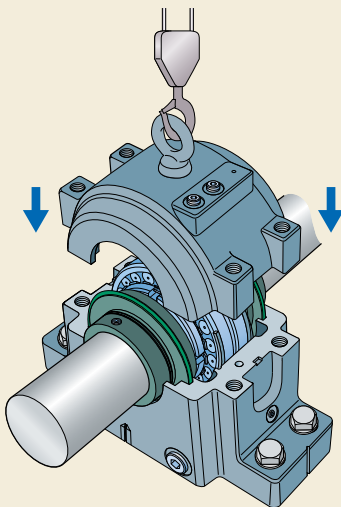
- 13** Jeżeli są stosowane pierścienie rozpraszające olej, napełnij oprawy olejem do maksymalnego wskazanego poziomu. Wskaźnik poziomu oleju i oznakowania wewnętrznej podstawy oprawy wskazują poziom maksymalny (→ ilustr. 24).

OSTRZEŻENIE: Poziom oleju może spaść podczas pracy. Nie wlewaj zbyt dużo oleju do oprawy, gdyż może dojść do wycieku.

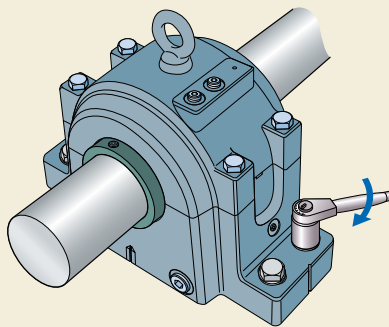
- 14** Pokryj dopasowane powierzchnie oprawy szczelnym odpornym na olej.
- 15** Umieść pokrywę górną oprawy nad każdą podstawą (→ ilustr. 25) i dokręć śruby pokryw górną (łącznie pokrywę górną z podstawą) momentem o zalecanej wartości podanym w tabeli 4 na stronie 131. Pokrywa górną i podstawa nie są zamienne z takimi samymi elementami innych opraw. Upewnij się, że pokrywa górną i podstawa mają ten sam numer seryjny.

UWAGA: Kładź pokrywę górną oprawy na podstawę ostrożnie, aby nie uszkodzić pierścieni uszczelniających o przekroju okrągłym.

Ilustr. 25



Ilustr. 26



- 16** Jeżeli będzie stosowany system smarowania olejowego obiegowego, podłącz do oprawy rurkę doprowadzającą olej.
- 17** Sprawdź ponownie wyosowanie i w pełni dokręć śruby mocujące do podłoża (→ ilustr. 26) momentem o zalecanej wartości podanym w tabeli 4 na stronie 131.
- 18** SKF zaleca ponowne dokręcenie śrub pokryw górną i śrub mocujących do podłoża jeden lub dwa dni po zakończeniu montażu, aby mieć pewność, że śruby są dokręcone odpowiednim momentem.



Montaż uszczelnień

Informacje ogólne.	142
O czym należy pamiętać	142
Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF.	146
Przygotowania do montażu	146
Montaż uszczelnienia promieniowego wału do oprawy	146
Montaż uszczelnienia z wargą dodatkową	149
Montaż uszczelnienia jednolitego wykonanego całkowicie z kauczuku . . .	149
Zakładanie uszczelnienia promieniowego wału nad wałem	150
Wymiana uszczelnienia promieniowego wału	151
Naprawa zużytego wału za pomocą tulei regeneracyjnej SKF	152
Montaż tulei SKF SPEEDI-SLEEVE	152
Montaż tulei regeneracyjnej o dużej średnicy	152
Montaż dużego, dzielonego, wykonanego w całości z kauczuku uszczelnienia.	154
Montaż uszczeltek blaszanych.	156
Montaż pierścienia uszczelniającego typu V	157

Informacje ogólne

Jeśli uszczelnienia mają dobrze spełniać swe zadania, muszą być odpowiednio zamontowane. Poprawny montaż najłatwiej przeprowadzić, jeśli ma się odpowiednie doświadczenie, czyste środowisko pracy i stosuje odpowiednie narzędzia. Powierzchnia wału współpracująca z uszczelnieniem, miejsce, w którym wargę uszczelniającą styka się z wałem, powinna spełniać wymagania w zakresie chropowatości powierzchni i kołowości i powinna być czysta. Jeżeli powierzchnia wału współpracująca z uszczelnieniem wykazuje jakiegokolwiek ślady zużycia, należy ją naprawić. Można to łatwo zrobić za pomocą tulei SKF SPEEDI-SLEEVE lub tulei regeneracyjnej o dużej średnicy (LDSL). Jeżeli wału nie da się łatwo naprawić, należy go wymienić na nowy.

Ponieważ uszczelnienia promieniowe wałów są powszechnie stosowane i odgrywają tak ważną rolę w ochronie łożysk, środków smarowych i innych krytycznych elementów przed zanieczyszczeniami, niniejszy rozdział jest ograniczony do tego typu uszczelnień, chyba że podano inaczej.

0 czym należy pamiętać

Uszczelnienia SKF są dostępne w różnorodnych rodzajach, konstrukcjach i wykonaniach. Najbardziej powszechne uszczelnienia promieniowe wałów są wymienione poniżej:

- uszczelnienia promieniowe wałów w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową
- uszczelnienia promieniowe wałów w obudowie metalowej bez sprężyny zaciskowej
- uszczelnienia promieniowe wałów z kauczukową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową
- uszczelnienia promieniowe wałów z kauczukową powierzchnią zewnętrzną bez sprężyny zaciskowej

Przy wymianie uszczelnienia należy się upewnić, że nowe uszczelnienie odpowiada oryginalnemu pod względem:

W celu uzyskania dodatkowych informacji o narzędziach montażowych i środkach smarnych SKF odwiedź stronę www.skf.com oraz www.mapro.skf.com.

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń (→ *Szkolenia*, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

Program SKF Sealfinder, dostępny w trybie online na stronie www.skf.com, zawiera dane uszczelnień pochodzących od około 80 różnych producentów lub dystrybutorów uszczelnień i umożliwia szybkie znajdowanie zamienników.

- rodzaju i konstrukcji uszczelnienia (→ **tabele 1a i 1b**)
- materiału wargi uszczelniającej (→ **tabela 2, strona 145**)

OSTRZEŻENIE: Prosty błąd przy zamawianiu może skończyć się nagłym uszkodzeniem uszczelnienia, np. gdy uszczelnienie z kauczuku nitrilowego zostanie zamontowane zamiast uszczelnienia o znacznie wyższej odporności na temperaturę z kauczuku fluorowego, mimo że poza tym konstrukcja uszczelnień jest identyczna.

PRZESTROGA:

W temperaturach powyżej 300 °C (570 °F) wszystkie elastomery fluorowe i związki PTFE wydzielają toksyczne opary. Jeżeli dojdzie do kontaktu takiego materiału z twoją skórą lub jeśli opary dostały się do dróg oddechowych, należy natychmiast udać się do lekarza.

Tabela 1a

Uszczelnienia promieniowe wałów do ogólnych zastosowań przemysłowych

Rodzaj uszczelnienia bez wargi wtórnej		z wargą wtórną		Opis
CRS1		CRSA1		Uszczelnienie w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową
CRSH1		CRSHA1		Uszczelnienie w obudowie metalowej wzmocnionej ze sprężyną zaciskową
CRW1		CRWA1		Uszczelnienie w obudowie metalowej z wargą uszczelniającą SKF WAVE ze sprężyną zaciskową
CRWH1		CRWHA1		Uszczelnienie w obudowie metalowej wzmocnionej z wargą uszczelniającą SKF WAVE i ze sprężyną zaciskową
CRW5		CRWA5		Uszczelnienie w obudowie metalowej z wargą uszczelniającą SKF WAVE o profilu ciśnieniowym i ze sprężyną zaciskową
HMS5		HMSA10		Uszczelnienie z kauczkową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową
HMS4		HMSA7		Uszczelnienie z kauczkową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową
SL SLX SLS DL		SLA DLA		Uszczelnienie w obudowie metalowej z wargą uszczelniającą (wargami uszczelniającymi) z PTFE
YSL YNSLE YSL				Uszczelnienie całkowicie wykonane z PTFE z pierścieniami uszczelniającymi o przekroju okrągłym (oringami)

Uszczelnienia promieniowe wałów do ciężkich zastosowań przemysłowych

Rodzaj uszczelnienia
bez wargi wtórnej

z wargą wtórną

Opis

HDL



HDLA



Uszczelnienie w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową

HDS1
HDS2



HDSA1
HDSA2



Uszczelnienie w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową w rowku SKF Springlock (HDS2 i HDSA2 także mają pokrycie SKF Springcover)

HDSB1
HDSB2



Uszczelnienie w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową w rowku SKF Springlock (HDSB2 także ma pokrycie SKF Springcover)

HDSC1
HDSC2



Uszczelnienie w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową w rowku SKF Springlock (HDSC2 także ma pokrycie SKF Springcover)

HDS3



Uszczelnienie w obudowie metalowej ze sprężyną zaciskową w rowku SKF Springlock z pokryciem SKF Springcover oraz z regulowanymi elementami dystansowymi

HDS4



Uszczelnienie z kauczkową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową i elementami dystansowymi w korpusie uszczelnienia

HDS6



Uszczelnienie z kauczkową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową i elementami dystansowymi w korpusie uszczelnienia

HDS7



Uszczelnienie w obudowie metalowej bez sprężyny zaciskowej

HDS1
HDS2



Uszczelnienie w obudowie metalowej z dwoma wargami uszczelniającymi skierowanymi w przeciwnie strony, ze sprężynami zaciskowymi

HDSE1
HDSE2



Uszczelnienie w obudowie metalowej z dwoma wargami uszczelniającymi skierowanymi w tą samą stronę, ze sprężynami zaciskowymi

HS4
HS5



Uszczelnienie jednolite wykonane w całości z kauczuku ze sprężyną zaciskową w rowku SKF Springlock (HS5 także ma pokrycie SKF Springcover)

Tabela 1b kontynuacja.

Uszczelnienia promieniowe wałów do ciężkich zastosowań przemysłowych

Rodzaj uszczelnienia		z wargą wtórną		Opis
bez wargi wtórnej				
HS6 HS7 HS8				Uszczelnienie dzielone wykonane w całości z kauczuku ze sprężyną zaciskową w rowku SKF Springlock (HS7 i HS8 także mają pokrycie SKF Springcover)
HSF1 HSF2 HSF3		HSF4		Uszczelnienie dzielone wzmocnione tkaniną ze sprężyną zaciskową
HSF5 HSF6 HSF7 HSF9		HSF8		Uszczelnienie jednolite wzmocnione tkaniną ze sprężyną zaciskową
SBF				Uszczelnienie z wkładką metalową ze sprężyną zaciskową
R01-P R01-R		R02-P R02-R		Uszczelnienie z kauczukową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową
R01-AF R01-AS				Uszczelnienie z kauczukową powierzchnią zewnętrzną ze sprężyną zaciskową

5

Tabela 2

Odmiany materiałowe warg uszczelniających SKF

Przyrostek oznaczenia	Materiał wargi uszczelniającej	Przykład oznaczenia
R, RG H	Kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (NBR) Uwodorniony kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (HNBR) (DURATEMP)	CR 15X35X7 CRW1 R CR 420X470X20 HDS3 H
D	Karboksylowy kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (XNBR) (SKF Duralip)	CR 240X280X16 HDS2 D
V T	Kauczuk fluorowy (FKM) (SKF Duralife) ¹⁾ Politetrafluoroetylen (PTFE)	CR 640X680X20 HDL V CR 70X90X10 RD10 T

¹⁾ Ważna informacja dotycząca bezpieczeństwa na temat elastomerów fluorowych jest podana na **strona 142**.

Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF

Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF może być używany do montażu uszczelnień promieniowego wału do średnicy zewnętrznej do 120 mm. Zestaw składa się z:

- 3 tulei uderowych, służących do równomiernego rozkładu siły, oznaczonych literami A, B lub C
- 36 pierścieni uderowych, oznaczonych taką samą literą jak pasująca do pierścienia tuleja uderowa oraz wielkością średnicy wewnętrznej i zewnętrznej pierścienia, np. B 25/52
- 1 dwustronny młotko do tłumionych uderzeń

Przygotowania do montażu

Aby uzyskać niezawodne uszczelnienie i osiągnąć najlepsze rezultaty, wykonaj następującą czynność:

- Upewnij się, że wymiary wybranego uszczelnienia pasują do wymiarów wału i otworu oprawy.
- Upewnij się, że wybrane uszczelnienie może współpracować z substancjami występującymi w środowisku pracy, a także wytrzymać temperaturę i prędkość roboczą.
- Sprawdź, czy uszczelnienie nie jest uszkodzone, np. czy widoczne są wgniecenia, rysy lub przecięcia. Nigdy nie stosuj uszkodzonego uszczelnienia.
- Dokładnie wyczyść uszczelnienie, jeżeli zostało ono zabrudzone. Użyj ciepłej wody z mydłem (o temperaturze nie wyższej niż 30 °C (85 °F)) i pozostaw uszczelnienie do wyschnięcia w temperaturze pokojowej.
- Sfazuś obrzeże otworu oprawy, aby uniknąć uszkodzenia powierzchni zewnętrznej uszczelnienia.
- Otwór oprawy i powierzchnia współpracująca z uszczelnieniem na wale powinny spełniać wymagania podane przez SKF odnośnie dokładności wymiary i kształtu, chropowatości i twardości.
- Wszystkie krawędzie wału, nad którymi wargą uszczelnienia musi przejść, powinny być sfazowane lub zaokrąglone.
- Pokryj uszczelnienie cienką warstwą środka smarnego, który będzie używany w danej aplikacji. Wargi uszczelniające z PTFE nie powinny być smarowane wstępnie, chyba że są stosowane w aplikacjach pracujących na sucho.

Montaż uszczelnienia promieniowego wału do oprawy

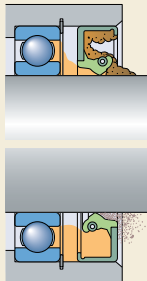
Podczas montażu uszczelnienia do otworu oprawy, siła montażowa powinna być przyłożona tak blisko średnicy zewnętrznej uszczelnienia, jak to możliwe. Dlatego SKF zaleca stosowanie trzpienia w połączeniu z prasą mechaniczną lub hydrauliczną (lub młotkiem).

OSTRZEŻENIE: Podczas montażu upewnij się, że kierunek ustawienia wargi uszczelniającej jest prawidłowy (→ **ilustr. 1**). Kiedy główną funkcją uszczelnienia jest ochrona przed zanieczyszczeniami, wargą uszczelnienia powinna być skierowana na zewnątrz, w stronę zanieczyszczeń. Jeśli podstawowym zadaniem jest utrzymywanie środka smarnego, wargą uszczelnienia powinna być skierowana do wewnątrz, w stronę środka smarnego.

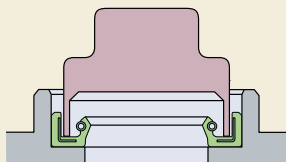
Poniżej są podane proponowane metody montażu, zależnie od zastosowania i umiejscowienia uszczelnienia:

- powierzchnia czołowa uszczelnienia ma oprzeć się w gnieździe o występ lub pierścień ustalający – użyj trzpienia (→ **ilustr. 2**).
- uszczelnienie ma się znaleźć w otworze na pewnej głębokości – użyj trzpienia z ogranicznikiem, aby właściwie ustalić położenie uszczelnienia (→ **ilustr. 3**).

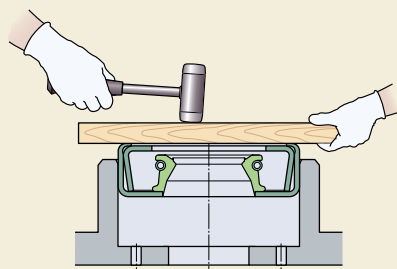
ilustr. 1



Ilustr. 2

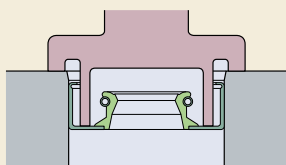


Ilustr. 5

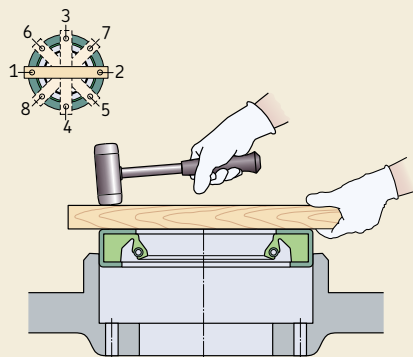


5

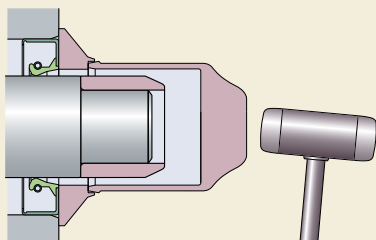
Ilustr. 3



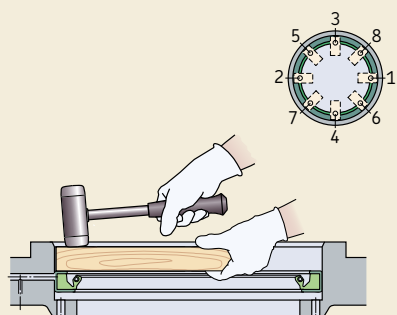
Ilustr. 6



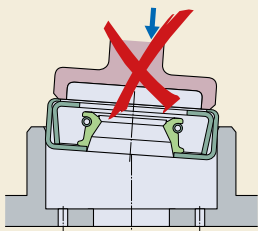
Ilustr. 4



Ilustr. 7



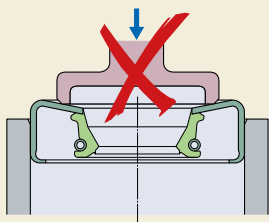
Ilustr. 8



- powierzchnia czołowa uszczelnienia ma być w jednej płaszczyźnie z powierzchnią czołową oprawy – użyj Zestawu narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **ilustr. 4**). Można także przykryć uszczelnienie drewnianą bądź plastikową płytą i uderzając młotkiem wcisnąć uszczelnienie na miejsce (→ **ilustr. 5**).

Jeżeli do montażu dużych uszczelnień nie jest dostępne odpowiednie narzędzie montażowe, SKF zaleca użycie drewnianego klocka (→ **ilustr. 6**) lub metalowego krążka montażowego. Podczas stosowania alternatywnych narzędzi, przykładaj siłę równomiernie na obwodzie uszczelnienia, aby uniknąć jego przechylenia lub zukosowania. Jeżeli uszczelnienie ma być wpuszczone poniżej powierzchni czołowej oprawy, należy użyć odpowiedniego kawałka drewna (→ **ilustr. 7**).

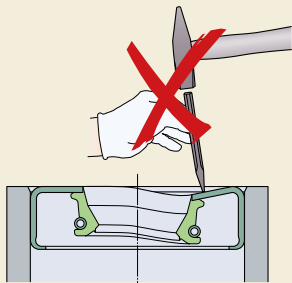
Ilustr. 9



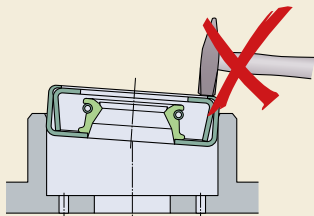
Podczas montażu uszczelnienia do otworu oprawy:

- Upewnij się, że uszczelnienie i narzędzie montażowe nie są ustawione skośnie (→ **ilustr. 8**). Powinny być one ustawione prostopadle do oprawy.
- Upewnij się, że średnica zewnętrzna narzędzia jest równa średnicy zewnętrznej uszczelnienia, w przeciwnym razie istnieje ryzyko, że uszczelnienie ulegnie wygięciu lub zniekształceniu (→ **ilustr. 9**).
- Nigdy nie używaj punktaka (→ **ilustr. 10**).
- Zawsze lekko uderzaj młotkiem w narzędzie montażowe.

Ilustr. 10



Ilustr. 11



- Nigdy nie uderzaj w uszczelnienie żadnym rodzajem młotka (→ **ilustr. 11**).

OSTRZEŻENIE: Używaj szczerliw oszczędnie (aby uniknąć ich kontaktu z wargą uszczelnienia, powierzchnią współpracującą z uszczelnieniem i łożyskiem).

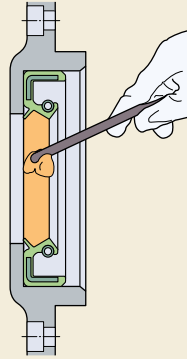
Montaż uszczelnienia z wargą wtórną

Podczas montażu uszczelnień dwuwargowych lub uszczelnień posiadających stykową wargę wtórną, wypełnij przestrzeń między wargą pierwotną a wargą wtórną odpowiednim smarem plastycznym (→ **ilustr. 12**). Nie dotyczy to uszczelnień z kauczuku silikonowego lub uszczelnień ze specjalnymi rowkami pozwalającymi uzyskać efekt hydrodynamiczny.

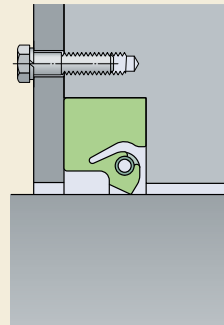
Montaż uszczelnienia jednolitego wykonanego całkowicie z kauczuku

Uszczelnienia wykonane całkowicie z kauczuku mogą zostać zamontowane ręcznie; nie są wymagane specjalne narzędzia montażowe. Jednakże, po zamontowaniu uszczelnienie musi zostać zaciśnięte osiowo w otworze oprawy za pomocą pokrywki ustalającej (→ **ilustr. 13**).

Ilustr. 12



Ilustr. 13



Zakładanie uszczelnienia promieniowego wału nad wałem

Kiedy uszczelnienie ma być przeciągnięte nad wałem podczas montażu, SKF zaleca:

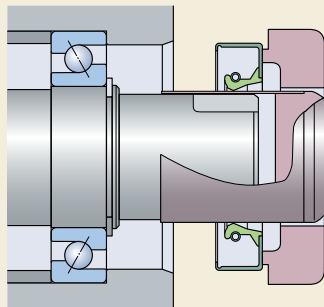
- Zastów wszystkie wyżłobienia, rowki klinowe, otwory poprzeczne, wypusty, gwinty i wszystkie inne ostre krawędzie za pomocą cienkościennego ($< 0,5 \text{ mm}$) kołpaka ochronnego (→ **ilustr. 14**).
- Użyj tulei, gdy występ stopniowanego wału nie jest nie sfazowany lub zaokrąglony (→ **ilustr. 15**).

Powierzchnia zewnętrzna kołpaków ochronnych i tulei powinna być pokryta takim samym środkiem smarnym jak uszczelnienie i powierzchnia współpracująca z uszczelnieniem. Powierzchnia zewnętrzna i sfazowanie wprowadzające narzędzia montażowego powinno być pozbawione wszelkich zadziorów lub ostrych krawędzi.

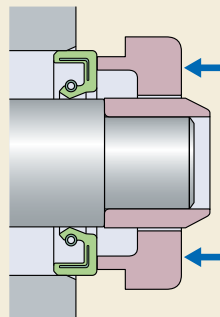
Uszczelnienia promieniowe wałów wykonane z PTFE powinny być zawsze montowane z użyciem kołpaka ochronnego lub tulei.

Jeżeli po zamontowaniu uszczelnień oprawa lub maszyna ma zostać pomalowana, uszczelnienia muszą zostać zabezpieczone przed farbą. Mogą zostać zastosowane krawężki z kartonu (→ **ilustr. 16**).

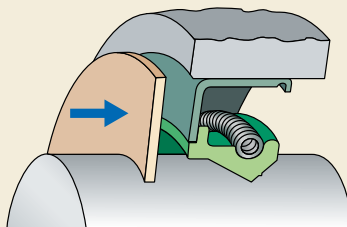
Ilustr. 14



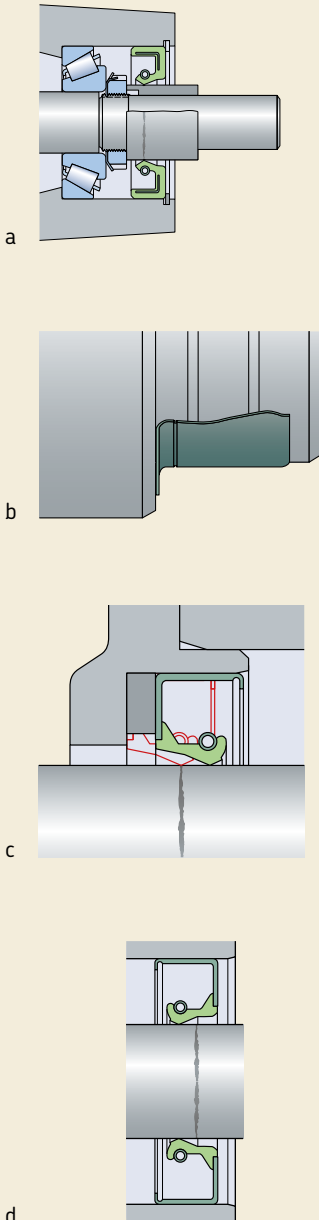
Ilustr. 15



Ilustr. 16



Ilustr. 17



Wymiana uszczelnienia promieniowego wału

OSTRZEŻENIE: Uszczelnienia promieniowe wałów, które zostały zdemonutowane nie powinny być nigdy ponownie używane.

Jeżeli powierzchnia współpracująca z uszczelnieniem wykazuje jakiegokolwiek ślady zużycia lub uszkodzenia, musi zostać naprawiona. Istnieje szereg sposobów, aby to zrobić (→ ilustr. 17):

- Obróć ponownie powierzchnię współpracującą z uszczelnieniem na wale; wymaga to wymontowania wału.
- Wymień pierścień, który spełniał funkcję powierzchni współpracującej (a).
- Zamontuj tuleję regeneracyjną SKF SPEEDI-SLEEVE (na wały o średnicach ≤ 203 mm) (b), lub tuleję regeneracyjną o dużej średnicy (LDSLVL) (na wały o średnicach > 203 mm).
- Zamontuj pierścień dystansowy w otworze oprawy między występnym oporowym w uszczelnieniem (c).
- Wciśnij nowe uszczelnienie na inną głębokość do walcowego otworu oprawy (d).

Tam gdzie ma to zastosowanie, nowa powierzchnia współpracująca powinna być zawsze przesunięta w stronę uszczelnianej substancji (c).

Przy wyborze uszczelnienia na wymianę należy zwrócić uwagę na to, czy konstrukcja i materiał odpowiadają oryginałowi. W przypadku wątpliwości należy zastosować uszczelnienie wyższej jakości, aby mieć pewność, że wytrzyma warunki pracy. Jeżeli uszczelnienie o tej samej konstrukcji nie jest dostępne w tej samej szerokości co uszczelnienie oryginalne, wówczas można zastosować nieco węższy pierścień uszczelniający. Lub, jeśli pozwala na to głębokość otworu oprawy, można wybrać szersze uszczelnienie zastępcze.

Naprawa zużytego wału za pomocą tulei regeneracyjnej SKF

Montaż tulei SKF SPEEDI-SLEEVE

Tuleje regeneracyjne SKF SPEEDI-SLEEVE zapewniają szybki, łatwy i tani sposób naprawy wału w miejscu, gdzie nastąpiło jego zużycie spowodowane przez uszczelnienie. Te tuleje, które eliminują konieczność demontażu maszyny w celu wyjęcia wału i wystania go do naprawy, mogą w znacznym stopniu ograniczyć koszty naprawy i przestoju. Inną zaletą tulei regeneracyjnych SKF SPEEDI-SLEEVE jest grubość materiału wynosząca jedynie 0,28 mm.

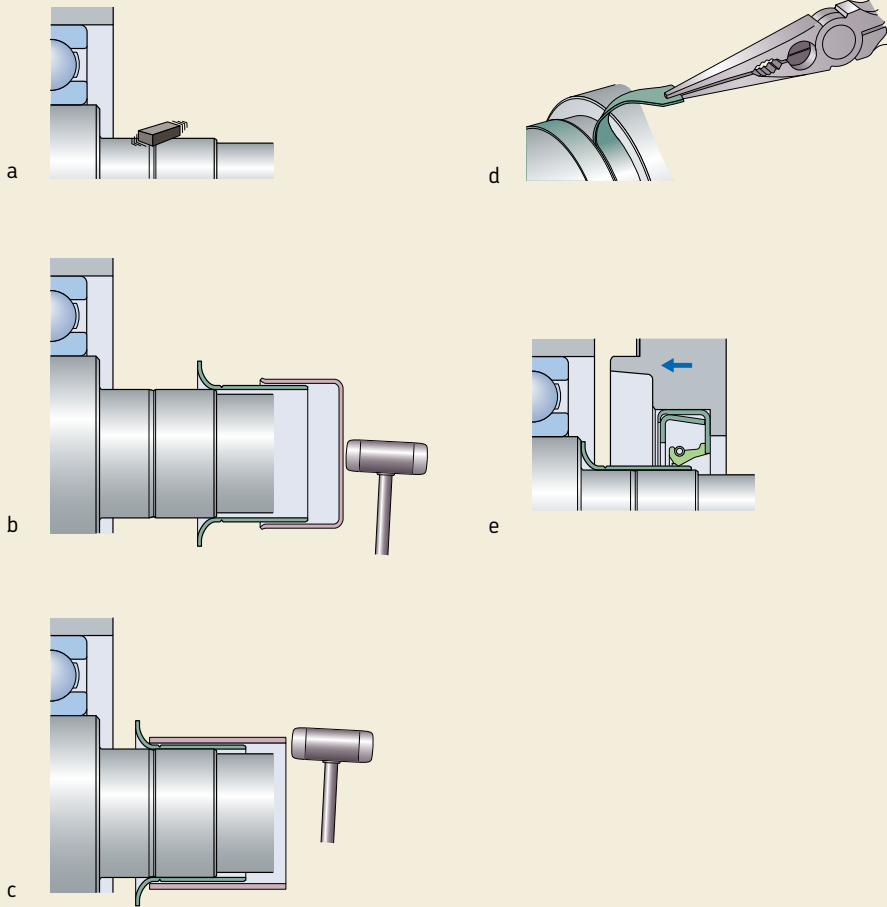
Mimo, że montaż tulei jest prosty, należy go przeprowadzić dokładnie, aby uzyskać najlepsze wyniki (→ **ilustr. 18**).

- 1 Oczyszczyć powierzchnię współpracującą z uszczelnieniem na wale. Usunąć wszystkie zadziory lub nierówności (**a**) i upewnić się, że tuleja nie zostanie zamontowana nad rowkami klinowymi, otworami poprzecznymi, wypustami itp.
- 2 Zmierzyć średnicę tam, gdzie zostanie umieszczona tuleja, na nieużytej części wału. Zmierzyć w trzech pozycjach i uśrednić pomiary (aby upewnić się, że wał mieści się w zalecanych wymiarach). Jeśli średnia średnica mieści się w zakresie dla danego rozmiaru tulei, pasowanie ciasne tulei będzie wystarczająco silne, aby się ona nie zsuwała i nie obracała, bez konieczności stosowania klejenia tulei.
- 3 Określić położenie, gdzie należy umieścić tuleję, aby zakryć miejsce zużyte na wale przez uszczelnienie. Zmierzyć dokładnie odległość lub zaznaczyć miejsce na powierzchni wału. Tuleja musi być umieszczona na zużytym odcinku, a nie tylko być dopchnięta do oporu lub być na równo z końcem wału.
- 4 Płytkie rowki będące efektem zużycia wału nie wymagają wypełniania. Opcjonalnie na wewnętrzną powierzchnię tulei można nałożyć cienką warstwę nietwardniejącego szczeliwa. Usunąć szczeliwo, które przejdzie na wał lub zewnętrzną powierzchnię tulei.
- 5 Jeśli wał jest głęboko zarysowany, wypełnić rowek stosując odpowiedni wypełniacz epoksydowy ze sproszkowanym metalem.

Zamontuj tuleję, zanim wypełniacz stwardnieje, aby tuleja mogła zgarnąć jego ewentualny nadmiar. Usunąć pozostały wypełniacz z zewnętrznej powierzchni tulei.

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie montuj tulei SKF SPEEDI-SLEEVE przy użyciu metod cieplnych!

- 6 Kołnierzyk najczęściej można pozostawić nienaruszony, ale w aplikacjach, gdzie będzie kolidował z innymi elementami, powinien zostać usunięty. Jeśli kołnierzyk musi być usunięty, natnij go prostopadłe do powierzchni zewnętrznej w jednym miejscu. Tuleję nasuwa się na wał, zaczynając od strony z kołnierzykiem. Następnie umieść na tulei narzędzie montażowe (**b**).
- 7 Delikatnie stukając w środek narzędzia montażowego przesuwaj tuleję, aż przykryje zużyty powierzchnię. Jeśli narzędzie montażowe jest zbyt krótkie, można użyć kawałka rury lub tulei z powierzchnią czółową prostopadłą do osi i pozbawioną zadziorów (**c**). Upewnij się, że średnica wewnętrzna tej rury jest taka sama jak narzędzia montażowego. Uważaj, aby nie zarysować precyzyjnie szlifowanej powierzchni zewnętrznej tulei.
- 8 Tuleja SKF SPEEDI-SLEEVE powinna zawsze być zamontowana w taki sposób, aby krawędź zewnętrzna tulei była osadzona na pełnej średnicy wału, w celu uniknięcia uszkodzenia uszczelnienia podczas montażu przez ostrą krawędź tulei.
- 9 Jeżeli kołnierzyk został nacięty w celu jego usunięcia, użyj kombinerek z długą głowicą, aby chwycić kołnierzyk z dala od powierzchni uszczelnienia (**d**) i skrócić go w spiralę, uważając, aby nie oderwać końca tulei od wału, ponieważ pozostałoby to poszarpaną krawędź. Zdejmując kołnierzyk, należy zachować odpowiednią ostrożność, aby nie uszkodzić zewnętrznej powierzchni tulei.
- 10 Po zamontowaniu tulei sprawdź ponownie, czy nie ma na niej żadnych zadziorów, które mogłyby uszkodzić uszczelnienie.
- 11 Przed założeniem uszczelnienia nasmaruj tuleję środkiem używanym do smarowania układu.
- 12 Przejdź do montowania uszczelnienia.
- 13 Rozpocznij montaż nowego uszczelnienia postępując zgodnie z instrukcjami wymiennymi wcześniej lub zamontuj pokrywę zamykającą wyposażoną w nowe uszczelnienie (**e**).



Montaż tulei regeneracyjnej o dużej średnicy

Tuleje regeneracyjne SKF o dużej średnicy (LDSL) są przeznaczone do montażu z wciśnięciem na wale metodą cieplną. Przed zamontowaniem na wale tuleja musi zostać równomiernie nagrzana do około 180 °C (355 °F) przy użyciu odpowiedniego sprzętu, takiego jak nagrzewnica indukcyjna SKF.

OSTRZEŻENIE: Nie podgrzewaj tulei powyżej temperatury 200 °C (390 °F).

Tuleję należy zamontować natychmiast po podgrzaniu, ponieważ szybko stygnie i może zakleszczyć się na wale, zanim zostanie umieszczona we właściwym miejscu. Jeżeli konieczne jest przesunięcie tulei, należy uważać, aby nie uszkodzić szlifowanej powierzchni zewnętrznej lub sfazowania wprowadzającego.

Montaż dużego, dzielonego, wykonanego w całości z kauczuku uszczelnienia

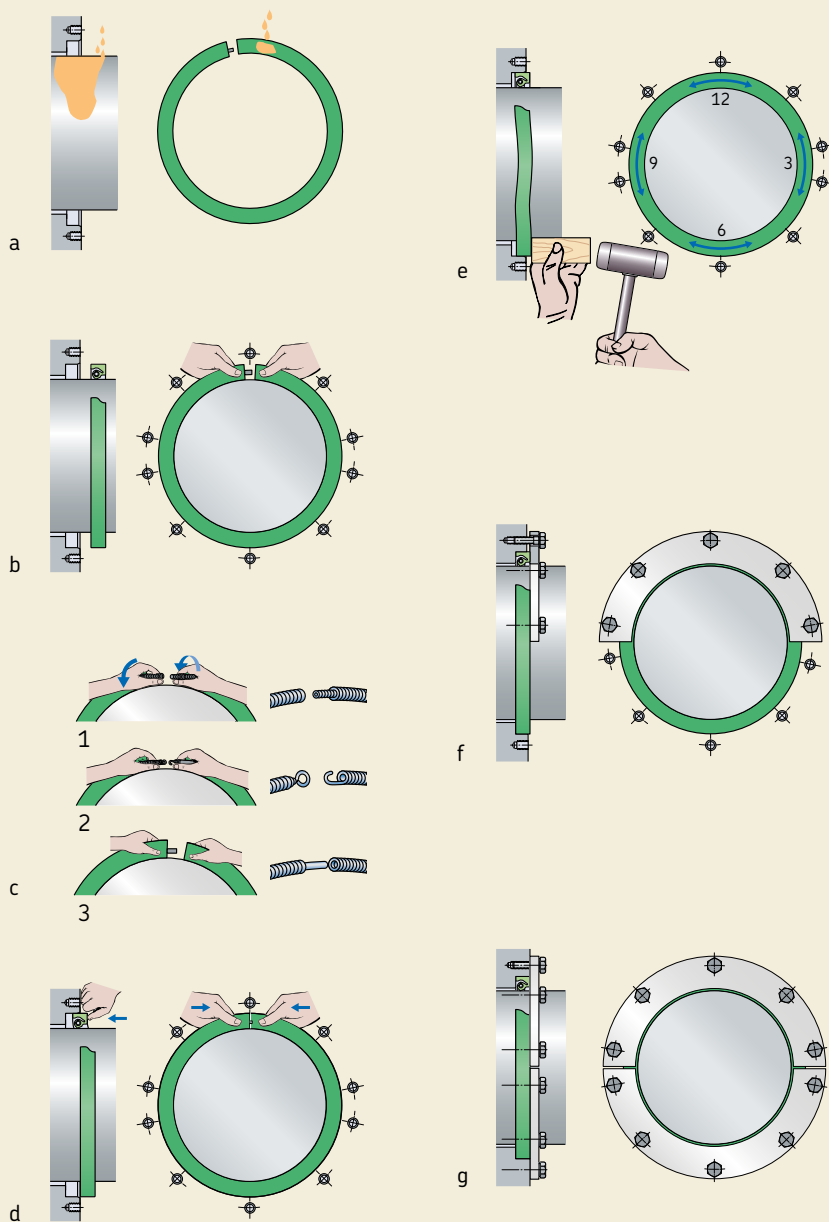
Podczas montażu dzielonego, wykonanego w całości z kauczuku uszczelnienia serii HS6, HS7 i HS8 lub dzielonego, wzmocnionego tkaniną uszczelnienia serii HSF1, HSF2, HSF3 i HSF4, stosuj się do następujących instrukcji (→ **ilustr. 19**).

- 1 W przypadku, gdy ma to zastosowanie, umieść sprężynę w rowku SKF Springlock i ustaw złącze sprężyny tak, aby było ono przesunięte względem połączenia pierścienia.
- 2 Pokryj wargę uszczelniającą i współpracującą powierzchnię na wale środkiem smarnym (**a**). Użyj takiego samego środka smarnego, jaki ma być utrzymywany przez uszczelnienie.
- 3 Sprawdź, czy wargę uszczelnienia jest skierowana we właściwą stronę (**b**).
- 4 Połącz końce sprężyny zaciskowej:
 - W przypadku sprężyn ze złączem gwintowanym (**c1**), stosowanych w uszczelnieniach serii HSF1, HSF2, HSF3 i HSF4, skręć końce sprężyny, każdy w przeciwnym kierunku. Włóż jeden koniec w drugi i wkręć do uzyskania połączenia.
 - W przypadku sprężyn ze złączem typu haczyk i oczko (**c2**), stosowanych w uszczelnieniach serii HS6 i w większości uszczelnień serii HS8, ściągnij razem końce sprężyny i włóż haczyk do oczka. Nie rozciągaj zbyt mocno sprężyny, ponieważ może to wpłynąć ujemnie na pracę uszczelnienia.
 - W przypadku sprężyn ze złączem drucianym (**c3**), stosowanych w uszczelnieniach serii HS7, ściągnij razem końce uszczelnienia i włóż drut utrzymujący do drugiego końca sprężyny. Nie rozciągaj zbyt mocno sprężyny, ponieważ może to wpłynąć ujemnie na pracę uszczelnienia.
- 5 Ustaw uszczelnienie tak, aby położenie połączenia jego końców odpowiadało pozycji godziny 12 i wepchnij uszczelnienie w tym miejscu do otworu oprawy (**d**).

- 6 Rozpoczynając od położenia odpowiadających pozycjom godzin 3 i 9 (**e**), wepchnij pozostałą część uszczelnienia w odpowiednie miejsce, kończąc równocześnie w położeniach odpowiadających pozycjom godzin 6 i 12. Dla wałów o średnicach 1200 mm i większych korzystne może być ustalenie uszczelnienia w położeniach odpowiadających pozycjom godzin 12, 3, 6 i 9, zanim zostaną wepchnięte do oporu pozostałe części pierścienia.

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie montuj uszczelnienia w ten sposób, że tylko jeden koniec uszczelnienia jest włożony do otworu oprawy, a reszta zostaje owinięta wokół wału. Uszczelnienie się rozciągnie, powodując, że montaż w oprawie będzie utrudniony lub nawet niemożliwy.

- 7 Wciśnij uszczelnienie do otworu oprawy używając małego drewnianego klocka do momentu zetknięcia się go z występem oporowym w oprawie (**e**).
- 8 Sprawdź stan uszczelnienia, zwłaszcza w miejscu połączenia.
- 9 Załóż pokrywę zamykającą (**f** i **g**). Dokręć równomiernie śruby mocujące, aż pokrywa oprze się o powierzchnię czołową oprawy.

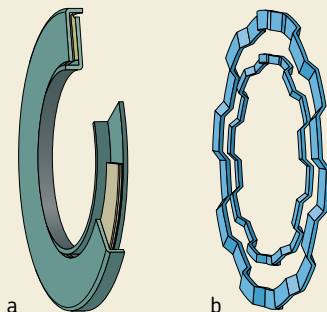


Montaż uszczelki blaszanych

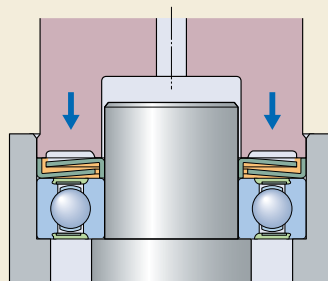
Uszczelki blaszane – z dodatkową uszczelką zamazowaną lub bez – (→ **ilustr. 20a**) – powinny być zawsze zabudowane w sposób pokazany na **ilustr. 21a**, aby efekt pompujący tarcz był skierowany w stronę od łożyska. Jeżeli w celu ułatwienia dosmarowywania są stosowane podkładki dystansowe (→ **ilustr. 20b**), jedna podkładka dystansowa musi zostać zamontowana tak, aby przylegała do pierścienia wewnętrznego a druga do pierścienia zewnętrznego łożyska (→ **ilustr. 21b**).

- 1 Wypełnij wolną przestrzeń między dwoma uszczelkami blaszanymi smarem plastycznym odpornym na działanie wody i chroniącym przed korozją, np. SKF LGMT 2.
- 2 Powierzchnie otworów i powierzchnie zewnętrzne uszczelki pokryj cienką warstwą smaru.
- 3 Umieść zespół uszczelki w pozycji wyjściowej. Upewnij się, że powierzchnia czołowa uszczelki oprawy będzie przylegać do pierścienia zewnętrznego łożyska (→ **ilustr. 21b**).
- 4 Wciśnij zespół uszczelki równocześnie do otworu oprawy i na wał, stosując tuleję lub podobny przyrząd, który przylega równocześnie do obu uszczelki (→ **ilustr. 22**). Upewnij się, że uszczelki nie ustawiły się ukośnie.
- 5 Jeżeli ma być montowanych kilka zestawów uszczelki obok siebie, każdy zestaw powinien być montowany oddzielnie, jeden po drugim.

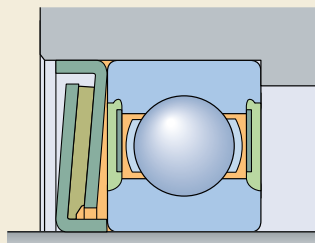
Ilustr. 20



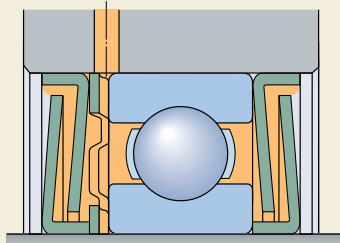
Ilustr. 22



Ilustr. 21

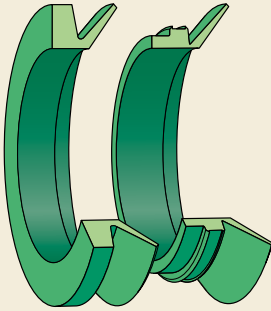


a



b

Ilustr. 23

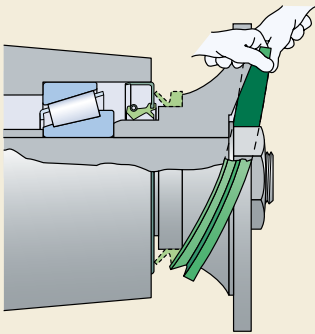


Montaż pierścienia uszczelniającego typu V

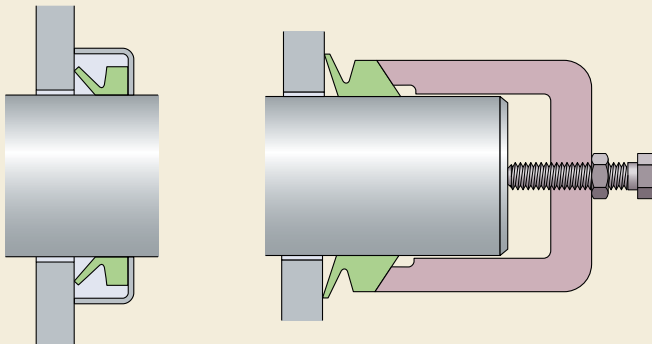
Pierścienie uszczelniające typu V (→ ilustr. 23) są elastyczne i mogą być rozciągane, co umożliwia ich przeciąganie nad innymi elementami tak, że montaż jest prostą operacją (→ ilustr. 24). W przypadkach, gdy ma być montowanych wiele pierścieni typu V tego samego rozmiaru, mogą zostać użyte proste narzędzia (→ ilustr. 25) do przepchnięcia uszczelnienia na właściwe miejsce.

Podczas montażu pierścienia uszczelniającego typu V upewnij się, że przylega on równomiernie do wału na całym obwodzie i że pasowana szerokość uszczelnienia, od powierzchni współpracującej z uszczelnieniem do powierzchni tylnej uszczelnienia jest w granicach wymaganej tolerancji.

Ilustr. 24



Ilustr. 25





SKF

Set Shaft Alignment Tool TISA-06



Osiowanie

Wstęp	160	Osiowanie napędów z przesuniętymi osiami (z wałem Cardana)	175
Instalowanie i osiowanie maszyn	161	Tolerancje osiowania napędów z przesuniętymi osiami	175
Jakość fundamentów	161	Metody osiowania napędów z przesuniętymi osiami	175
Docelowe wyniki osiowania	161	Laserowe metody osiowania napędów z przesuniętymi osiami	175
Miękka stopa	162		
Rodzaje miękkiej stopy	162		
Sprawdzanie występowania miękkiej stopy	162		
Regulowanie położenia za pomocą podkładek	163	Osiowanie pasów	176
Podkładki regulacyjne maszyn	163	Rodzaje niewspółosiowości pasów	176
Elementy SKF Vibracon SM	164	Tolerancje osiowania pasów	176
Specjalne sztywne podstawki klinowe ze stali	164	Metody osiowania pasów	176
Żywica epoksydowa	165	Tradycyjne metody osiowania pasów	176
Napinanie śrub	166	Laserowe metody osiowania pasów	176
Moment dokręcenia i napięcie montażowe	166		
Narzędzia do napinania śrub	166		
Osiowanie wałów	167		
Rodzaje niewspółosiowości	167		
Konwencje pomiarów	167		
Maszyny stacjonarne i ruchome	167		
Parametry osiowania	168		
Pozycje pomiarowe	168		
Tolerancje osiowania wałów	169		
Metody osiowania wałów	170		
Tradycyjne metody osiowania wałów	170		
Metody z czujnikami zegarowymi	170		
Laserowe metody osiowania wałów	172		
Proces osiowania	173		

Wstęp

Ustawienie współosiowości maszyny napędzającej i maszyny napędzanej jest ważną czynnością, którą należy wykonać podczas wstępnej instalacji maszyn, a także podczas ich obsługi. Wyosiowanie maszyny ma decydujące znaczenie w zapobieganiu przedwczesnych uszkodzeń łożysk i pojawiających się w ich następstwie uszkodzeń innych elementów. Koszt prawidłowego wyosiowania maszyn jest niewielki w stosunku do narastających kosztów obsługi, gdy dojdzie do awarii krytycznego urządzenia.

Osiowanie jest wymagane dla:

- wałów
- napędów z przesuniętymi osiami, np. wałów Cardana
- napędów pasowych (kół pasowych)
- wałców i cylindrów, np. w maszynach papierniczych

Główne procedury osiowania w odniesieniu do wału, napędu z przesuniętymi osiami i napędu pasowego są przedstawione w niniejszym rozdziale.

Korzyści wynikające z prawidłowego osiowania obejmują:

- wydłużenie trwałości eksploatacyjnej łożyska
- wydłużenie trwałości eksploatacyjnej uszczelnienia
- wydłużenie trwałości eksploatacyjnej sprzęgła
- wydłużenie okresów między przeglądami
- poprawa sprawności energetycznej
- obniżenie poziomu drgań i naprężeń

W celu uzyskania dodatkowych informacji o osiowaniu wałów, napędów z przesuniętymi osiami i napędów pasowych, a także informacji o osiowaniu wałców i cylindrów, odwiedź stronę www.apitudexchange.com lub www.skf.com.

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń w zakresie technik osiowania (→ *Szkolenia*, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

Urządzenia do ustawiania współosiowości wałów i pasów, jak również podkładki regulacyjne są dostępne z SKF Maintenance Products (→ **Dodatek K, strona 419**). W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

SKF posiada doświadczonych w osiowaniu zespoły serwisowe. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.skf.com/services.

Instalowanie i osiowanie maszyn

Odpowiednie wyosiowanie maszyny napędzającej i maszyny napędzanej w znacznym stopniu zależy od jakości zainstalowania maszyny. Optymalne posadowienie przyczynia się do szybkiego i łatwego procesu osiowania i jego dokładnych wyników.

Aby maszyna została zainstalowana w optymalny sposób, należy wziąć pod uwagę szereg aspektów:

- jakość fundamentów
- docelowe wyniki osiowania
- miękką stopę
- regulowanie położenia za pomocą podkładek
- napinanie śrub

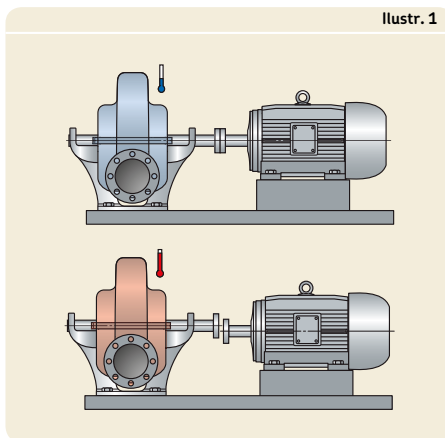
Jakość fundamentów

Kluczowym elementem podczas instalowania maszyny jest zapewnienie fundamentów, które będą stanowiły pewne oparcie i pozwolą zachować współosiowość elementów w warunkach dynamicznych. Czy jest to zabudowywanie nowej maszyny, czy też istniejąca maszyna jest osiowana ponownie, SKF zaleca wykonanie następujących czynności:

- 1 Sprawdź fundamenty, czy nie występują w nich pęknięcia, czy nie nastąpiło pogorszenie ich stanu lub uszkodzenie otworów pod śruby mocujące i w razie potrzeby dokonaj naprawy
- 2 Usuń istniejące podkładowe regulacyjne i podstawki klinowe. Jeżeli nie są uszkodzone, skontroluj czy są skorodowane i w razie potrzeby oczyść je przed ponownym użyciem.
- 3 Usuń rdzę, farbę lub olej z powierzchni montażowej fundamentów.
- 4 Wymień istniejące śruby mocujące, jeżeli są one skorodowane lub mają uszkodzenie gwintu.
- 5 Sprawdź płaskość fundamentu metodą laserową. Płaskość powinna być w klasie tolerancji IT7.

UWAGA: Wszystkie prace naprawcze powinny zostać zakończone przed rozpoczęciem jakichkolwiek procedur osiowania!

Ilustr. 1



Docelowe wyniki osiowania

Elementy maszyny nagrzewają się i rozszerzają podczas pracy (→ ilustr. 1). Zjawisko to jest określane jako rozszerzalność cieplna i zależy od rodzaju materiału i temperatury maszyny.

Generalnie, konstruktorzy maszyn obliczają rozszerzalność cieplną i określają parametry osiowania, które mają ją skompensować.

Te parametry są zwykle podawane jako wartości kompensacyjne na sprzęgle lub jako wartości regulacyjne na stopach maszyny.

Dodatkowo oprócz instrukcji podawanych przez producentów maszyn, SKF zaleca osiowanie maszyn, gdy temperatura fundamentów, korpusów i otoczenia jest stabilna. Przed rozpoczęciem osiowania, różnica temperatur między korpusami maszyn a ich fundamentami nie powinna przekraczać 10 do 15%. Upewnij się także, że docelowe wyniki osiowania uwzględniają rzeczywistą temperaturę (gdyż często są one opierane na pewnej założonej temperaturze otoczenia).

Miękka stopa

Określenie „miękka stopa” (→ **ilustr. 2**) odnosi się do sytuacji, gdy maszyna nie spoczywa w pełni na swym fundamencie. Miękka stopa jest zwykle spowodowana przez:

- uszkodzone fundamenty, zwłaszcza te, które są popękane
- odkształcone lub uszkodzone podstawy korpusów maszyn, które spoczywają tylko na części swojej powierzchni
- nieprawidłowo przeprowadzoną regulację położenia maszyny za pomocą podkładek

Rodzaje miękkiej stopy

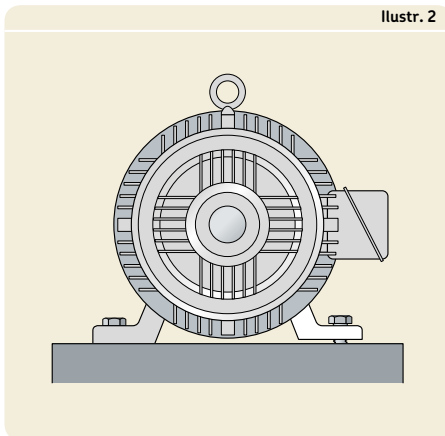
Istnieją dwa rodzaje miękkiej stopy (→ **tabela 1**)

- miękka stopa równoległa
- miękka stopa kątowa

W warunkach występowania miękkiej stopy osiowanie w pionie staje się niemożliwe, gdyż maszyna może się ruszać w czasie etapu precyzyjnego ustawiania. Dokręcanie śrub mocujących, aby skompensować zjawisko miękkiej stopy może odkształcić korpus maszyny, powodując nieprawidłowe wyosiowanie, którego efektem może być przedwczesne uszkodzenie łożyska.

Problem miękkiej stopy zarówno równoległej jak i kątowej może zostać rozwiązany poprzez zastosowanie elementów SKF Vibracon SM. W celu uzyskania dodatkowych informacji zapoznaj się z podrozdziałem *Regulowanie położenia za pomocą podkładek*, rozpoczynającym się na **stronie 163**.

ilustr. 2



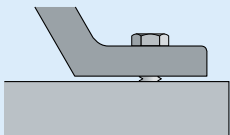
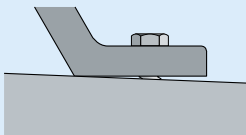
Sprawdzanie występowania miękkiej stopy

Kontrolę, czy występuje zjawisko miękkiej stopy najlepiej przeprowadzić używając szczerliniometry i rejestrując cztery wartości dla każdej stopy. Za pomocą tej metody można określić wielkość i rodzaj miękkiej stopy z dobrą dokładnością.

Aby określić, czy występuje poważny problem miękkiej stopy, SKF zaleca stosowanie metod laserowych.

W celu uzyskania dodatkowych informacji zapoznaj się z odpowiednim podrozdziałem *Osiowanie wałów*, rozpoczynającym się na **stronie 167** lub *Osiowanie pasów*, rozpoczynającym się na **stronie 176**.

Tabela 1

Rodzaje miękkiej stopy	
 	
Opis	Miękka stopa równoległa Stopa maszyny jest równoległa do podłoża, ale się na nim nie opiera. Zjawisko znane także jako „krótka stopa”. Miękka stopa kątowa Tylko część stopy maszyny opiera się na podłożu. Zjawisko znane także jako „skrzywiona stopa”.
Korygowanie	Zlikwiduj szczelinę wkładając podkładek. Skoryguj kąt lub zastosuj specjalnie dobraną podstawkę klinową.
Zastosuj elementy SKF Vibracon SM, aby przygotować powierzchnię montażową do posadowienia maszyny (→ <i>Elementy SKF Vibracon SM, strona 164</i>). Zastosuj elementy SKF Vibracon SM, aby przygotować powierzchnię montażową do posadowienia maszyny (→ <i>Elementy SKF Vibracon SM, strona 164</i>).	

Regulowanie położenia za pomocą podkładek

Regulowanie położenia maszyny za pomocą podkładek jest metodą polegającą na wypięnieniu szczeliny między powierzchnią podłoża a podstawą korpusu maszyny. Elementy stosowane do regulacji położenia obejmują:

- podkładki regulacyjne maszyn
- regulowane stalowe podstawki poziomujące, np. elementy SKF Vibracon SM (→ **ilustr. 3**)
- specjalnie dostosowane sztywne stalowe podstawki klinowe
- żywicę epoksydową

Proces regulacji zmienia się zależnie od rodzaju stosowanych podkładek. Niektóre elementy regulacyjne służą do uzyskania prawidłowej płaszczyzny montażowej dla nowo instalowanych maszyn lub w trakcie przeprowadzania remontu. Inne są stosowane do zlikwidowania zjawiska miękkiej stopy, jako przygotowanie do przeprowadzenia powtórnego osiowania maszyny istniejącej.

Podkładki regulacyjne maszyn

Podkładki regulacyjne maszyn są cienkimi elementami stosowanymi do dokładnego ustawienia wysokości maszyny lub do skompensowania miękkiej stopy równoległej. Podkładki są pasowane między stopę maszyny a powierzchnię osadzenia (→ **ilustr. 4**).

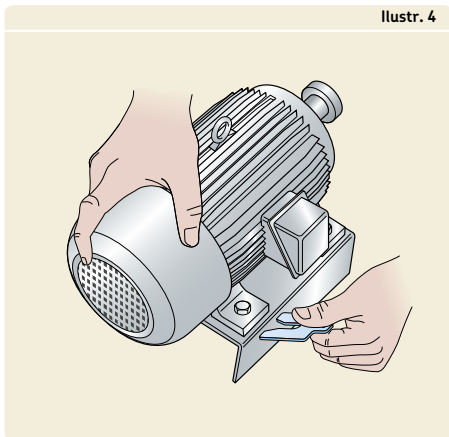
SKF zaleca używanie podkładek ze stali nierdzewnej o odpowiedniej wytrzymałości i odporności na korozję powodowaną przez wiele czynników. Podkładki wykonane z nieodpowiednich materiałów, takich jak miedź lub mosiądz, są generalnie zbyt miękkie i ulegną odkształceniom plastycznym. To powoduje powstanie luzów i prowadzi do możliwych problemów z wyosianiem po upływie pewnego czasu.

SKF dostarcza podkładki regulacyjne maszyn serii TMAS w pięciu różnych rozmiarach, każdy w dziesięciu różnych grubościach (**tabele 2a i 2b, strona 164**) do śrub mocujących o średnicy do 52 mm. Są to przycięte fabrycznie podkładki z jednym wycięciem, wykonane z wysokiej jakości stali nierdzewnej i produkowane w ścisłych tolerancjach dla uzyskania wysokiej dokładności przy osiowaniu. Podkładki są dostarczane w zestawach po dziesięć sztuk, każda podkładka ma oznakowanie grubości.

Ilustr. 3



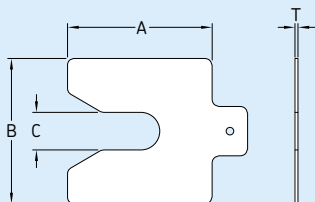
Ilustr. 4



OSTRZEŻENIE: Tam, gdzie to możliwe używaj tylko jednej podkładki. Nie układaj w stos więcej niż trzech podkładek. Więcej podkładek w pakiecie oznacza większą ilość współpracujących powierzchni styku, co wpływa na zalecane wydłużenie śruby. W celu uzyskania bliższych informacji na temat śrub zapoznaj się z podrozdziałem **Napinanie śrub na stronie 166**.

Tabela 2a

Podkładki regulacyjne maszyn SKF serii TMAS



Oznaczenie ^{1) 2)}	Wymiary			T ²⁾
	A	B	C	
	mm			
TMAS 50-xxx	50	50	13	xxx
TMAS 75-xxx	75	75	21	xxx
TMAS 100-xxx	100	100	32	xxx
TMAS 125-xxx	125	125	45	xxx
TMAS 200-xxx	200	200	55	xxx

¹⁾ 10 podkładek na zestaw

²⁾ xxx odnosi się do grubości podkładki (→ tabela 2b)

Tabela 2b

Grubość podkładek

Oznaczenie	Wymiar T	Tolerancja
	mm	
005	0,05	0,010
010	0,10	0,020
020	0,20	0,025
025	0,25	0,025
040	0,40	0,030
050	0,50	0,030
070	0,70	0,040
100	1,00	0,040
200	2,00	0,045
300	3,00	0,150

Elementy SKF Vibracon SM

Elementy SKF Vibracon SM są gotowymi do zamontowania, uniwersalnymi stalowymi zespołami o regulowanej wysokości, które zapewniają odpowiednią płaszczyznę montażową, zwłaszcza w przypadkach, gdzie może występować problem miękkiej stopy.

Standardowe elementy SKF Vibracon SM (→ ilustr. 5) są produkowane w dwóch konstrukcjach, do śrub mocujących o średnicy od 12 do 65 mm:

- konstrukcja podstawowa SKF Vibracon (a)
- konstrukcja niskoprofilowa SKF Vibracon (b)

OSTRZEŻENIE: Elementy SKF Vibracon SM nie są zaprojektowane do podnoszenia maszyn! W takich przypadkach SKF zaleca użycie cylindrów hydraulicznych lub podnośników o małej wysokości.

Szczegółowe instrukcje montażu elementów SKF Vibracon SM są dostarczane w komplecie z tymi elementami.

Specjalne sztywne podstawki klinowe ze stali

Dostosowane do potrzeb aplikacji sztywne podstawki klinowe ze stali (elementy z wycięciem) powinny być stosowane jedynie podczas napraw i w sytuacji, gdy:

- wysokość regulacji jest zbyt mała dla elementów SKF Vibracon SM
- wysokość regulacji jest zbyt duża dla podkładek regulacyjnych maszyn
- występuje zjawisko miękkiej stopy kątowej

Konstrukcja i wielkość wykonywanych specjalnie podstawek klinowych (→ ilustr. 6) zależą od warunków występujących w danej aplikacji, np. wagi maszyny i rodzaju fundamentów.

Żywica epoksydowa

Żywica epoksydowa jest stosowana głównie do osiowania maszyn napędowych. Żywica epoksydowa jest zwykle wlewana między fundamenty a podstawę korpusu maszyny (→ **ilustr. 7**) i jest odpowiednia do regulacji wysokości w zakresie od 15 do 100 mm.

Odpowiednie żywice mają stosunkowo krótki czas utwardzania, dobrą wytrzymałość na ściskanie oraz dobrą odporność na wyciskanie i wstrząsy cieplne. SKF zaleca stosowanie Epocast 36, tworzywa dwuskładnikowego.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat żywic epoksydowych skontaktuj się z działem technicznym SKF.

Wylewanie żywicy epoksydowej

Oczyść powierzchnię osadzenia z farby i brudu. Porysuj powierzchnię osadzenia tworząc podcięcia. Takie same rezultaty daje nawiercenie płytkich otworów pod różnymi kątami w powierzchni posadowienia maszyny. Wgłębienia w podłożu zapewniają przyczepność żywicy do fundamentów.

Umieść tuleję w odpowiednim położeniu w fundamencie poprzez stopę maszyn. Zbuduj zaporę wokół stopy maszyny ze sklejki lub z tworzywa piankowego, używając uszczelnacza do stworzenia uszczelnienia między zaporą a powierzchnią osadzenia. Pokryj tuleję, podstawę korpusu maszyny i zaporę środkiem zapobiegającym przyleganiu. Wypełnij zaporę żywicą do momentu, aż znajdzie się tuż nad spodem stopy.

Ilustr. 5



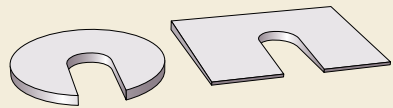
a) Konstrukcja podstawowa SKF Vibracon



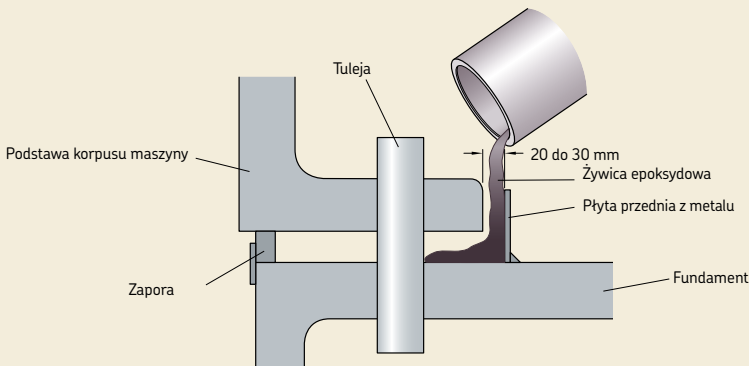
b) Konstrukcja niskoprofilowa SKF Vibracon

6

Ilustr. 6



Ilustr. 7



Napinanie śrub

Przyłożenie momentu o prawidłowej wartości do śruby podczas instalowania maszyny jest wyjątkowo ważne. Niewłaściwy moment dokręcenia może doprowadzić do ruchów maszyny podczas pracy. To może wywołać niewspółosiowość wału, która ostatecznie spowoduje przedwczesne uszkodzenie łożysk i innych elementów.

Na ogół konstruktor maszyny nie określa wartości momentu. Jeżeli te dane nie są dostępne u właściciela maszyny, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

Moment dokręcenia i napięcie montażowe

Śruby mocujące powinny zostać dokręcone momentem wywołującym napięcie śruby równe maksymalnie 75% granicy plastyczności śruby.

Narzędzia do napinania śrub

Wszystkie śruby i nakrętki powinny zostać napięte za pomocą dokładnego klucza dynamometrycznego (przynajmniej w dwóch etapach) lub hydraulicznego napinacza śrub. Do dużych śrub SKF zaleca użycie hydraulicznych napinaczy śrub HYDROCAM (→ **ilustr. 8**), zawsze, gdy jest to możliwe. Te napinacze umożliwiają dokładne zainstalowanie śrub, bez potrzeby stosowania klucza dynamometrycznego. Napinacze zapewniają także równomierne napięcie montażowe lub równomierne wydłużenie śruby.

OSTRZEŻENIE: Napinanie śrub za pomocą narzędzi ręcznych jest niedokładne i nie pozwala na uzyskiwanie powtarzalnych wyników.

Hydrauliczne napinacze śrub HYDROCAM

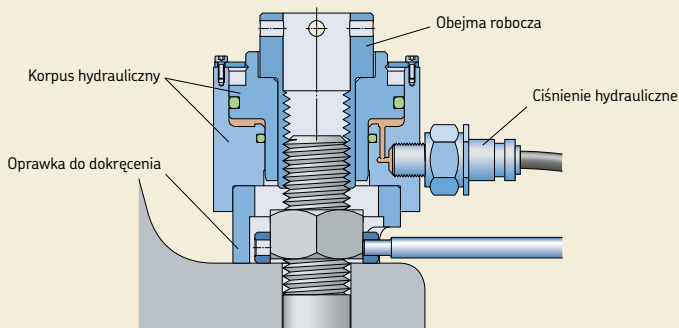
Hydrauliczne napinacze śrub HYDROCAM są odpowiednie do napinania śrub, które mają koniec wystający poza nakrętkę napinającą. Na śrubę jest zakładane przedłużenie za pomocą pierścieniowego korpusu hydraulicznego umieszczonego wokół niego. Śruba jest poddawana na jedynie osiowemu obciążeniu rozciągającemu.

Następnie wolna od naprężeń nakrętka jest dokręcana przy użyciu niewielkiej siły i nie przenosi ona na śrubę żadnego momentu. Gdy ciśnienie płynu hydraulicznego zostanie zwolnione w napinaczu, główna część obciążenia hydraulicznego w napinaczu jest przenoszona na nakrętkę i napinanie śruby jest zakończone.

Aby osiągnąć optymalną dokładność, SKF zaleca przeprowadzenie dwukrotnie rozciągania śruby i dokręcania nakrętki.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat hydraulicznych napinaczy śrub HYDROCAM skontaktuj się z działem technicznym SKF.

Ilustr. 8



Osiowanie wałów

Wszystkie wały, ustawione prosto lub z przesunięciem poprzecznym, obracają się wokół osi zwanej środkiem obrotu. W każdej aplikacji przeniesienia napędu, najbardziej efektywny sposób przekazania energii występuje, gdy dwa połączone wały są współliniowe, to znaczy, gdy środki obrotu wałów tworzą jedną prostą linię w normalnych warunkach pracy. Jakiegolwiek odchyłki od tego stanu współliniowości są określane jako niewspółosiowość.

Korzyści wynikające z prawidłowo wyosiowania wałów obejmują:

- zmniejszenie do minimum sił wywołanych przez niewspółosiowość, czego efektem jest optymalna trwałość eksploatacyjna łożyska
- zmniejszone zużycie pasów, kół pasowych, sprzęgieł i uszczelnień, co skutkuje wydłużeniem okresów między przeglądami
- zmniejszone straty w wyniku tarcia, zmniejszony poziom hałasu i drgań, dające polepszenie sprawności energetycznej
- zmniejszenie ugięcia wału, czego rezultatem jest mniejszy poziom drgań i naprężeń

Rodzaje niewspółosiowości

Istnieją dwa główne rodzaje niewspółosiowości wałów (→ **ilustr. 9**):

- niewspółosiowość równoległa (przesunięcie poprzeczne) (**a**)
- niewspółosiowość kątowna (**b**)

W praktyce oba rodzaje niewspółosiowości często występują równocześnie.

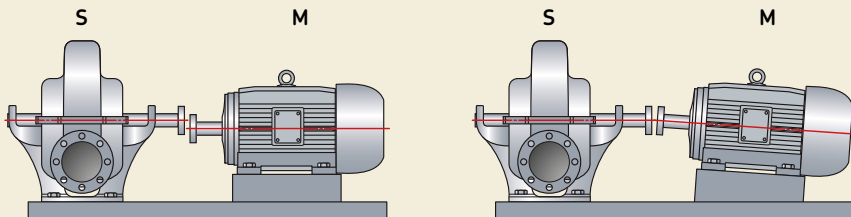
Konwencje pomiarów

Maszyny stacjonarne i ruchome

Podczas osiowania dwóch maszyn jedna z nich jest oznaczana jako maszyna stacjonarna (S), a druga jako maszyna ruchoma (M) (→ **ilustr. 9**). W większości przypadków maszyną stacjonarną jest jednostka napędzana. Wtedy regulowane jest ustawienie maszyny ruchomej, zwykle silnika.

Czasami konieczne jest przesunięcie obu maszyn. Na przykład, gdy przemieszczenie maszyny ruchomej jest ograniczone albo przez podłogę albo przez śruby, maszyna stacjonarna jest w niewielkim stopniu przesuwana, aby umożliwić precyzyjną regulację ustawienia maszyny ruchomej.

ilustr. 9



a) Niewspółosiowość równoległa

Niewspółosiowość równoległa jest odchyleniem między środkami obrotu dwóch wałów, mierzonym w płaszczyźnie przeniesienia napędu od maszyny napędzającej do maszyny napędzanej (mierzonym w milimetrach na sprzęgle). Kierunek przesunięcia powinien być zawsze określony.

b) Niewspółosiowość kątowna

Niewspółosiowość kątowna jest różnicą między nachyleniem wału maszyny napędzającej i nachyleniem wału maszyny napędzanej, zwykle przedstawiona przez przesunięcie na średnicy sprzęgła (mm/mm). Tolerancja kątowa wyrażona w mm / 100 mm może zostać zastosowana w odniesieniu do wszystkich wałów, niezależnie od średnicy sprzęgła.

Parametry osiowania

Niewspółosiowość jest mierzona w dwóch płaszczyznach (→ **ilustr. 10**):

- poziomej (w lewo i w prawo, wzdłuż osi x)
- pionowej (w górę i w dół, wzdłuż osi y)

Każda płaszczyzna osiowania ma składową przesunięcia poprzecznego i kątowego, czyli istnieją faktycznie cztery parametry osiowania, które należy zmierzyć i skorygować:

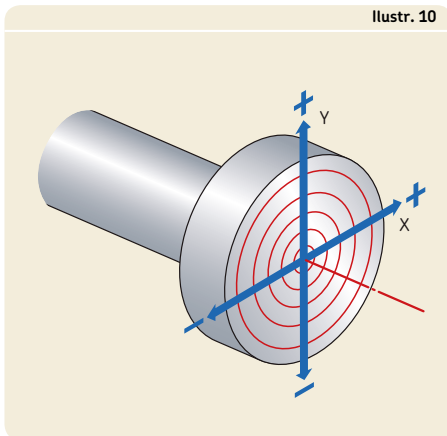
- przesunięcie poprzeczne poziome
- nachylenie poziome
- przesunięcie poprzeczne pionowe
- nachylenie pionowe

Pozycje pomiarowe

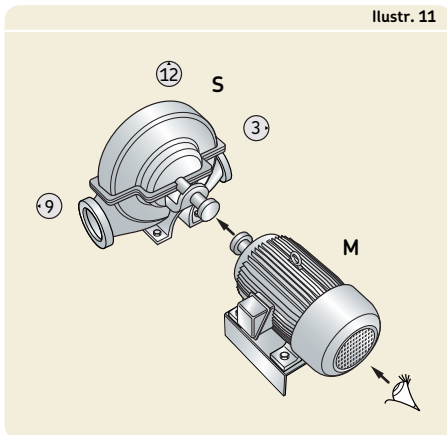
Aby zdefiniować różne pozycje pomiarowe podczas procesu osiowania, jest stosowana analogia do zegara, umieszczonego na powierzchni czółowej maszyny stacjonarnej (S), na który patrzymy stojąc za maszyną ruchomą (M) (→ **ilustr. 11**). Pozycja, w której jednostki pomiarowe są ustawione pionowo do góry, jest zdefiniowana jako pozycja godziny 12, natomiast, gdy jednostki pomiarowe są obrócone o 90° w lewo i w prawo, ich położenia są zdefiniowane odpowiednio jako pozycje godziny 9 i 3. Pozycja godziny 6 jest przeciwna do pozycji godziny 12 (nie została pokazana na ilustracji).

Jak pokazano na **ilustr. 12**, pomiary zebrane w płaszczyźnie pionowej, to jest w pozycjach godziny 12 lub 6, są wykorzystywane do określenia niewspółosiowości pionowej (**a**). Niewspółosiowość pionowa jest jakąkolwiek niewspółosiowością, którą możemy zauważyć patrząc z boku na maszyny i jest ona usuwana poprzez regulację wysokości na stopach przednich i tylnych maszyny ruchomej.

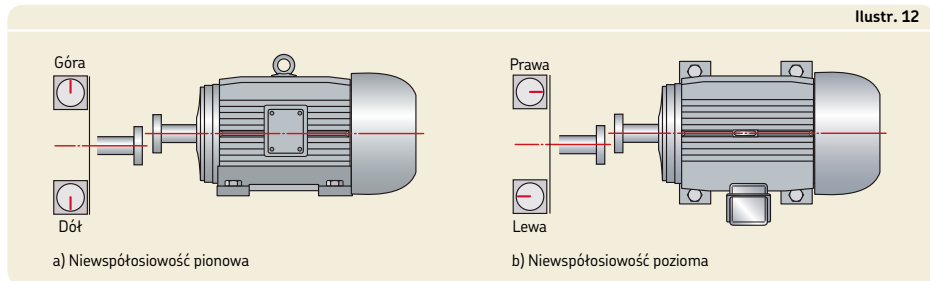
Ilustr. 10



Ilustr. 11



Ilustr. 12



Pomiary zebrane w płaszczyźnie poziomej, to jest w pozycjach godziny 9 lub 3, są wykorzystywane do określenia niewspółosiowości poziomej (**b**). Niewspółosiowość pozioma jest jakąkolwiek niewspółosiowością, którą możemy zauważyć patrząc na maszyny z góry i jest ona korygowana przez przesuwanie maszyny ruchomej na boki.

Tolerancje osiowania wałów

Tolerancje osiowania wałów są częściej uzależnione od prędkości obrotowej wału niż od średnicy wału lub danych pochodzących od producenta sprzęgła.

Konstruktor maszyny jest odpowiedzialny za określenie wymaganej dokładności osiowania. Jednakże, gdy nie są dostępne żadne specyfikacje, można zastosować tolerancje podane w **tabeli 3**. Te tolerancje nie są powiązane z rodzajem łożyska, wielkością maszyny, prędkością napędu lub typem urządzenia i powinny być używane jedynie jako wytyczne.

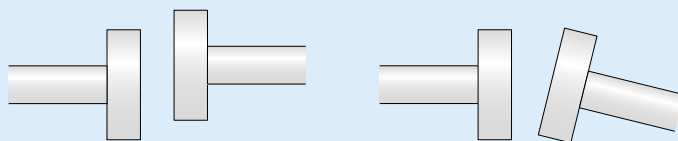
Aby umożliwić skompensowanie rozszerzalności cieplnej, producenci urządzeń mogą opublikować wartości przesunięcia cieplnego, które uwzględniają we wstępnym osiowaniu termiczne zmiany wymiarów. Biorą one pod uwagę także inne czynniki do określenia

docelowych wyników osiowania. Na przykład, w przypadku osiowania poziomego wału w przekładni, ustawienie przekładni i działanie różnych elementów mogą zostać użyte do określenia, czy docelowy wynik osiowania jest uzależniony od określonego czynnika.

UWAGA: Dokładne osiowanie wału na ogół staje się bardziej krytyczne wraz ze wzrostem prędkości.

Tabela 3

Wytyczne odnośnie tolerancji osiowania wału



Prędkość obrotowa		Tolerancje ¹⁾ Niewspółosiowość równoległa		Niewspółosiowość kątowa	
ponad	do włącz.	Stan doskonały	Stan dopuszczalny	Stan doskonały	Stan dopuszczalny
obr/min		mm		mm / 100 mm	
–	1 000	0,07	0,13	0,06	0,10
1 000	2 000	0,05	0,10	0,05	0,08
2 000	3 000	0,03	0,07	0,04	0,07
3 000	4 000	0,02	0,05	0,03	0,06
4 000	6 000	< 0,02	0,03	< 0,03	0,05

¹⁾ Tolerancje zmieniają się zależnie od rodzaju łożyska, wielkości maszyny i innych cech konstrukcji.

Metody osiowania wałów

Istnieją różne metody osiowania wałów dwóch maszyn. Niektóre z głównych metod osiowania są porównane w **tabeli 4** i opisane na **stronach 170** do **173**.

SKF zaleca stosowanie technologii laserowej, wszędzie, gdzie jest to możliwe.

UWAGA: Podczas osiowania pomiary mogą zostać zebrane na końcu wału lub na powierzchni zewnętrznej połówki sprzęgła. Dla uproszczenia, jedynie powierzchnia zewnętrzna jednej połówki sprzęgła jest wspomniana w opisanych poniżej procedurach. W celu uzyskania informacji o parametrach osiowania i pozycjach pomiarowych, zapoznaj się z podrozdziałem *Konwencje pomiarów*, rozpoczynającym się na **stronie 167**.

Tradycyjne metody osiowania wałów

Tradycyjne metody osiowania wałów są szybkie, ale często niedokładne. W tych metodach są stosowane narzędzia mechaniczne, takie jak lina miernicza, taśmy pomiarowe, drut, struna, szczelinomierz, poziomnice spirytusowe i kalibrowane stożki.

Metody z czujnikami zegarowymi

Czujniki zegarowe są używane w dwóch podstawowych metodach osiowania (→ **ilustr. 13**):

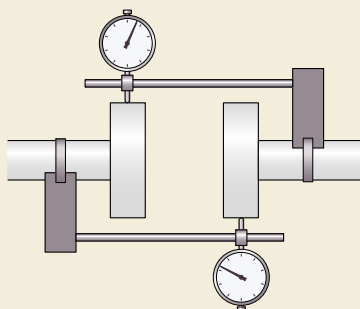
- metoda przeciwległych powierzchni zewnętrznych (a)
- metoda powierzchnia zewnętrzna - powierzchnia czołowa (b)

Metoda przeciwległych powierzchni zewnętrznych jest preferowana, ponieważ jest to „prawdziwa” metoda osiowania wałów. W tej metodzie dwa czujniki zegarowe są stosowane do zebrania pomiarów na powierzchniach zewnętrznych obu połówek sprzęgła, w celu określenia wielkości przemieszczenia wałów maszyny stacjonarnej i ruchomej względem siebie.

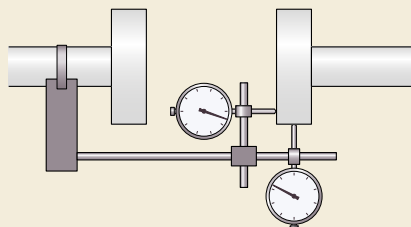
W metodzie powierzchnia zewnętrzna - powierzchnia czołowa, jeden komplet pomiarów jest zbierany na powierzchni zewnętrznej jednej połówki sprzęgła w celu określenia wielkości przesunięcia poprzecznego wału. Drugi zestaw pomiarów jest zbierany na powierzchni czołowej połówki sprzęgła, w celu ustalenia nachylenia wału.

OSTRZEŻENIE: Uważaj, aby nie przeoczyć pełnego obrotu wskazówki na tarczy czujnika zegarowego!

Ilustr. 13



a) Metoda przeciwległych powierzchni zewnętrznych



b) Metoda powierzchnia zewnętrzna - powierzchnia czołowa

Tabela 4

Metody osiowania wałów

Typ	Metoda	Użycie	Zalety	Wady
Tradycyjna	Liniał mierniczy	Osiowanie zgrubne	Prosty sprzęt Bezpośrednie odczyty Stosunkowo szybka metoda	Niedokładna Odczyty polegają na przybliżeniu za pomocą gołego oka i dokładności powierzchni czotowej połówki sprzęgła Wymagany jest szereg powtórzeń
	Wskaźnik zegarowy	Osiowanie precyzyjne, gdy sprzęt laserowy nie jest dostępny	Dobra dokładność Osiowanie jest wykonywane przy zamontowanych elementach sprzęgła Pomiary przesunięcia równoległego i nachylenia mogą być zbierane w tym samym czasie	Wymaga specjalnych umiejętności Czasochłonna Wymagane jest obliczenie wielkości regulacyjnych
	Powierzchnia zewnętrzna - powierzchnia czotowa	Sprawdzanie bicia wału Osiowanie precyzyjne, gdy sprzęt laserowy nie jest dostępny	Dobra dokładność Odpowiednia do dużych sprzęgieł i w sytuacji, gdy dostępna przestrzeń jest ograniczona	Wymaga specjalnych umiejętności Czasochłonna Wymagane jest obliczenie wielkości regulacyjnych
Laser	Pojedynczy laser	Osiowanie precyzyjne	Dokładny pomiar nachylenia na małych odległościach Wartości są automatycznie obliczane przez urządzenie	Metoda wrażliwa na luzy, gdy poruszane są niezasprężone maszyny Po każdym ruchu maszyny wymagany jest powtórny pomiar, gdyż element referencyjny zostaje utracony
	Podwójny laser, np. stosowanie urządzeń SKF do osiowania	Osiowanie precyzyjne w przypadku dużych i małych wałów, odległości pomiarowe do 10 m	Doskonała dokładność Osiowania nie muszą wykonywać specjaliści Wartości niewyosiowania i zaktualizowane wielkości korekcyjne są wyświetlane w czasie regulacji ustawienia maszyny Ułatwia osiowanie na dużych odległościach	Im mniejsza odległość między jednostkami pomiarowymi, tym mniej dokładny staje się pomiar niewspółosiowości kątowej

Laserowe metody osiowania wałów

Używanie laserowych przyrządów do ustawiania współosiowości powoduje, że osiowanie jest szybsze i dokładniejsze niż w przypadku stosowania innych metod.

Istnieją dwa rodzaje systemów laserowych

- system z pojedynczym laserem
- system z podwójnym laserem

System z pojedynczym laserem ma pojedynczą wiązkę lasera i elektroniczny detektor z pojedynczym lub podwójnym wskaźnikiem celu. System z podwójnym laserem wykorzystuje jednostkę emitera laserowego i detektora, a zasada działania opiera się na metodzie pomiaru czujnikami zegarowymi przeciwległych powierzchni zewnętrznych.

Zdecydowanie zalecany do stosowania jest sprzęt stosujący system z podwójnym laserem, taki jak urządzenia SKF do osiowania (→ ilustr. 14).

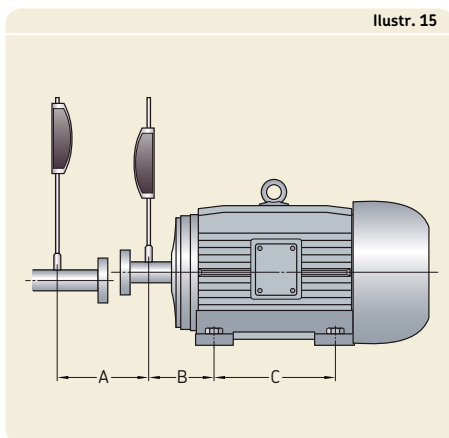
OSTRZEŻENIE: Nie dopuszczaj do wykonywania prac spawalniczych w pobliżu sprzętu laserowego do osiowania lub na maszynie, gdzie laser jest zamocowany. Może to spowodować uszkodzenie diod laserowych lub elektroniki.

Metoda z podwójnym laserem z użyciem urządzeń SKF do osiowania

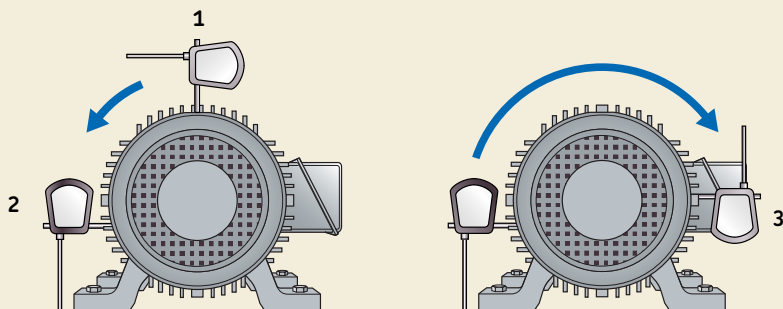
Sprawdzenie osiowania przy pomocy urządzeń SKF do osiowania jest bardzo proste i może zostać łatwo wykonane. Proces zwykle składa się z:



Ilustr. 14



Ilustr. 16



- zamocowania jednostek pomiarowych na wale
- podłączenia jednostki wyświetlacza
- zmierzenia odległości A, B i C (→ **ilustr. 15**) i wprowadzenia wartości do jednostki wyświetlacza
- ustawienia jednostek pomiarowych
- wyznaczenia wielkości regulacyjnych na stopach poprzez zebranie pomiarów przy użyciu wiązek laserowych w trzech różnych pozycjach 1, 2 i 3 (→ **ilustr. 16**)
- użycia podkładek regulacyjnych do przeprowadzenia koniecznych korekt ustawienia maszyny

Szczegółowe instrukcje obsługi urządzeń SKF do osiowania są dostarczane razem ze sprzętem.

OSTRZEŻENIE: Na odczyty z systemów laserowych wywierają wpływ takie czynniki jak ciepło, światło i drgania. Aby zatwierdzić osiowanie, SKF zaleca ponowne wykonanie pomiarów, zgodnie z krokami opisanymi powyżej.

Proces osiowania

Proces osiowania jest bardzo ważny. SKF zaleca proces wielostopniowy (→ **ilustr. 17**) zaprojektowany do zapewnienia jakości końcowego wyniku.

1. Przygotowanie

Przygotowanie jest ważnym etapem w procesie osiowania i umożliwia sprawne wykonanie czynności związanych z osiowaniem. Definicja problemu, wstępny zakres prac, instrukcje postępowania i podział obowiązków powinny zostać jasno określone.

Wynik etapu przygotowania jest taki, że wszystkie znane informacje są zamieszczone na karcie pracy, a narzędzia i materiały potrzebne do czynności kontrolnych są dostępne na miejscu.

2. Kontrola

Celem kontroli jest zebranie wszystkich danych, które opisują aktualny stan maszyny. Przykłady typowych czynności kontrolnych obejmują:

- Sprawdzenie stanu powierzchni posadowienia maszyny i podstawy korpusu maszyny.
- Pomiar miękkiej stopy.
- Pomiar bicia obu wałów.
- Określenie, która jednostka jest stacjonarna, a która ruchoma.
- Wybór metody pomiaru niewspółosiowości i przygotowanie sprzętu pomiarowego.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat tych czynności zapoznaj się z podrozdziałem *Instalowanie i osiowanie maszyn*, rozpoczynającym się na **stronie 161**.

3. Ocena

Porównaj aktualny stan maszyny ze stanem docelowym i niech odpowiednia osoba podejmie decyzję co do dalszych czynności wynikających ze zmierzonych odchylek.

UWAGA: Niektóre błędy nie będą skorygowane zaraz po etapie oceny. Ważne, aby zachować informacje na temat uzyskanych danych, aby można było wykorzystać je do rozpoczęcia działań naprawczych w przyszłości. Można przeprowadzić dodatkową ocenę ryzyka, aby w razie czego uzasadnić opóźnienie w działaniach korekcyjnych.

Wynikiem etapu oceny jest wyraźna decyzja odnośnie każdego uzyskanego wyniku, autoryzowana przez odpowiedzialne osoby, co do zakresu działań naprawczych, jakie należy przeprowadzić i uzasadnienie poszczególnych decyzji. Każde zadanie jest zdefiniowane, a wszystkie potrzebne do osiowania narzędzia i materiały są dostępne na miejscu.

Ilustr. 17



PRZESTROGA

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia poważnych urazów, przed przystąpieniem do działań korekcyjnych należy przeprowadzić wszystkie wymagane procedury lockout/tagout (założenie blokad zabezpieczających i umieszczenie przywieszek ostrzegawczych).

4. Korekcja

Przeprowadź wstępne działania korekcyjne, aby zminimalizować niewspółosiowość i polepszyć dokładność pomiarów przy precyzyjnym osiowaniu.

Celem wstępnego osiowania jest ustawienie osi centralnych wałów na tyle blisko siebie, aby umożliwić wykonanie pomiarów przy precyzyjnym osiowaniu. Nie ma reguł dotyczących dokładności zgrubnego osiowania. Generalnie, wynik około 1 mm przesunięcia poprzecznego pionowego i poziomego oraz około 0,1 mm / 100 mm nachylenia pionowego i poziomego jest uważany za wyosiowanie zgrubne. Dla uzyskania takich rezultatów może zostać zastosowana jedna z tradycyjnych metod osiowania (→ *Tradycyjne metody osiowania wałów*, strona 170).

Aby osiągnąć wymaganą precyzję przy osiowaniu wałów, SKF zaleca stosowanie laserowych systemów do osiowania (→ *Laserowe metody osiowania wałów*, początek na **stronie 172**).

UWAGA: Praca próbna maszyny jest ważną częścią etapu korekcji w procesie osiowania. Ostateczny pomiar powinien zostać zebrany po zakończeniu pracy próbnej maszyny, aby upewnić się, że nie ma potrzeby przeprowadzania dalszych czynności naprawczych. Sprawdzenie potwierdzające jest mocno zalecane.

SKF zaleca sprawdzenie wyosiowania wałów w niedawno zainstalowanych urządzeniach po okresie ich pracy wynoszącym od trzech do sześciu miesięcy. Jest to związane z „osiadaniem” powierzchni osadzenia i/lub podstawek klinowych/podkładek regulacyjnych. Zwykle wyosiowanie wałów powinno być sprawdzane raz na rok.

5. Raport

Informacje zebrane podczas etapu korekcji zwykle nie są w dającym się zastosować formacie. Z tego powodu etap raportowania jest potrzebny.

Celem etapu raportowania jest stworzenie czytelnego, jednoznacznego dokumentu zawierającego wszystkie istotne dane w odpowiednim formacie, wymaganym do wykonania dalszych analiz. W raporcie powinny się znaleźć informacje na temat czasu trwania osiowania i użytych środków, jak również odstępstw od standardowych procedur.

6. Analiza

W finałowym etapie procesu osiowania zostaje dokonana analiza porównania między aktualnym stanem maszyny a stanem docelowym. Do wyciągnięcia wniosków na temat przyczyn pierwotnych, które spowodowały wystąpienie odchyłań, może zostać wykorzystana historia maszyny (wcześniejsze raporty i specyfikacje), a także wzorce dla danej maszyny (lub inne dane porównawcze).

Analiza jest okazją do zidentyfikowania obszarów dodatkowych ulepszeń i przeprowadzenia wyceny możliwych do uzyskania w przyszłości korzyści finansowych.

Osiowanie napędów z przesuniętymi osiami (z wałem Cardana)

W napędzie z przesuniętymi osiami moc jest przenoszona od jednostki napędowej do jednostki napędzanej przez przesunięty, pośredni wał. Często określany jako napęd z wałem Cardana, napęd z przesuniętymi osiami zwykle ma przegub uniwersalny na każdym końcu wału.

Najpowszechniej spotykanym układem wału Cardana jest układ Z (→ **ilustr. 18**), często stosowany w przemyśle papierniczym.

Dlaczego napędy z przesuniętymi osiami muszą być dokładnie wyosiuwane

Istnieje powszechnie błędne przekonanie, że napędy z przesuniętymi osiami mogą tolerować duże niewspółosiowości i dlatego nie trzeba wykonywać ich precyzyjnego osiowania. Wprost przeciwnie, niewystarczająco wyosiuwane napędy z przesuniętymi osiami mogą prowadzić do zwiększenia poziomu drgań, strat energii, przedwczesnego zużycia, a nawet całkowitego uszkodzenia w postaci ścinania.

Aby uniknąć wystąpienia tych niepożądanych efektów, w napędach z przesuniętymi osiami konieczne jest uzyskanie równych kątów odchylenia w przegubach i precyzyjne wyosiuwanie wału napędzającego i napędzanego.

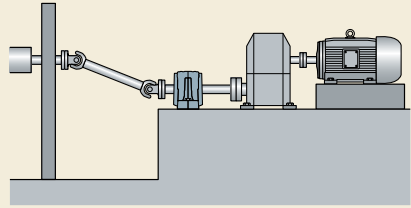
Tolerancje osiowania napędów z przesuniętymi osiami

Dokładność procedury osiowania laserowego napędu z przesuniętymi osiami jest uzależniona od powierzchni czołowej półowki sprzęgła, to znaczy od prostokątności między powierzchnią czołową a osią obrotu. Zwykle niewspółosiowość kątowa około 0,50 mm / 1 000 mm jest akceptowalna. Taka dokładność jest osiągalna w większości przypadków, pod warunkiem, że przesuwanie maszyny nie jest ograniczone albo przez podłoże albo przez śruby.

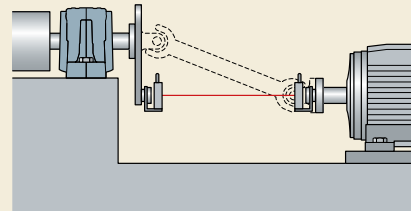
Metody osiowania napędów z przesuniętymi osiami

W osiowaniu napędu z przesuniętymi osiami ważne jest skorygowanie niewspółosiowości kątowej, natomiast wielkość przesunięcia równoległego wałów jest nieistotna.

Ilustr. 18



Ilustr. 19



Istnieją różne metody pomiaru wielkości niewspółosiowości napędu z przesuniętymi osiami. Tradycyjne metody pomiarowe, takie jak stosowanie liniałów mierniczych, nie są w stanie zapewnić wymaganego poziomu dokładności. SKF zaleca stosowanie technologii laserowej zawsze, gdy jest to możliwe.

Laserowe metody osiowania napędów z przesuniętymi osiami

Sposobem na wyosiuwanie napędu z przesuniętymi osiami jest wyeliminowanie przesunięcia poprzecznego poprzez stworzenie „wirtualnej”, czy „sztucznej” osi obrotu, równoległej do osi wału napędzanego (→ **ilustr. 19**). Osiowanie zgrubne jest wykonywane przy użyciu specjalnego uchwytu do wału Cardana i odpowiedniego

przrządu do osiowania wałów z podwójnym laserem. Szczegółowe instrukcje obsługi laserowych urządzeń do osiowania są dostarczane ze sprzętem.

Osiowanie pasów

Osiowanie pasów lub, dokładniej mówiąc, osiowanie kół pasowych, jest jedną z najważniejszych czynności związanych z obsługą maszyn. Jeżeli ustawienie kół pasowych nie jest prawidłowe, wywoływane są dodatkowe obciążenia. Celem osiowania pasów jest takie ustawienie rowków koła pasowego napędzającego i napędzanego, przy którym zużycie pasów podczas pracy będzie minimalne.

Korzyści wynikające z prawidłowo wyosiowanych pasów obejmują:

- wydłużenie trwałości eksploatacyjnej pasów i łożysk
- obniżenie poziomu drgań i hałasu
- oszczędność energii

Rodzaje niewspółosiowości pasów

Jeżeli rowki kół pasowych nie leżą na jednej linii, pasy są niewspółosiowe. Istnieją trzy rodzaje niewspółosiowości pasów (→ tabela 5). W praktyce, w tym samym czasie może występować więcej niż jeden typ niewspółosiowości pasów.

OSTRZEŻENIE: Jeżeli niewspółosiowość pasów nie zostanie skorygowana, nowy pas zamontowany do napędu nie będzie miał większej trwałości niż pas wymieniany!

Tolerancje osiowania pasów

Producenci pasów zazwyczaj zalecają, aby maksymalna niewspółosiowość kątowa w płaszczyźnie poziomej była w zakresie 1,0 do 0,25°. Tę dokładność można uzyskać jedynie za pomocą precyzyjnych przyrządów do osiowania, takich jak urządzenia laserowe.

Metody osiowania pasów

Istnieją dwa sposoby osiowania kół pasowych – tradycyjna i laserowa. Główne metody osiowania pasów są porównane w tabeli 6 i opisane poniżej.



Ilustr. 20

SKF zaleca stosowanie technologii laserowej zawsze, gdy jest to możliwe.

Tradycyjne metody osiowania pasów

Tradycyjne metody osiowania są szybkie, ale często niedokładne. W tych metodach są stosowane narzędzia mechaniczne, takie jak lina miernicza, taśmy pomiarowe, drut, struna, szczelinomierze, poziomnice spiryтусowe i kalibrowane stożki.

Laserowe metody osiowania pasów

W przeciwieństwie do tradycyjnych metod osiowania pasów, urządzenia laserowe umożliwiają wykonywanie pomiarów i regulacji z niezwykle dokładnością.

Laserowe przyrządy do osiowania pasów są pogrupowane zgodnie z częściami kół pasowych, które są osiowane:

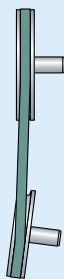
- rowki koła pasowego
- powierzchnie czołowe koła pasowego

Laserowe urządzenia, które osiują rowki kół pasowych, takie jak Urządzenie SKF do ustawiania kół pasowych (→ ilustr. 20), zapewniają wyższą dokładność niż przyrządy do ustawiania w linii powierzchni czołowych kół pasowych. Osiowanie rowków kół pasowych jest preferowane także dlatego, że w ten sposób można prawidłowo wyregulować położenie kół pasowych o różnej grubości, marce, rodzaju lub jakości powierzchni czołowej.

Szczegółowe instrukcje obsługi Urządzenia SKF do ustawiania kół pasowych są dostarczane z przyrządem.

Tabela 5

Rodzaje niewspółosiowości pasów

**Niewspółosiowość kątowa w płaszczyźnie pionowej (skręcenie)****Niewspółosiowość kątowa w płaszczyźnie poziomej****Niewspółosiowość równoległa**

Opis	Wały kół napędzającego i napędzanego są równoległe, ale jedno z kół jest skręcone w płaszczyźnie pionowej	Wały kół napędzającego i napędzanego nie są równoległe	Wały kół napędzającego i napędzanego są równoległe, ale jedno z kół jest wysunięte za daleko w przód (albo w tył)
Przyczyna	Maszyna ruchoma jest niewłaściwie ustawiona w płaszczyźnie pionowej	Maszyna ruchoma jest niewłaściwie ustawiona w płaszczyźnie poziomej	Maszyna ruchoma jest niewłaściwie ustawiona Jedno z kół pasowych jest niewłaściwie zamontowane na wale
Korekcja	Wyreguluj wysokość przednich lub tylnych stóp maszyny ruchomej	Przesuń w bok przód lub tył maszyny ruchomej	Przesuń maszynę ruchomą do przodu lub do tyłu Przesuń jedno z kół pasowych do przodu lub do tyłu na wale

6

Tabela 6

Metody osiowania pasów

Typ	Metoda	Użycie	Zalety	Wady
Tradycyjna	Liniał mierniczy	Osiowanie zgrubne	Prosty sprzęt	Niedokładna
	Odcinek struny/drutu		Bezpośrednie odczyty Stosunkowo szybka metoda	Odczyty polegają na przybliżeniu za pomocą gołego oka i dokładności powierzchni czołowej koła pasowego Wymagany jest szereg powtórzeń
Laserowa	Osiowanie powierzchni czołowych	Osiowanie zgrubne Osiowanie precyzyjne	Dobra dokładność Stosowana także do pasów zębatych Nie są wymagane specjalne umiejętności	Dokładność jest uzależniona od jakości powierzchni czołowej koła pasowego Wysiwane są powierzchnie czołowe, a nie rowki
	Osiowanie rowków, np. przy użyciu Urządzenia SKF do ustawiania kół pasowych.	Osiowanie precyzyjne	Wysoka dokładność Nie są wymagane specjalne umiejętności	Brak
			Wszystkie trzy rodzaje niewspółosiowości są monitorowane równocześnie Wprowadzanie poprawek odbywa się na bieżąco	



Smarowanie

Wstęp	180
Zarządzanie smarowaniem	180
Kontrola, postępowanie i usuwanie środków smarnych	181
Smar plastyczny a olej	182
Alternatywne środki smarne	182

Smarowanie smarem plastycznym	183
Co się znajduje w smarze plastycznym?	183
Olej bazowy	183
Zagęszczacz	183
Dodatki	184
Jak smar działa w łożysku	184
Interpretowanie kart charakterystyki smarów	184
Właściwości smaru plastycznego	185
Smary i warunki pracy łożysk	187
Testy pracy smarów	188
Dobór odpowiedniego smaru	189
Narzędzia do doboru smarów	189
Jak smarować łożyska i współpracujące z nim elementy przy pierwszym montażu	189
Najlepszy moment do podania smaru	189
Właściwa ilość	190
Techniki smarowania podczas montażu	191
Rozruch łożysk smarowanych smarem plastycznym	191
Wymiana smaru	192
Okresy wymiany smaru	192
Sposoby wymiany smaru	194
Całkowita wymiana zasobu smaru	198
Kompatybilność smarów plastycznych	200
Zgodność między smarami plastycznymi	200
Zgodność między smarami plastycznymi a materiałami łożysk	202

Zgodność między smarami plastycznymi a środkami stosowanymi do zabezpieczania łożysk SKF	202
Produkty SKF do smarowania smarem plastycznym	202

Smarowanie olejowe	203
Co się znajduje w oleju?	203
Olej bazowy	203
Dodatki	203
Lepkość oleju	203
Jak dobrać odpowiedni olej	203
Proces doboru oleju	204
Dodatkowe narzędzia do doboru oleju	207
Systemy smarowania olejowego	207
Rodzaje systemów smarowania olejowego	207
Obsługa konserwacyjna systemów smarowania olejowego	207
Oleje do łańcuchów	209
Kompatybilność olejów	210
Analiza oleju	210
Pobieranie próbek oleju	210
Zanieczyszczenia i filtrowanie	211
Produkty SKF do smarowania olejowego	212

Systemy centralnego smarowania	213
Dobór odpowiedniego środka smarnego	213
Rodzaje systemów centralnego smarowania	213
Systemy z całkowitą utrata środka smarnego	214
Systemy smarowania obiegowego	214

Wstęp

Aby węzeł łożyskowy mógł osiągnąć optymalną trwałość eksploatacyjną, musi być do niego dostarczana prawidłowa ilość odpowiedniego środka smarnego we właściwym czasie. Tak jak niewystarczająca ilość środka smarnego negatywnie wpłynie na pracę łożyska, to podobny efekt wywoła jego nadmiar. W obu przypadkach rezultatem może być taki sam: przedwczesne uszkodzenie łożyska i kosztowny przestój maszyny.

Niewłaściwe smarowanie jest odpowiedzialne za około 36% wszystkich uszkodzeń łożysk. Obejmuje to uszkodzenia spowodowane przez następujące przyczyny:

- nieprawidłowy dobór środka smarnego
- niewystarczająca ilość środka smarnego
- nadmierna ilość środka smarnego
- niewłaściwe okresy wymiany smaru
- środek smarny nie dociera do łożyska z powodu nieodpowiedniej konstrukcji węzła łożyskowego, nieprawidłowego montażu łożyska lub zablokowanych rur

Jeśli do tego dodamy uszkodzenia łożysk spowodowane podawaniem do węzłów łożyskowych zanieczyszczonego środka smarnego, to ilość uszkodzeń łożysk powiązanych ze smarowaniem może wzrosnąć aż do 50%.

Efektywne smarowanie i prawidłowe praktyki smarowania mogą pomóc w znacznym ograniczeniu przedwczesnych uszkodzeń łożysk i przestojów maszyn.

Aby ułatwić osiągnięcie tego celu SKF, oferuje obszerny asortyment środków smarnych i systemów smarowania, jak również programy pomagające w doborze środka smarnego i wyznaczeniu okresów wymiany smaru.

W tym rozdziale omówione jest tylko smarowanie łożysk tocznych. W celu uzyskania informacji na temat smarowania innych typów łożysk, skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF*, dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com, lub skontaktuj się z działem technicznym SKF.

W celu uzyskania dodatkowych informacji o narzędziach montażowych i środkach smarnych SKF, odwiedź stronę www.skf.com/lubrication oraz www.mapro.skf.com.

Aby uzyskać informacje o programach SKF LuBase, DialSet i SKF Lubrication Planner, odwiedź stronę www.skf.com/lubrication lub www.apitudexchange.com.

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń w zakresie smarowania (→ *Szkolenia*, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

Zarządzanie smarowaniem

W zakładzie, w którym mogą być setki lub tysiące punktów smarowania, można stracić orientację. Ale nawet kiedy sprawa dotyczy tylko kilku punktów smarowania, ważne jest, aby zorganizować i udokumentować wszystkie związane ze smarowaniem informacje i wdrożyć program szczegółowego zarządzania smarowaniem. Czynniki, które należy wziąć pod uwagę, obejmują:

- dostarczanie i przechowywanie środków smarnych
- zasoby: sprzęt i siłę roboczą
- harmonogramy i trasy smarowania
- analizę i kontrolę środka smarnego
- rodzaj smarowania – automatyczne czy ręczne

SKF Lubrication Planner, dostępny na stronie www.skf.com/lubrication, jest łatwym w obsłudze oprogramowaniem, które ma wszystkie podstawowe funkcje potrzebne do prawidłowego zaprojektowania planu smarowania i zarządzania smarowaniem.

Kontrola, postępowanie i usuwanie środków smarnych

Kontrola środków smarnych

Niezależnie od daty produkcji, smary plastyczne i oleje powinny być wizualnie skontrolowane zanim zostaną użyte.

W przypadku smaru plastycznego sprawdź, czy nie występuje nienormalne oddzielanie oleju i jakiegokolwiek ślady pleśni, wody lub odbarwienia.

W przypadku oleju zbadaj obecność wody lub występowanie odbarwień. Jeżeli olej wygląda na zmętniały, zwykle oznacza to, że jest zanieczyszczony wodą.

UWAGA: Kiedy dokonujesz wzrokowej inspekcji smaru plastycznego pamiętaj, że pewne wydzielanie się oleju ze smaru jest zjawiskiem normalnym.

Zalecane praktyki obchodzenia się ze środkiem smarnym

Właściwe procedury obchodzenia się ze środkiem smarnym są bardzo ważne. SKF zaleca:

- Wycieraj brzegi zbiorników ze środkiem smarnym przed ich otwarciem, aby uniknąć wniknięcia zanieczyszczeń.
- Używaj czystych zbiorników, kiedy dozujesz środki smarne.
- Używaj profesjonalnych narzędzi.

OSTRZEŻENIE: Bezpośredni kontakt z produktami naftowymi może wywoływać reakcje alergiczne! Przed przystąpieniem do czynności wymagających kontaktu ze środkiem smarnym przeczytaj karty charakterystyki substancji i zawsze noś rękawiczki ochronne.

Karty charakterystyki substancji

Karty charakterystyki substancji (MSDS) dostarczają istotnych informacji na temat fizycznych i chemicznych właściwości środka smarnego. Zawierają one także zalecane środki ostrożności i procedury postępowania z substancją.

UWAGA: Karty charakterystyki substancji dla smarów łożyskowych SKF są dostępne w trybie online na stronie www.mapro.skf.com.

Usuwanie środka smarnego

Nieprawidłowe postępowanie ze użytymi środkami smarnymi może być niebezpieczne dla ludzi i środowiska. Przy usuwaniu środków smarnych stosuj się do krajowych i lokalnych przepisów i zarządzeń oraz zasad ochrony środowiska.

Smar plastyczny a olej

Smar plastyczny jest najczęściej stosowanym środkiem smarnym do łożysk tocznych, ponieważ pod wieloma względami jest lepszy od oleju, a zwykle jego stosowanie jest tańsze. Mniej niż 20% łożysk tocznych jest smarowanych olejem.

Bardzo ważny jest dobór środka smarnego do danej aplikacji i panujących w niej warunków pracy, ale należy także brać pod uwagę metodę dostarczania środka smarnego, sposób zainstalowania go w aplikacji i obsługę. Przy dokonywaniu wyboru między smarowaniem smarem plastycznym a olejem, należy wziąć pod uwagę wiele czynników (→ tabela 1).

Alternatywne środki smarne

W niektórych aplikacjach tworzywo Solid Oil może zapewnić korzyści, których nie są w stanie dać smar plastyczny lub olej.

Solid Oil jest polimerową matrycą nasyoną olejem smarowym, która całkowicie wypełnia wolną przestrzeń w łożysku. Tworzywo to zostało specjalnie stworzone do aplikacji, gdzie tradycyjne smarowanie okazało się nieskuteczne lub gdzie nie można zastosować konwencjonalnych metod smarowania, np. w łożyskowaniach o ograniczonym dostępie.

Wiele łożysk tocznych, jak również zespołów łożyskowych SKF może być dostarczonych z wypełnieniem Solid Oil. Łożyska są identyfikowane za pomocą przystotka oznaczenia W64.

Tabela 1

Porównanie wyboru między smarem plastycznym a olejem

Kryterium wyboru		Zalety/wady Smar plastyczny	Olej
Aplikacja i warunki pracy	Współpracujące elementy	Łożyska i współpracujące elementy muszą być rozdzielone	Łożyska i współpracujące elementy mogą być smarowane tym samym olejem (gdy ma to zastosowanie)
	Uszczelnienie	Polepsza skuteczność uszczelnienia w oprawach	Nie ma działania uszczelniającego
	Temperatura pracy	Nie zapewnia chłodzenia Ograniczenia temperatury pracy	Wspomaga chłodzenie Odpowiedni do wysokich temperatur pracy
	Prędkość	Ograniczenia prędkości	Odpowiedni do wysokich prędkości pracy
	Kierunek ustawienia wału	Odpowiedni do wałów pionowych	Zwykle nie nadaje się do łożysk poprzecznych na wałach pionowych
	Przydatność do przemysłu spożywczego	Niskie ryzyko zanieczyszczenia z powodu wycieku	Powinny być stosowane tylko oleje gatunku spożywczego, z powodu ryzyka wycieku
Zainstalowanie i obsługa	Zainstalowanie	Szybko Stosunkowo tanio	Czasochłonne Kosztowne (wymagane pompy, zbiorniki itd.)
	Utrzymywanie i wyciek środka smarnego	Łatwo utrzymywany w oprawie łożyskowej	Łatwo kontrolować ilość środka smarnego Możliwy wyciek
	Sprawdzanie	Trudny do badania podczas pracy	Musi być utrzymywany odpowiedni poziom oleju
	Stosowanie	Zwykle łatwy w stosowaniu	Czasochłonne
	Wymiana środka smarnego	Trudno usunąć cały smar, ale nie stanowi problemu, gdy stary i nowy smar są kompatybilne	Łatwo całkowicie opróżnić zbiornik i ponownie go napełnić
	Kontrola zanieczyszczeń	Trudno kontrolować obecność zanieczyszczeń	Może być filtrowany i przywracany do stanu użytkowego
	Kontrola jakości	Trudny do kontrolowania	Łatwy do kontrolowania

W aplikacjach, gdzie panują ekstremalne temperatury, takich jak piece grzewcze i piece do wypalania, wysokie temperatury mogą spowodować, że normalne środki smarne roztopią się lub wyparują. Do tych wymagających środowisk SKF dostarcza dwa alternatywne suche środki smarne:

- łożyska ze stałym środkiem smarnym w postaci mieszanki na bazie grafitu, przyrostek oznaczenia VA201, VA210 lub VA2101
- łożyska z koszykiem grafitowym, z którego oddziela się pył grafitowy, przyrostek oznaczenia VA208 lub VA228

UWAGA: Łożyska wypełnione tworzywem Solid Oil, pastą grafitową lub posiadające koszyk grafitowy nie wymagają dosmarowywania.

Smarowanie smarem plastycznym

Co się znajduje w smarze plastycznym?

Smar plastyczny może być opisany, jako „zagęszczony olej”. Smar do łożysk tocznych zwykle jest zawiesiną oleju bazowego w zagęszczaczu, plus dodatki. Poprzez zmienianie tych składników, możliwe jest wyprodukowanie szeregu różnych smarów plastycznych do wielu zastosowań.

Olej bazowy

Olej bazowy stanowi 70 do 95% smaru plastycznego i może być zaklasyfikowany do jednej z trzech kategorii:

- mineralny
- syntetyczny
- naturalny

Mineralne oleje bazowe są produktami rafinacji ropy naftowej. Oleje bazowe w smarach plastycznych są zwykle olejami mineralnymi, gdyż mogą być stosowane w większości aplikacji.

W specjalnych warunkach pracy, np. w bardzo niskich lub bardzo wysokich temperaturach, preferowane są syntetyczne oleje bazowe. Oleje syntetyczne nie są produktami na bazie ropy naftowej (otrzymuje się je na drodze syntezy chemicznej).

Naturalne oleje bazowe, to jest oleje zwierzęce i roślinne, nie są zwykle stosowane do łożysk tocznych, ponieważ istnieje ryzyko pogorszenia ich jakości i powstawania kwasów po krótkim czasie.

Zagęszczacz

Zagęszczacz stanowi 30 do 5 % smaru plastycznego. Jest to składnik, który utrzymuje olej i dodatki, umożliwiając działanie smaru. Zagęszczacz tworzy „korpus” smaru plastycznego, przez co smar może pozostawać w wymaganym miejscu.

Istnieją różne zagęszczacze, każdy posiada specjalne właściwości ukierunkowane na warunki pracy panujące w określonym zastosowaniu. Najszersza kategoria zagęszczaczy może być podzielona na mydła i substancje inne niż mydła.

Mydła

Najpowszechniej spotykane smary plastyczne mają zagęszczacze mydlane na bazie litu (Li), wapnia (Ca), sodu (Na), baru (Ba) lub aluminium (Al). Mydło litowe jest najczęściej stosowanym zagęszczaczem do smarów łożyskowych.

Smary z mydłami kompleksowymi są wynikiem reakcji chemicznej między metalem bazowym i dwoma różnymi kwasami. Te smary zazwyczaj mają lepsze osiągi robocze i mogą wytrzymywać wyższe temperatury pracy niż odpowiadające konwencjonalne smary plastyczne mydlane.

Substancje inne niż mydła

Zagęszczacze, którymi są substancje inne niż mydła, sporadycznie bazują na składnikach nieorganicznych. Zagęszczacze nieorganiczne, takie jak bentonit, glina i żel krzemionkowy są odporne na wyciekanie w wysokich temperaturach pracy i są odporne na wodę. Przykładem zagęszczacza nie będącego mydłem metalu jest polimocznik.

Dodatki

Substancje chemiczne, znane jako dodatki, są dodawane do smaru plastycznego w celu uzyskania lub wzmocnienia pewnych właściwości eksploatacyjnych. Niektóre z najpowszechniej stosowanych dodatków są wymienione w **tabeli 2**.

Dodatki na wysokie naciski, przeciwwieżciowe i dodatki stałe

Dodatki na bardzo wysokie naciski (EP) mogą składać się z wielu różnych związków, na przykład związków siarki i fosforu. Dodatki EP zwiększają nośność filmu olejowego w warunkach działania wysokich obciążeń.

Dodatki przeciwwieżciowe (AW) tworzą warstwę ochronną na powierzchni metalu, podobnie jak dodatki EP. Dodatki stałe, takie jak dwusiarczek molibdenu (MoS_2) i grafit są korzystne w smarze w warunkach pracy z niskimi prędkościami, gdy olej bazowy może stać się nieskuteczny.

Jak smar działa w łożysku

Zagęszczacz w smarze plastycznym działa jak zbiornik na olej bazowy i zachowuje się jak gąbka nasączona wodą. Gdy mokra gąbka zostanie lekko ściśnięta, zostanie uwolniona niewielka ilość wody. Gdy nacisk na gąbkę jest duży, więcej wody wydostanie się na zewnątrz.

Podobnie, gdy smar zostanie obciążony, zagęszczacz uwalnia olej bazowy. Zjawisko to jest znane jako wydzielanie się oleju ze smaru lub oddzielanie oleju. Gdy obciążenie przestanie działać na smar, zagęszczacz zwykle ponownie absorbuje olej bazowy.

Interpretowanie kart charakterystyki smarów

Karty charakterystyki smarów plastycznych dostarczają informacji w trzech głównych kategoriach:

- właściwości smaru
- warunki pracy łożyska, do których smar jest odpowiedni
- wyniki testów pracy smaru

Interpretowanie i zrozumienie kart charakterystyki smarów jest istotne dla prawidłowego doboru smaru, a także do prawidłowej obsługi w zakresie smarowania.

Tabela 2

Dodatki do smarów plastycznych

Dodatek	Działanie
Przeciwrdzewny	Poprawia ochronę powierzchni łożyska, jaką daje smar
Przeciwutleniający	Opóźnia rozkład oleju bazowego w wysokich temperaturach, wydłużając trwałość smaru
Na bardzo wysokie naciski (EP)	Redukuje szkodliwe skutki styku metal-metal
Przeciwwieżciowy (AW)	Zapobiega stykowi metal-metal poprzez wytworzenie warstwy ochronnej
Dodatek stały	Zapewnia smarowanie, gdy olej bazowy staje się nieskuteczny

Właściwości smaru plastycznego

Karty charakterystyki smarów plastycznych zazwyczaj dostarczają informacji o ważnych właściwościach smaru, obejmujących:

- klasę konsystencji NLGI
- typ mydła
- temperaturę kroplenia
- lepkość/typ oleju bazowego
- zakres temperatury pracy

Klasa konsystencji NLGI

Smary dzielą się na różne klasy konsystencji zgodnie ze skalą Amerykańskiego Instytutu Smarów Plastycznych (NLGI – National Lubricating Grease Institute). Smary o wysokiej konsystencji, to znaczy smary sztywne, mają przyporządkowane wysokie klasy NLGI, natomiast smary o niskiej konsystencji, to znaczy smary miękkie, mają przypisane niskie klasy NLGI.

Istnieje łącznie dziewięć klas NLGI. Do łożysk tocznych generalnie stosuje się smary o trzech klasach konsystencji: NLGI 1, 2 i 3.

UWAGA: Należy pamiętać, że sztywność smaru nie ma nic wspólnego z lepkością oleju bazowego. Sztywny smar może mieć olej bazowy o wysokiej lub niskiej lepkości.

Typ mydła

Najpowszechniej stosowane smary plastyczne mają jako zagęszczacze mydła litu, wapnia lub sodu. Mydła litowe i sodowe mają szeroki zakres temperatury pracy, zazwyczaj do 120 °C (250 °F). Mydła wapniowe mają zakres temperatury pracy ograniczony do 80 °C (175 °F), ale zapewniają doskonałą ochronę przed wodą, włącznie ze słoną wodą.

Mydła kompleksowe zazwyczaj charakteryzują się lepszymi właściwościami.

Temperatura kroplenia

Temperatura kroplenia oznacza temperaturę, przy której smar plastyczny traci swą konsystencję i staje się płynny. Ta temperatura nie przedstawia dopuszczalnej temperatury pracy smaru.

Lepkość/typ oleju bazowego

Lepkość jest miarą oporu przepływu cieczy. Różne ciecze mają różne lepkości. Woda ma niską lepkość, ponieważ stawia mały opór

przy płynięciu, natomiast miód ma wysoką lepkość, gdyż płynie z dużym trudem.

Lepkość jest zależna od temperatury i nacisków. Lepkość oleju bazowego w smarze plastycznym spada ze wzrostem temperatury i rośnie, gdy temperatura staje się niższa. Z kolei na odwrót jest w przypadku nacisków – lepkość oleju bazowego w smarze wzrasta, gdy rosną naciski.

OSTRZEŻENIE: Przy każdym wzroście temperatury o 10 do 15 °C (18 do 27 °F) lepkość mineralnego oleju bazowego spada dwukrotnie!

Lepkość oleju bazowego w smarze plastycznym jest określana w dwóch temperaturach:

- w znormalizowanej w skali międzynarodowej temperaturze odniesienia, to jest w 40 °C (105 °F)
- w wysokiej temperaturze, zazwyczaj w 100 °C (210 °F)

Dzięki tym informacjom można obliczyć lepkość oleju bazowego w temperaturze pracy. W celu uzyskania informacji o wyznaczaniu lepkości zapoznaj się z podrozdziałem *Jak dobrać odpowiedni olej rozpoczynającym się na stronie 203.*

Zakres temperatury pracy – Koncepcja światła ulicznych SKF

Zakres temperatury pracy dla smarów jest podzielony przez cztery temperatury graniczne na pięć obszarów:

- dolna temperatura graniczna (LTL)
- dolna temperatura graniczna pracy (LTPL)
- górna temperatura graniczna pracy (HTPL)
- górna temperatura graniczna (HTL)

SKF ilustruje to schematycznie w postaci „podwójnej sygnalizacji świetlnej” (→ **ilustr. 1**).

Dolna temperatura graniczna (LTL) to najniższa temperatura, w której smar umożliwia bezproblemowe rozpoczęcie pracy łożyska. Ta temperatura zależy głównie od rodzaju oleju bazowego i jego lepkości.

Górna temperatura graniczna (HTL) jest określona przez temperaturę kroplenia smaru, to znaczy temperaturę, w której smar staje się płynny.

SKF nie zaleca uruchamiania maszyny powyżej górnej temperatury granicznej lub poniżej dolnej temperatury granicznej. Temperatury pracy zalecane przez SKF znajdują się w obrębie zakresu temperatury wskazywanego przez górną i dolną temperaturę graniczną pracy. Jest to zielony obszar na **ilustr. 1** między tymi wartościami granicznymi, gdzie smar pracuje niezawodnie, a trwałość smaru może zostać określona.

Ponieważ definicja górnej temperatury granicznej pracy (HTPL) nie jest znormalizowana w skali międzynarodowej, należy na to zwrócić szczególną uwagę przy interpretacji danych podawanych przez producenta smaru.

Ilustr. 1

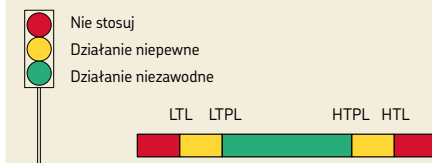


Tabela 3

Temperatury pracy łożysk (karty charakterystyki smarów)

Opis temperatury	Definicja
Niska (L)	< 50 °C (120 °F)
Średnia (M)	50 do 100 °C (120 do 210 °F)
Wysoka (H)	> 100 °C (210 °F)
Ekstremalnie wysoka (EH)	> 150 °C (300 °F)

W temperaturach powyżej górnej temperatury granicznej pracy (HTPL) smar będzie coraz szybciej się starzał i utleniał, zaś produkty uboczne utleniania będą wpływać negatywnie na smarowanie.

W związku z tym, temperatury ujęte w obszarze żółtym pomiędzy górną temperaturą graniczną pracy (HTPL) i górną temperaturą graniczną (HTL) powinny utrzymywać się jedynie przez krótki czas.

Tabela 4

Prędkości łożysk w przypadku łożysk standardowych (karty charakterystyki smarów)

Opis prędkości	Współczynnik prędkości łożyska A		
	dla łożysk kulkowych poprzecznych	łożysk walcowych	łożysk stożkowych łożyska barytkowych łożyska toroidalnych CARB
–	mm/min		
Bardzo niska (VL)	–	< 30 000	< 30 000
Niska (L)	< 100 000	< 75 000	< 75 000
Średnia (M)	< 300 000	< 270 000	< 210 000
Wysoka (H)	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
Bardzo wysoka (VH)	< 700 000	–	–
Ekstremalnie wysoka (EH)	≥ 700 000	–	–

Również w przypadku niskich temperatur istnieje obszar żółty. Wraz ze spadkiem temperatury zmniejsza się wydzielanie oleju ze smaru, a sztywność (konsystencja) smaru ulega zwiększeniu. Taka sytuacja powoduje ostatecznie niewystarczające zaopatrzenie powierzchni stykowych elementów tocznych i łożni w środek smarny. Na **ilustr. 1** ta granica temperatury wskazywana jest przez dolną temperaturę graniczną pracy (LTPL). Krótkie okresy pracy w tym obszarze, na przykład podczas rozruchu na zimno, na ogół nie mają szkodliwego wpływu na łożysko, gdyż ciepło wytwarzane wskutek tarcia powoduje podwyższenie temperatury do wartości mieszczących się w obszarze zielonym.

Smary i warunki pracy łożysk

Karty charakterystyki smarów plastycznych dostarczają informacji o odpowiednich warunkach pracy łożyska w odniesieniu do:

- temperatury
- prędkości
- obciążenia

Jednakże te opisy są wyrażone przy użyciu ogólnych terminów, takich jak „niska” czy „bardzo wysoka” i wymagają wytłumaczenia.

Temperatura

Temperatura pracy łożyska jest mierzona tak blisko powierzchni zewnętrznej łożyska jak to możliwe i ma na nią wpływ temperatura otoczenia. Zmierzona temperatura pracy wynosząca 100 °C (210 °F) lub więcej jest na ogół uważana za „wysoką”.

Informacje podawane w kartach charakterystyki smarów na temat temperatur pracy łożysk mogą zostać zinterpretowane przy użyciu wytycznych w **tabeli 3**.

Prędkość

Referencyjna prędkość pracy podawana w kartach charakterystyki smarów opiera się na współczynniku prędkości łożyska. Współczynnik prędkości porównuje możliwości łożysk w zakresie osiągniętych prędkości i jest wyrażany jako

Tabela 5

Obciążenia łożysk (karty charakterystyki smarów)

Opis obciążenia	Współczynnik obciążenia
Niskie (L)	$P \leq 0,05 C$
Średnie (M)	$0,05 C < P \leq 0,1 C$
Wysokie (H)	$0,1 C < P \leq 0,15 C$
Bardzo wysokie (VH)	$P > 0,15 C$

$$A = n d_m$$

gdzie

A = współczynnik prędkości [mm/min]

n = prędkość obrotowa [obr/min]

d_m = średnia średnica łożyska

$$= 0,5 (D + d) \text{ [mm]}$$

Informacje podawane w kartach charakterystyki smarów na temat prędkości pracy łożysk mogą zostać zinterpretowane przy użyciu wytycznych w **tabeli 4**.

Obciążenie

Odniesienia do obciążenia łożyska w kartach charakterystyki smarów opierają się na stosunku między nośnością dynamiczną łożyska C a obciążeniem równoważnym P działającym na łożysko (obciążeniem, któremu jest poddawane łożysko). Zatem:

- Im mniejsze obciążenie równoważne P, tym większy jest stosunek C/P i łożysko staje się mniej obciążone.
- Im większe obciążenie równoważne P, tym mniejszy jest stosunek C/P i łożysko staje się bardziej obciążone.

Informacje podawane w kartach charakterystyki smarów na temat obciążeń łożysk mogą zostać zinterpretowane przy użyciu wytycznych w **tabeli 5**.

Testy pracy smarów

Końcowa część karty charakterystyki smaru zazwyczaj zawiera wyniki testów laboratoryjnych przeprowadzonych na próbkach smaru.

Wyniki badań mogą zostać zinterpretowane przy użyciu wytycznych w **tabeli 6**.

Tabela 6

Testy pracy smarów			
Test	Co oznacza	Pomiar [jednostka]	Interpretacja wyników
Temperatura kroplenia	Temperatura, w której smar zaczyna płynąć	Temperatura [°C]	–
Penetracja	Konsystencja, sztywność smaru (klasa NLGI)	Głębokość wniknięcia stożka Wartość między 85 a 475 [10 ⁻¹ mm] (60 lub 100 000 nacisków)	Wysoka liczba = miękki smar Niska liczba = sztywny smar
Odporność na przecieranie	Jak łatwo smar mięknie lub twardnieje	Zmiana głębokości wniknięcia stożka [10 ⁻¹ mm]	Wysoka liczba = mniej stabilny Niska liczba = bardziej stabilny
Stabilność mechaniczna	Stabilność mechaniczna smaru, gdy jest on narażony na drgania	Ocena, zależna od masy smaru, który wyciekł, (Klasyfikacja SKF V2F)	M = bardzo mały wyciek smaru m = pewna ilość smaru wyciekła Nie zaliczony = bardzo duży wyciek smaru
Ochrona przed korozją	Stopień korozji łożyska ze smarem zmieszonym z wodą	Wartość między 0 a 5 (Klasyfikacja SKF EMCOR ¹⁾)	0 = brak korozji 5 = bardzo duża korozja
Oddzielanie oleju	Ilość oleju, która przecieka przez sito w czasie przechowywania	Procentowa utrata wagi [%] (DIN 51817)	0% = brak oddzielania oleju 100% = całkowite oddzielenie oleju
Odporność na działanie wody	Zmiana w smarze po zanurzeniu w wodzie	Wartość między 0 a 3 (w oparciu o oględziny wzrokowe) (DIN 51807/1)	0 = brak zmian 3 = duże zmiany
Własności smarne	Zdolność smaru do smarowania w warunkach pracy typowych dla dużych łożysk (d ≥ 200 mm)	Ocena, zależna od zdolności smaru do smarowania dużych łożysk w warunkach normalnej lub wysokiej temperatury (Urządzenie testowe SKF R2F)	Test bez podgrzewania (warunki normalnej temperatury) Zaliczony = smar jest odpowiedni Nie zaliczony = smar nie jest odpowiedni Test z podgrzewaniem (warunki wysokiej temperatury) Zaliczony = smar jest odpowiedni Nie zaliczony = smar nie jest odpowiedni
Korozja miedzi	Stopień ochrony stopów miedzi zapewniany przez smar	Wartość między 1 a 4 (w oparciu o oględziny wzrokowe) (DIN 51811)	1 = dobra ochrona 4 = bardzo zła ochrona
Trwałość smaru w łożyskach tocznych	Trwałość smaru	Czas do uszkodzenia łożyska [godziny] (Urządzenie testowe SKF ROF)	–
Działanie w warunkach podwyższonych nacisków (test VKA)	Możliwość zakwalifikowania smaru jako smaru EP	Graniczne naciski na smar [N] (DIN 51350/4)	–
Korozja cierna	Zdolność smaru do ochrony przed korozją cierną	Zużycie łożyska [mg] (ASTM D4170)	–

¹⁾ Znormalizowana zgodnie z ISO 11007.

Dobór odpowiedniego smaru

Wszystkie środki ostrożności podejmowane, aby zapobiec wystąpieniu przedwczesnego uszkodzenia łożyska nie uwzględniają możliwości, że został zastosowany nieprawidłowy smar. Dlatego dobór smaru jest krytyczny dla prawidłowej pracy każdej maszyny. Smar z mineralnym olejem bazowym i zagęszczaczem litowym o klasie konsystencji NLGI 2 jest wystarczający do większości aplikacji. Jednakże należy rozważyć wszystkie czynniki, jakie omówiono poniżej.

Zbierz wszystkie stosowne informacje przed rozpoczęciem procesu doboru:

- zastosowanie
- rodzaj łożyska i jego wymiary główne
- obciążenie łożyska
- temperatura pracy i temperatura otoczenia
- prędkość obrotowa
- kierunek ustawienia wału
- wpływy zewnętrzne, np. drgania, oscylacje
- szczegóły odnośnie zanieczyszczeń

OSTRZEŻENIE: Przed doбором smaru do początkowego smarowania lub przy przechodzeniu na inny smar, koniecznie zapoznaj się z dokumentacją producenta maszyny. Nie wszystkie smary są ze sobą zgodne i mogą być w maszynie elementy, które nie są kompatybilne z niektórymi dodatkami w smarach.

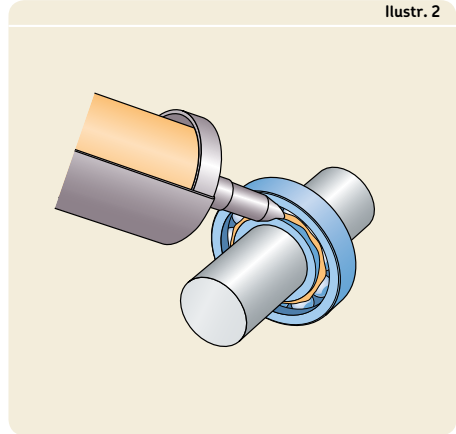
Narzędzia do doboru smaru

Program SKF do doboru smarów plastycznych, LubeSelect, może być stosowany do wyboru właściwego smaru SKF. Inny program SKF, LuBase, zawiera szczegółowe informacje o ponad 2000 środkach smarnych dostarczanych przez ponad 100 dostawców. Oba programy są dostępne w trybie online na stronie www.apituidexchange.com.

Tabela doboru smarów łożyskowych SKF jest zamieszczona w **Dodatk M, na stronach 430 do 431**. W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat doboru właściwego smaru, skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

Jak smarować łożyska i współpracujące z nim elementy przy pierwszym montażu

Większość otwartych (nieuszczelnionych) łożysk tocznych jest dostarczana bez wypełnienia smarem.



PRZESTROGA

SKF LGET 2, smar fluorowy, nie jest kompatybilny z innymi smarami plastycznymi, olejami i środkami zabezpieczającymi. Dlatego, bardzo dokładne umycie łożysk i wyczyszczenie instalacji jest istotne przed nałożeniem świeżego smaru.

Jednakże są one zabezpieczone przeciwkorozyjnym środkiem ochronnym. Inhibitor korozji na łożyskach SKF jest kompatybilny z większością środków smarnych i dodatków (oprócz na przykład SKF LGET 2) i nie musi być usuwany przed pierwszym nałożeniem smaru. Łożyska z blaszkami ochronnymi lub uszczelkami z obu stron są fabrycznie wypełnione smarem i nie wymagają dodatkowego smarowania podczas montażu.

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie myj łożyska, które ma zamontowane blaszki ochronne lub uszczelki z obu stron.

Najlepszy moment do nałożenia smaru

Na ogół otwarte łożyska są smarowane po zamontowaniu, (→ **ilustr. 2**). Najważniejszym powodem takiego postępowania jest czystość. Im później smar zostanie umieszczony w łożysku, tym mniejsza szansa, że zanieczyszczenia wnukną do łożyska.

Łożyska należy smarować przed montażem, jeżeli nie ma innej możliwości, aby smar znalazł się w łożysku.

Właściwa ilość

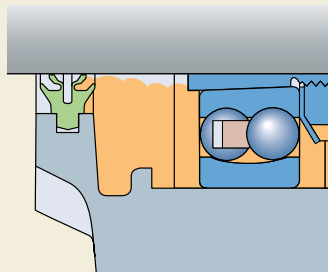
Zgodnie z ogólną zasadą, w przypadku łożysk montowanych w oprawach, łożyska powinny zostać całkowicie (w 100%) wypełnione smarem plastycznym przed rozpoczęciem pracy.

Wolna przestrzeń w oprawie powinna być częściowo (30 do 50%) wypełniona smarem (→ **ilustr. 3**). W aplikacjach nie narażonych na drgania, gdzie łożyska pracują z bardzo małymi prędkościami i wymagana jest dobra ochrona przed zanieczyszczeniami, SKF zaleca wypełnienie smarem do 90% wolnej przestrzeni w oprawie.

Rozwiązaniem stosowanym w przypadku silnie zanieczyszczonego środowiska pracy jest całkowite wypełnienie oprawy smarem i użycie uszczelnionego łożyska SKF. Ta trzywarstwowa warstwa ochronna wykorzystuje uszczelnienie oprawy, smar w oprawie i uszczelnienie łożyskowe w celu ochrony łożyska i środka smarnego w łożysku przed nawet najdrobniejszymi zanieczyszczeniami.

OSTRZEŻENIE: Zawsze zostawiaj wolną przestrzeń w oprawie, aby smar wyrzucony z łożyska w czasie rozruchu znalazł dla siebie miejsce. Jeżeli oprawa jest całkowicie wypełniona, może dojść do ugniatania smaru, czego efektem będzie wzrost temperatury pracy nawet o 50 °C (90 °F). Smar może zostać wypalony, co doprowadzi do braku środka smarnego. Jeżeli nie można przeprowadzić rozruchu, początkowe wypełnienie smarem powinno zostać zredukowane do maksimum 30% wolnej przestrzeni w łożysku.

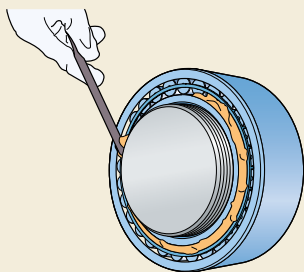
Ilustr. 3



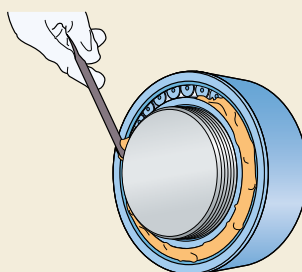
Kiedy montowane są uszczelnienia labiryntowe, promieniowe lub osiowe szczeliny w układzie labiryntu powinny zostać całkowicie wypełnione smarem.

Uszczelnienia dwuwargowe oraz uszczelnienia ze stykową wargą wtórną także powinny mieć przestrzeń między wargami w całości wypełnioną smarem, ponieważ smar działa nie tylko jako uszczelnienie, ale także zmniejsza temperaturę pod wargami uszczelniającymi.

Ilustr. 4



a) Wypełnianie smarem łożysk toroidalnych CARB z koszykiem (praca z dużymi prędkościami)



b) Wypełnianie smarem łożysk toroidalnych CARB z pełną liczbą wateczków (bez koszyka)

Łożyska toroidalne CARB

Łożyska toroidalne CARB mają stosunkowo dużą wolną przestrzeń dostępną dla smaru (→ **ilustr. 4**). Jeżeli te łożyska są całkowicie wypełnione smarem i pracują ze stosunkowo dużymi prędkościami (> 75% prędkości nominalnej), można spodziewać się podwyższonych temperatur pracy. Dlatego SKF zaleca wypełnianie smarem plastycznym jedynie przestrzeni między pierścieniem wewnętrznym a koszykiem łożyska (**a**).

W przypadku łożysk CARB z pełną liczbą wałeczków lub łożysk CARB pracujących z małymi lub średnimi prędkościami, łożyska powinny zostać całkowicie wypełnione smarem (**b**).

Łożyska precyzyjne

Łożyska precyzyjne na ogół powinny być smarowane małymi ilościami smaru plastycznego. W łożyskach stosowanych w obrabiarkach, które w większości pracują z wysokimi lub bardzo wysokimi prędkościami, mniej niż 30% wolnej przestrzeni powinno być wypełnione smarem. W praktyce najczęściej stosuje się wypełnienie smarem w wielkości około 10 do 15% wolnej przestrzeni w łożysku.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat smarowania łożysk precyzyjnych skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

Techniki smarowania podczas montażu

Techniki smarowania smarem plastycznym zmieniają się zależnie od konstrukcji łożysk i ich oprav. Łożyska mogą być albo rozłączne albo nierozłączne, oprawy albo dzielone albo jednoczęściowe. Kilka wytycznych na temat smarowania łożysk zostało przedstawionych poniżej.

W celu uzyskania informacji na temat montażu łożysk zapoznaj się z rozdziałem *Montaż łożysk tocznych*, rozpoczynającym się na **stronie 44**.

Łożyska rozłączne

Do łożysk rozłącznych należą łożyska walcowe, łożyska stożkowe, łożyska kulkowe skośne jednorzędowe dwukierunkowe oraz wszystkie rodzaje łożysk wzdłużnych. Te łożyska powinny być smarowane, gdy są rozdzielone w kolejności wyznaczonej przez porządek montażu. Upewnij się, że wolna przestrzeń między elementami tocznymi i koszykiem jest całkowicie wypełniona smarem. Jeżeli złożenie koszyka i elementów

tocznych jest rozdzielne od obu pierścieni, pokryj cienką warstwą smaru bieżnię jednego z pierścieni, aby uniknąć uszkodzenia powierzchni przy nasuwaniu złożenia koszyka i elementów tocznych na pierścień.

Łożyska nierozłączne

Łożyska nierozłączne, takie jak łożyska kulkowe zwykłe i łożyska kulkowe skośne mogą zostać wypełnione smarem z obu stron w czasie montażu.

W przypadku łożysk kulkowych wahlowych, łożysk barytkowych i łożysk toroidalnych CARB, jeden pierścień łożyska może zostać wychylony, w celu ułatwienia smarowania. Następnie należy kilkakrotnie obrócić łożysko, aby równomiernie rozprowadzić smar.

OSTRZEŻENIE: Przy wychylaniu pierścienia łożyska toroidalnego CARB lub łożyska kulkowego wahlowego, najniższe położone elementy toczne mogą niezauważalnie opaść. To może spowodować zablokowanie pierścienia zewnętrznego łożyska, gdy usiłujemy go obrócić do położenia początkowego i uszkodzenie łożyska. Aby tego uniknąć, lekko wciśnij elementy toczne w ich miejsce.

Smarowanie łożysk przed montażem

Łożyska otwarte, które nie mogą zostać nasmarowane po zamontowaniu, należy wypełnić smarem przed montażem zgodnie z poniższą procedurą:

- 1 Umieść łożysko na czystym plastikowym arkuszu.
- 2 Zaklinuj większe łożyska lub użyj pryzm, aby ustawić łożysko w odpowiednim położeniu.
- 3 Wypełnij smarem wolną przestrzeń, z obu stron, między elementami tocznymi i koszykiem, używając dozownika smaru. W przypadku łożysk wahlowych wychyl jeden z pierścieni łożyska, odkrywając elementy toczne, a potem nałóż smar.
- 4 Jeżeli łożysko nie może zostać od razu zamontowane, owiń je plastikiem.

Rozruch łożysk smarowanych smarem plastycznym

Podczas początkowego rozruchu, temperatura w niedawno wypełnionych smarem plastycznym łożyskach wzrośnie. Dlatego, jeżeli jest taka możliwość, SKF zaleca rozruch łożysk przed rozpoczęciem ich eksploatacji z pełną prędkością. Jest to szczególnie istotne w aplikacjach szybkoobrotowych. Bez okresu rozruchu wzrost temperatury może być znaczny.

Rozruch łożysk wymaga pracy łożyska z coraz większymi prędkościami, począwszy od niskiej prędkości początkowej. Pod koniec okresu rozruchu smar będzie rozprowadzony w całym węźle łożyskowym, a prędkość robocza ustabilizuje się.

Wymiana smaru

Smar plastyczny nie ma nieskończonej trwałości. Na skutek działania temperatury, mechanicznego ugniatania, starzenia oraz wniknięcia zanieczyszczeń, pogarsza się stan smaru w węźle łożyskowym i stopniowo traci on swoje właściwości smarne. Wymiana smaru polega na dodawaniu świeżego smaru do łożyskowania po upływie pewnego czasu pracy.

Istnieją trzy krytyczne czynniki przy wymianie smaru: rodzaj smaru plastycznego, ilość smaru i okres wymiany smaru. Ilość smaru i okres wymiany smaru zależą w znacznym stopniu od tego, czy smar jest podawany ręcznie czy automatycznie.

Łożyska uszczelnione są normalnie wypełnione smarem na cały okres swojej trwałości i zazwyczaj nie wymagają wymiany smaru. Jednakże, gdy warunki pracy są ciężkie, wymiana smaru może być konieczna. Z tego powodu niektóre rodzaje łożysk uszczelnionych mają cechy konstrukcyjne umożliwiające dozowanie smaru.

Okresy wymiany smaru

Okresy wymiany smaru zależą od wielu wzajemnie powiązanych czynników. Przed opracowaniem programu wymiany smaru należy sprawdzić zalecenia producenta maszyny. Jeżeli nie jest to możliwe, zbierz wszystkie potrzebne informacje przed wyznaczeniem okresów wymiany smaru:

- zastosowanie
- rodzaj łożyska i jego wymiary główne
- obciążenie łożyska
- temperatura pracy i temperatura otoczenia
- prędkość obrotowa
- kierunek ustawienia wału
- wpływy zewnętrzne, np. drgania, oscylacje
- szczegóły odnośnie zanieczyszczeń

Okres pracy smaru do wymiany t_f można wyznaczyć na podstawie **wykresu 1** jako funkcję:

- współczynnika prędkości A
- współczynnika łożyska b_f
- stosunku obciążenia C/P

gdzie

$A = n \cdot d_m$ [mm/min]

n = prędkość obrotowa [obr/min]

d_m = średnia średnica łożyska

= $0,5 (d + D)$ [mm]

b_f = współczynnik łożyska zależny od rodzaju łożyska i warunków obciążenia
(→ **tabela 7, strona 194**)

Jeżeli analiza uszkodzenia łożyska wykazuje, że był problem z nadmierną temperaturą i/lub smarowaniem, najpierw sprawdź, czy został zastosowany właściwy smar plastyczny. Jeżeli tak, sprawdź zalecane wartości graniczne dla współczynnika A w **tabeli 7, strona 194**. Jeśli współczynnik prędkości dla aplikacji jest większy niż wymieniony w tabeli, wtedy przejście na smarowanie za pomocą kąpieli olejowej lub systemu olejowego obiegowego może znacznie zwiększyć trwałość eksploatacyjną łożyska.

Okresy pracy smaru do wymiany na **wykresie 1** mają wielkość szacunkową, wyznaczoną przy założeniu następujących warunków pracy:

- temperatura pracy 70 °C (160 °F)
- smarowanie przy zastosowaniu dobrej jakości smaru z zagęszczaczem litowym
- wał poziomy
- wiruje pierścień wewnętrzny
- praca w czystym otoczeniu

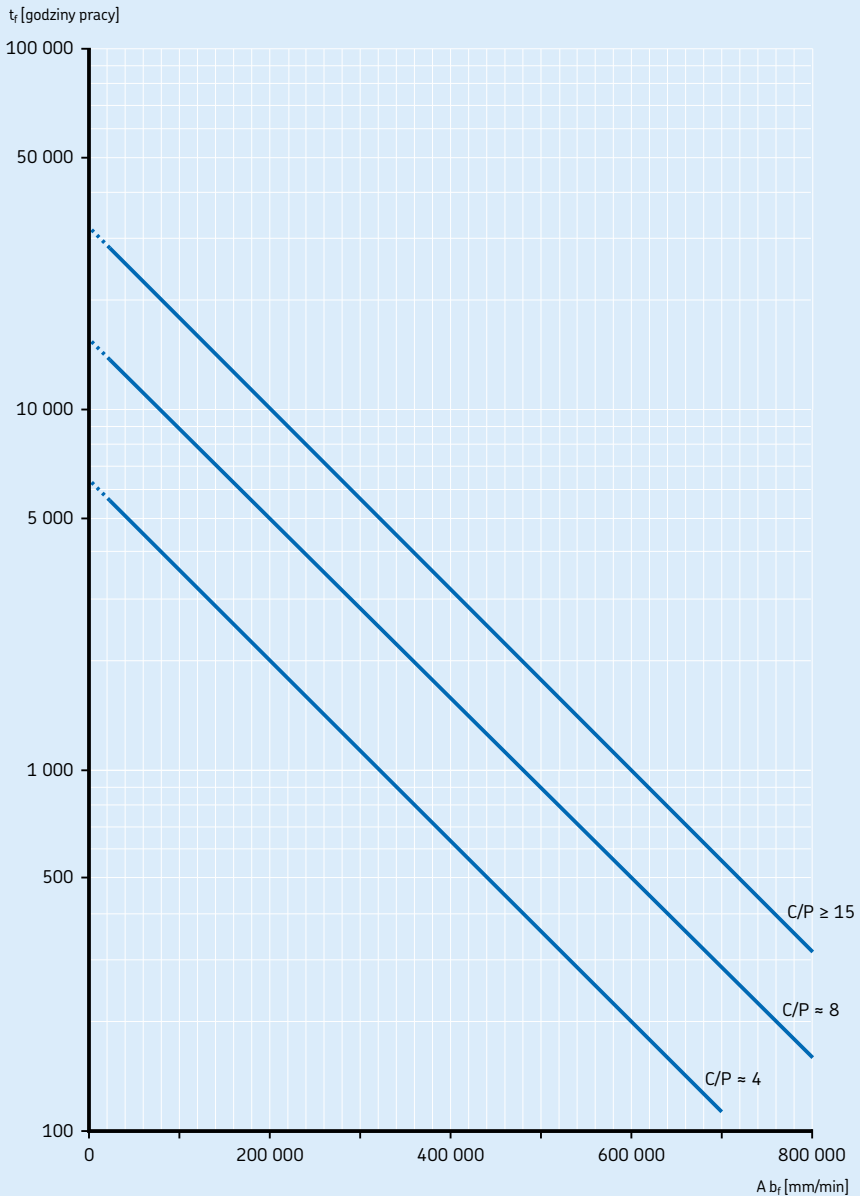
Jeśli warunki pracy łożyska się różnią, należy dostosować długość okresów wymiany smaru zgodnie z informacjami przedstawionymi w **tabeli 8, strona 195**.

UWAGA: Jeżeli stosowanych jest kilka różnych łożysk pracujących w zespole, zastosuj najkrótszy obliczony okres wymiany smaru do wszystkich łożysk.

Program SKF do doboru smarów plastycznych, LubeSelect, dostępny w trybie online na stronie www.apititudexchange.com, może być stosowany także do obliczania okresów wymiany smaru.

Wykres 1

Okres pracy smaru do wymiany dla temperatury roboczej 70 °C (160 °F)



Sposoby wymiany smaru

Wybór procedury wymiany smaru zależy zazwyczaj od zastosowania, warunków pracy oraz okresu pracy smaru do wymiany t_f . Istnieją dwa podstawowe sposoby wymiany smaru: dosmarowywanie i smarowanie ciągłe (→ tabela 9).

Tabela 7

Współczynniki łożyskowe oraz zalecane wartości graniczne dla współczynnika prędkości A

Rodzaj łożyska ¹⁾	Współcz. łożyska b_f	Zalecane wartości graniczne dla współczynnika prędkości A w zależności od stosunku obciążenia		
		C/P ≥ 15	C/P ≈ 8	C/P ≈ 4
–	–	mm/min		
łożyska kulkowe zwykłe	1	500 000	400 000	300 000
łożyska kulkowe skośne	1	500 000	400 000	300 000
łożyska kulkowe wahliwe	1	500 000	400 000	300 000
łożyska walcowe				
• łożysko swobodne	1,5	450 000	300 000	150 000
• łożysko ustalające, bez zewnętrznych obciążeń osiowych lub z niskimi, ale zmiennymi obciążeniami osiowymi	2	300 000	200 000	100 000
• łożysko ustalające, ze stałym, niskim obciążeniem osiowym	4	200 000	120 000	60 000
• bez koszyka, z pełną liczbą elementów tocznych ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000
łożyska stożkowe	2	350 000	300 000	200 000
łożyska barytkowe				
• gdy stosunek obciążeń $F_a/F_r \leq e$ i $d_m \leq 800$ mm				
– seria 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
– seria 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
– seria 241	2	150 000	80 000 ⁴⁾	50 000 ⁴⁾
• gdy stosunek obciążeń $F_a/F_r \leq e$ i $d_m > 800$ mm				
– seria 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– seria 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– seria 241	2	100 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
• gdy stosunek obciążeń $F_a/F_r > e$				
– wszystkie serie	6	150 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
łożyska toroidalne CARB				
• z koszykiem	2	350 000	200 000	100 000
• bez koszyka, z pełną liczbą elementów tocznych ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000
łożyska kulkowe wzdłużne	2	200 000	150 000	100 000
łożyska walcowe wzdłużne	10	100 000	60 000	30 000
łożyska barytkowe wzdłużne				
• z wirującym pierścieniem wewnętrznym	4	200 000	120 000	60 000

¹⁾ Współczynniki łożyskowe oraz zalecane wartości współczynnika prędkości A dotyczą łożysk w wykonaniu podstawowym, ze standardowym koszykiem. W przypadku innych konstrukcji łożyska lub specjalnych wariantów wykonania koszyka skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Wartość t_f uzyskaną na podstawie **wykresu 1, strona 193** należy podzielić przez 10.

³⁾ Nie ma zastosowania. Dla tych wartości C/P zalecane są łożyska z koszykiem.

⁴⁾ Dla wyższych prędkości zalecane jest smarowanie olejowe.

Tabela 8

Korekta okresy wymiany smaru

Warunki pracy/ rodzaj łożyska	Opis	Zalecana korekta okresu t_r	Powód korekty
Temperatura robocza	Dla każdych 15 °C (27 °F) ponad 70 °C (160 °F), do górnej temperatury granicznej (HTL)	Skróć okres o połowę	Aby uwzględnić przyspieszone starzenie smaru w wyższych temperaturach
	Dla każdych 15 °C (27 °F) poniżej 70 °C (160 °F)	Wydłuż okres dwukrotnie (maks. dwa razy) ¹⁾	Aby uwzględnić zmniejszone ryzyko starzenia smaru w niższych temperaturach
Kierunek ustawienia wału	Łożyska montowane na wałach pionowych	Skróć okres o połowę	Smar ma skłonność do grawitacyjnego wyciekania
Drgania	Wysoki poziom drgań i obciążenia uderowe	Skróć okres ²⁾	Smar ma skłonność do „opadania” w aplikacjach, gdzie występują drgania, czego skutkiem jest ugniatanie smaru
Wirujący pierścień zewnętrzny	Wirujący pierścień zewnętrzny lub mimośrodowy wał	Oblicz współcz. prędkości A używając D, a nie d_m	W takich warunkach smar ma mniejszą trwałość
Zanieczyszczenia	Silne zanieczyszczenia lub zanieczyszczenia płynne	Skróć okres ^{2) 3)}	Aby ograniczyć szkodliwe skutki działania zanieczyszczeń
Obciążenie	Bardzo wysokie obciążenia tj. $P > 0,15 C$	Skróć okres ²⁾	W takich warunkach smar ma mniejszą trwałość
Wielkość łożyska	Łożyska o średnicy otworu $d > 300$ mm	Skróć okres ²⁾	Są to zwykle krytyczne łożyskowania, które wymagają dokładnych programów wymiany smaru
Łożyska walcowe	Łożyska z koszykiem typu J, JA, JB, MA, MB, ML, MP i PHA ⁴⁾	Skróć okres o połowę	W przypadku koszyków tych konstrukcji wydzielanie oleju jest ograniczone

¹⁾ W przypadku łożysk z pełną liczbą elementów tocznych nie wydłużaj okresu.

²⁾ Skontaktuj się z działem technicznym SKF.

³⁾ W przypadku bardzo silnych zanieczyszczeń rozważ zastosowanie uszczelnionych łożysk SKF lub smarowanie ciągłe.

⁴⁾ W przypadku koszyków typu P, PH, M i MR nie ma potrzeby wprowadzania korekty.

Tabela 9

Sposoby wymiany smaru

Sposób wymiany smaru	Odpowiedni okres	Zalety wymiany smaru t_r	Wady	Wymagania
Dosmarowywanie	$t_r < 6$ miesięcy	Bez zatrzymywania maszyny	Wymagane są kanały smarowe w oprawie łożyskowej Wymaga dużego nakładu pracy Wymagany jest łatwy dostęp do oprawy łożyskowej Duże ryzyko zanieczyszczenia	Oprawy łożyskowe wyposażone w smarowniczkę Smarownica ręczna
Smarowanie ciągłe	Okres t_r jest bardzo krótki	Dośkonale do punktów o trudnym dostępie Małe ryzyko zanieczyszczenia Nie wymaga dużego nakładu pracy Możliwe ciągłe monitorowanie smarowania Bez zatrzymywania maszyny	Wymagana jest dobra tłoczność smaru (zwłaszcza w niskich temperaturach otoczenia)	Smarownice automatyczne lub systemy centralnego smarowania

Dosmarowywanie

Ponieważ tylko smar w łożysku powinien być wymieniony, ilość smaru potrzebna do dosmarowania zależy całkowicie od wielkości łożyska.

Niektóre łożyska są dostarczane z pierścieniem wewnętrznym lub zewnętrznym w wykonaniu ułatwiającym skuteczną wymianę smaru przez środek łożyska (→ **ilustr. 5**). Odpowiednia ilość smaru do dosmarowania wynosi wtedy

$$G_p = 0,002 D B$$

Inne łożyska mogą mieć smar podawany tylko z boku (→ **ilustr. 6**). Odpowiednia ilość smaru do dosmarowania wynosi wtedy

$$G_p = 0,005 D B$$

gdzie

G_p = ilość smaru, którą należy dodać podczas dosmarowywania [g]

D = średnica zewnętrzna łożyska [mm]

B = szerokość całkowita łożyska (w przypadku łożysk wzdłużnych należy przyjąć wysokość całkowitą H) [mm]

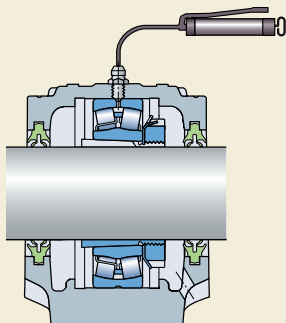
Oprawy łożyskowe z uszczelnieniami stykowymi, tj. uszczelnieniami dwuwargowymi lub czterowargowymi, powinny też mieć wykonany otwór wypływowy smaru, umożliwiający wydostanie się zużytego lub będącego w nadmiarze smaru na zewnątrz. Otwór wypływowy powinien znajdować się po tej samej stronie co nakrętka łożyskowa, czyli po stronie przeciwnej do smarowniczy (→ **ilustr. 7**).

Oprawy z uszczelnieniami bezstykowymi, takimi jak uszczelnienia labiryntowe nie wymagają otworu wypływowego smaru, ponieważ zużyty lub będący w nadmiarze smar jest wyciskany na zewnątrz między szczelinami labiryntu, gdy do łożyska jest podawany świeży smar (→ **ilustr. 8**).

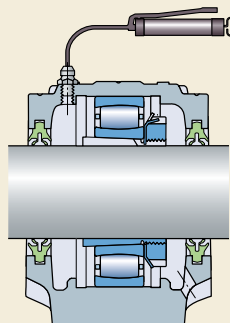
Dosmarowywanie należy przeprowadzać, gdy pogarszanie się jakości środka smarnego jest we wczesnym stadium. W przypadku dosmarowywania smarem plastycznym SKF zaleca:

- 1 Jeżeli do dosmarowywania jest stosowany inny smar niż przy wstępnym wypełnieniu łożyska, sprawdź czy smary są ze sobą zgodne (→ *Kompatybilność smarów*, początek na **stronie 200**).
- 2 Oczyszczyć smarowniczkę.
- 3 Dozuj smar podczas pracy maszyny.
Jeżeli nie jest to możliwe, obracaj wał ręką podczas dosmarowywania.
- 4 Jeżeli stosowane są długie kanały smarowe i występują niskie temperatury otoczenia, sprawdź czy smar jest właściwie wtłaczany do węzła łożyskowego, kontrolując czy nie dochodzi do nadmiernego wydzielania oleju ze smaru w efekcie pompowania.
- 5 Po trzech do pięciu cyklach dosmarowania, jeśli to możliwe, całkowicie wymień zasób smaru (→ *Całkowita wymiana zasobu smaru*, początek na **stronie 198**).

Ilustr. 5



Ilustr. 6



OSTRZEŻENIE: Nie podawaj więcej smaru niż jest to wymagane. Jeżeli smar wydostaje się pod uszczelnieniami stykowymi z powodu przepełnienia oprawy, może to uszkodzić uszczelnienia oraz spowodować nadmierny wzrost temperatury i przedwczesne uszkodzenie łożyska.

Smarowanie ciągłe

Smarowanie ciągłe jest stosowane, na przykład, do aplikacji szybkoobrotowych, gdzie konieczne jest podawanie małych dawek smaru w sposób nieprzerwany. Wykorzystywane jest także w silnie zanieczyszczonych miejscach pracy, gdzie smar ma za zadanie zapobiegać wnikaniu zanieczyszczeń.

Automatyczne systemy smarowania są zaprojektowane do podawania smaru w sposób ciągły lub do dostarczania smaru do punktów, do których dostęp jest trudny lub niebezpieczny, albo do zwiększenia niezawodności smarowania. Główną zaletą smarowania automatycznego jest zapewnienie dokładniejszej kontroli nad procesem smarowania – jaki środek smarny i w jakiej ilości jest dostarczany do każdego punktu smarowego.

Dodatkowo, zostaje zmniejszone ryzyko wprowadzenia zanieczyszczeń związane ze smarowaniem za pomocą smarownic ręcznych.

Ilość smaru potrzebną do smarowania ciągłego można w przybliżeniu obliczyć za pomocą zależności

$$G_k = (0,3 \dots 0,5) D B \times 10^{-4}$$

gdzie

G_k = ilość smaru, która ma być dostarczona w sposób ciągły [g/h]

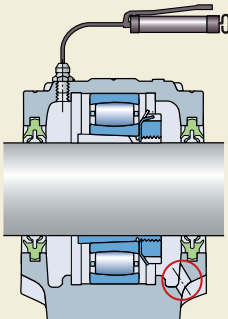
D = średnica zewnętrzna łożyska [mm]

B = szerokość całkowita łożyska (w przypadku łożysk wzdłużnych należy przyjąć wysokość całkowita H) [mm]

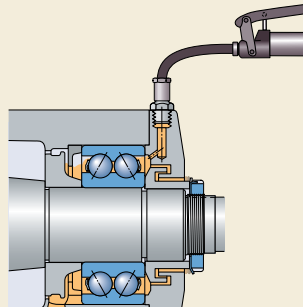
Alternatywnie, obliczoną ilość smaru, którą należy dodać podczas dosmarowywania G_p (→ *Dosmarowywanie*, **strona 196**), można podzielić na okres pracy smaru do wymiany.

SKF produkuje automatyczne smarownice jednopunktowe i wielopunktowe takie jak smarownice SKF SYSTEM 24. Systemy centralnego smarowania stanowią kolejną opcję smarowania automatycznego (→ *Systemy centralnego smarowania*, początek na **stronie 213**).

Ilustr. 7



Ilustr. 8



SKF SYSTEM 24

Smarownice SKF SYSTEM 24 serii LAGD (→ **ilustr. 9**) składają się z przezroczystego pojemnika, wypełnionego określonym środkiem smarnym oraz ogniwa wytwarzającego gaz. Wartości na tarczy do ustawiania czasu wskazują rzeczywisty czas opróżniania smarownicy. Smarownice mogą być tymczasowo unieruchamiane poprzez ustawienie tarczy do ustawiania czasu na wartość zero.

Smarownice SKF SYSTEM 24 serii LAGE (→ **ilustr. 10**) składają się z przezroczystego pojemnika, wypełnionego określonym środkiem smarnym oraz elektromechanicznego systemu napędowego zapewniającego smarowanie. Dostępne są zestawy uzupełniające z zespołem baterii. Szybkość dozowania środka smarnego jest niezależna od temperatury.

Smarownice obu serii mają maksymalne ciśnienie robocze 5 bar i gwint przyłączeniowy G 1/4. Dodatkowe dane techniczne są zamieszczone w **tabeli 10**.

OSTRZEŻENIE: Sprawdź, czy nowa smarownica zawiera taki sam smar jak smarownica wymieniana. Jeżeli smary są różne, sprawdź ich kompatybilność.

PRZESTROGA

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia poważnych urazów, przed przystąpieniem do jakichkolwiek działań należy przeprowadzić wszystkie wymagane procedury lockout/tagout (założenie blokad zabezpieczających i umieszczenie przywieszek ostrzegawczych).

Całkowita wymiana zasobu smaru

Całkowita wymiana zasobu smaru jest procesem polegający na zatrzymaniu maszyny, usunięciu smaru znajdującego się w węźle łożyskowym i zastąpieniu go nowym smarem. Wypełnienie węzła łożyskowego świeżym smarem jest na ogół zalecane po kilkukrotnym dosmarowaniu lub gdy okres wymiany smaru jest dłuższy niż sześć miesięcy.

Przy całkowitej wymianie zasobu smaru w łożyskowaniu z oprawą dzieloną, SKF zaleca:

- 1 Oczyszczyć miejsce pracy.
- 2 Otworzyć oprawę.
- 3 Usunąć całkowicie zużyty smar z oprawy i oczyścić wnętrze oprawy rozpuszczalnikiem.
- 4 Oczyszczyć łożysko rozpuszczalnikiem i pozostawić do wyschnięcia. Pozostałości rozpuszczalnika wyparują.
- 5 Wypełnij smarem wolną przestrzeń między elementami tocznymi i koszykiem od dostępnej strony, używając dozownika smaru.

Ilustr. 9



Ilustr. 10



- 6 Wypełnij oprawę smarem w 30 do 50% (typowa ilość w normalnych zastosowaniach).
- 7 Załóż pokrywę górną oprawy na miejsce.
- 8 Dokonaj rozruchu łożyska.

Kiedy dostęp do opraw jest utrudniony, ale są one wyposażone w smarowniczkę i mają otwory wypływowe smaru, SKF zaleca:

OSTRZEŻENIE: Jeżeli nowy smar jest inny niż smar stosowany dotychczas, sprawdź ich kompatybilność (→ *Kompatybilność smarów*, początek na **stronie 200**).

- 1 Upewnij się, że otwór wypływowy smaru jest otwarty.
- 2 Oczyszcz smarowniczkę.
- 3 Wprowadzaj równomiernie (niezbyt szybko) nowy smar przez smarowniczkę, gdy maszyna pracuje.
- 4 Zbieraj do zbiornika stary smar usuwany z węzła łożyskowego przez otwór wypływowy smaru.
- 5 Kontynuuj podawanie świeżego smaru do momentu, aż zaczniesz się on wydobywać z otworu wypływowego smaru.

OSTRZEŻENIE: Jeżeli zostanie dodana zbyt duża ilość smaru lub smar zostanie wprowadzony zbyt szybko, bez możliwości jego wydostania się z oprawy, dojdzie do ugniatania smaru i znacznego wzrostu temperatury pracy.

Tabela 10

Smarownice SKF SYSTEM 24

Właściwość	Smarownica LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Zawartość środka smarnego	60 ml	125 ml	122 ml	250 ml
Nominalny czas opróżniania	1 do 12 miesięcy (regulowany)	1 do 12 miesięcy (regulowany)	1, 3, 6, 9 lub 12 miesięcy (regulowany)	1, 3, 6, 9 lub 12 miesięcy (regulowany)
Zakres temperatury otoczenia	-20 do +60 °C (-5 do +140 °F)	-20 do +60 °C (-5 do +140 °F)	0 do +55 °C (30 do 130 °F)	0 do +55 °C (30 do 130 °F)
Oznaczenie wypełnionych smarownic	LAGD 60/ śr. smarny	LAGD 125/ śr. smarny	LAGE 125/ śr. smarny	LAGE 250/ śr. smarny
Odpowiednie smary SKF	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Odpowiednie oleje SKF do łańcuchów ¹⁾	–	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

¹⁾ W celu uzyskania dodatkowych informacji o olejach SKF do łańcuchów skorzystaj z **tablicy 16** na **stronie 209**.

Kompatybilność smarów plastycznych

Przed zmianą z jednego rodzaju smaru na inny, sprawdź, czy te smary są ze sobą zgodne. Także, ponieważ smar w węźle łożyskowym styka się z całym łożyskiem, powinien on być kompatybilny ze wszystkimi materiałami łożyska oraz środkami stosowanymi do zabezpieczania łożysk lub pokryciami łożysk.

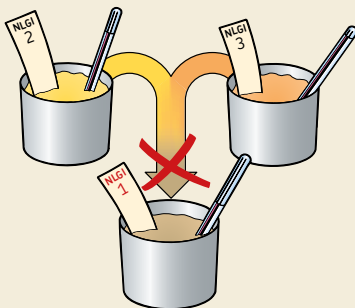
Zgodność między smarami plastycznymi

Smary plastyczne z takim samym zagęszczaczem i podobnymi olejami bazowymi mogą na ogół być mieszane bez problemów. Jednak, jeśli dwa niekompatybilne smary zostaną zmieszane, powstanie mieszanina, która ma zwykle mniejszą konsystencję (→ **ilustr. 11**) i może to spowodować przedwczesne uszkodzenie łożyska, gdy smar wycieknie z łożyska. Mieszanina ma także niższą maksymalną temperaturę roboczą, a film olejowy (podczas pracy) ma niższą nośność niż film wytworzony przez każdy ze smarów osobno.

OSTRZEŻENIE: Na ogół dobrą zasadą jest unikanie mieszania smarów plastycznych. Jeżeli nie jest znany rodzaj smaru zastosowanego oryginalnie, najpierw całkowicie usuń stary smar, a potem nałóż nowy smar (→ *Całkowita wymiana zasobu smaru*, początek na **stronie 198**).

Aby stwierdzić, czy dwa smary są ze sobą zgodne, porównaj oleje bazowe (→ **tabela 11**) i zagęszczacze (→ **tabela 12**).

Ilustr. 11



PRZESTROGA

SKF LGET 2, smar fluorowy, nie jest kompatybilny z innymi smarami plastycznymi, olejami i środkami zabezpieczającymi. Dlatego, bardzo dokładne umycie łożysk i wyczyszczenie instalacji jest istotne przed nałożeniem świeżego smaru.

Tabela 11

Zgodność olejów bazowych

	Mineralny/ PAO	Estrowy	Poliglikolowy	Silikonowy: metylowy	Silikonowy: fenylowy	Polieteru fenylowego	PFPE
Mineralny/PAO	+	+	-	-	+	0	-
Estrowy	+	+	+	-	+	0	-
Poliglikolowy	-	+	+	-	-	-	-
Silikonowy: metylowy	-	-	-	+	+	-	-
Silikonowy: fenylowy	+	+	-	+	+	+	-
Polieteru fenylowego	0	0	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

+ = Zgodne 0 = Wymagane badania - = Brak zgodności

Tabela 12

Zgodność zagęszczaczy

	Lit	Wapń	Sód	Kompleks litu	Kompleks wapnia	Kompleks sodu	Kompleks baru	Kompleks aluminium	Gлина	Zwyczajny polimocznik ¹⁾	Kompleks sulfonianu wapnia
Lit	+	0	-	+	-	0	0	-	0	0	+
Wapń	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	+
Sód	-	0	+	0	0	+	+	-	0	0	-
Kompleks litu	+	+	0	+	+	0	0	+	-	-	+
Kompleks wapnia	-	-	0	+	+	0	-	0	0	+	+
Kompleks sodu	0	0	+	0	0	+	+	-	-	0	0
Kompleks baru	0	0	+	0	-	+	+	+	0	0	0
Kompleks aluminium	-	-	-	+	0	-	+	+	-	0	-
Gлина	0	0	0	-	0	-	0	-	+	0	-
Zwyczajny polimocznik ¹⁾	0	0	0	-	+	0	0	0	0	+	+
Kompleks sulfonianu wapnia	+	+	-	+	+	0	0	-	-	+	+

+ = Zgodne 0 = Wymagane badania - = Brak zgodności

¹⁾ Smar SKF LGHP 2 pozytywnie przeszedł testy zgodności ze smarami z zagęszczaczem litowym i kompleksu litu.

Objawy braku zgodności smarów plastycznych

Następujące objawy, zaobserwowane podczas pracy, świadczą o braku zgodności smarów:

- wyciek smaru
- twardnienie smaru
- zmiana koloru smaru
- wzrost temperatury pracy

Szybki test zgodności

Szybki test, bazujący na zgodności zagęszczaczy (stabilność mechaniczna) i zgodności olejów bazowych (zwilżanie powierzchni) może zostać przeprowadzony w następujący sposób:

- 1 Włóż jednakową ilość smaru każdego rodzaju do zbiornika.
- 2 Wymieszaj smary.
- 3 Przelej mieszaninę do innego zbiornika.

Jeżeli mieszanina twardnieje lub staje się bardziej miękka i wylewa się łatwiej ze zbiornika niż każdy z oryginalnych smarów, smary są prawdopodobnie niekompatybilne.

OSTRZEŻENIE: Ten szybki test zgodności to jedynie wskazówka! SKF zaleca przeprowadzenie testów laboratoryjnych w celu określenia kompatybilności smarów.

Zgodność między smarami plastycznymi a materiałami łożysk

Smary łożyskowe SKF są zgodne z większością materiałów stosowanych na łożyska toczne. Jednakże należy pamiętać, że:

- Smar zawierający dodatki EP może wchodzić w niekorzystne reakcje z koszykami z poliamidu 66 w temperaturach powyżej 100 °C (210 °F).
- Smar zawierający dodatki EP na bazie siarki może atakować koszyki mosiężne w temperaturach powyżej 100 °C (210 °F).
- Smar plastyczny z estrowym olejem bazowym nie jest kompatybilny z uszczelnieniami z kauczuku akrylowego (ACM).

Zgodność między smarami plastycznymi a środkami stosowanymi do zabezpieczania łożysk SKF

Łożyska SKF są pokrywane środkiem zabezpieczającym na bazie ropy naftowej, który jest kompatybilny z większością smarów łożyskowych. Jednakże ten środek ochronny nie jest zgodny ze smarami z fluorowym syntetycznym olejem bazowym z zagęszczaczem PTFE, takimi jak smar SKF LGET 2. W przypadku takich smarów należy dokładnie umyć i wysuszyć łożyska przed nałożeniem smaru.

Aby usunąć środek zabezpieczający z łożyska, noś rękawiczki odporne na działanie smaru i używaj odpowiedniego detergentu. Detergent szybko wyparowuje, a smar powinien być nałożony zaraz potem, aby zabezpieczyć powierzchnie przed rdzewieniem.

Produkty SKF do smarowania smarem plastycznym

SKF oferuje szeroki asortyment smarów łożyskowych i sprzętu do smarowania, spełniających wymagania większości zastosowań (→ **Dodatek L**, początek na **stronie 420**). Więcej szczegółów na temat smarów łożyskowych SKF oraz poradnik doboru smarów znajduje się w **Dodatku M**, początek na **stronie 423**. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com i www.skf.com/lubrication.

Smarowanie olejowe

Co się znajduje w oleju?

Olej smarny składa się z oleju bazowego zmieszanego z dodatkami.

Olej bazowy

Olej bazowy stanowi około 95% oleju smarnego i może być zaklasyfikowany do jednej z trzech grup:

- mineralny
- syntetyczny
- naturalny

Mineralne oleje bazowe są produktami rafinacji ropy naftowej. Głównie te oleje są stosowane do smarowania łożysk tocznych.

Syntetyczne oleje bazowe są brane pod uwagę w przypadku smarowania łożysk pracujących w specjalnych warunkach, np. w bardzo niskich lub bardzo wysokich temperaturach. Termin „olej syntetyczny” obejmuje szeroki zakres olejów, z różnymi składnikami bazowymi, w tym. polialfaolefiny (PAO), glikole polialkilenowe (PAG) i estry.

Naturalne oleje bazowe, to jest oleje zwierzęce i roślinne, nie są zwykle stosowane do łożysk tocznych, ponieważ istnieje ryzyko pogorszenia ich jakości i powstawania kwasów po krótkim czasie.

Dodatki

Substancje chemiczne, znane jako dodatki, są dodawane do olejów bazowych w celu uzyskania lub wzmocnienia pewnych właściwości eksploatacyjnych. Dodatki są często grupowane zgodnie z ich funkcją, np. dodatki polepszające osiągi robocze, chroniące środek smarny lub zabezpieczające powierzchnię.

Niektóre z najpowszechniej stosowanych dodatków są wymienione w **tabeli 13**.

Lepkość oleju

Najważniejszą właściwością oleju smarnego jest lepkość. Lepkość jest miarą oporu przepływu cieczy i jest zależna od temperatury i nacisków. Lepkość spada ze wzrostem temperatury i rośnie, gdy temperatura staje się niższa. Olej o wysokiej lepkości płynie z większym trudem niż olej rzadszy, o mniejszej lepkości.

Lepkość oleju jest zazwyczaj określana w znormalizowanej w skali międzynarodowej temperaturze odniesienia, to jest w 40 °C (105 °F).

Tabela 13

Dodatki do olejów smarnych

Dodatek	Działanie
Przeciwrdzewny	Poprawia ochronę powierzchni łożyska, jaką daje olej (rozpuszczalny w wodzie lub w oleju)
Przeciwutnieniąjący	Opóźnia rozkład oleju bazowego w wysokich temperaturach, wydłużając trwałość środka smarnego
Przeciwpienny	Przeciwdziała powstawaniu pęcherzyków
Na bardzo wysokie naciski (EP)	Redukuje szkodliwe skutki styku metal-metal
Przeciwzużyciowy (AW)	Zapobiega stykowi metal-metal
Dodatek stały	Zapewnia smarowanie, gdy olej bazowy staje się nieskuteczny

Wskaźnik lepkości (VI)

Zależność lepkości od temperatury dla danego oleju jest określana przez wskaźnik lepkości (VI). Jeżeli olej ma wysoki wskaźnik lepkości, oznacza to, że zachodzi minimalna zmiana w lepkości oleju przy zmianie temperatury. Z kolei olej, którego lepkość mocno zależy od temperatury, ma niski wskaźnik lepkości. Do smarowania łożysk tocznych SKF zaleca stosowanie olejów o wskaźniku lepkości równym przynajmniej 95.

Klasa lepkości ISO (VG)

ISO ustanowiło normę dotyczącą lepkości oleju, znaną jako klasa lepkości ISO (VG). Jest to po prostu średnia lepkość oleju w temperaturze 40 °C (105 °F). Na przykład, olej ISO VG 68 ma średnią wartość lepkości wynoszącą 68 mm²/s w temperaturze 40 °C (105 °F) (68 cSt).

Minimalne i maksymalne lepkości dla każdej klasy lepkości ISO są przedstawione w **Dodatku I-2, na stronie 415**. Porównanie różnych metod klasyfikacji lepkości znajduje się w **Dodatku I-1, na stronie 414**.

UWAGA: Lepkość jest określana w mm²/s lub cSt (jednostki są sobie równe).

Jak dobrać odpowiedni olej

Standardowe oleje mineralne zapewniają odpowiednie smarowanie w większości aplikacji, gdzie występuje smarowanie olejowe. Oleje syntetyczne należy wybierać, jeżeli jest to uzasadnione, gdyż zwykle są one o wiele droższe.

Przy doborze oleju najlepiej wziąć pod uwagę wszystkie istotne czynniki. Zawsze zbierz najpierw stosowne informacje, zanim rozpoczniesz proces doboru:

- zastosowanie
- rodzaj łożyska i jego wymiary główne
- obciążenie łożyska
- temperatura pracy i temperatura otoczenia
- prędkość obrotowa
- kierunek ustawienia wału
- wpływy zewnętrzne, np. drgania, oscylacje
- szczegóły odnośnie zanieczyszczeń

OSTRZEŻENIE: Uważaj, aby nie zastąpić stosowanego oleju olejem innego producenta. Oleje mogą nie być identyczne lub kompatybilne.

Proces doboru oleju

Dobór oleju składa się z trzech etapów. Podsumowanie procesu doboru oleju jest przedstawione poniżej.

1 Wybierz lepkość oleju

Olej jest dobierany na podstawie lepkości wymaganej do zapewnienia właściwego smarowania w dominujących podczas pracy warunkach.

UWAGA: Niska lepkość oznacza małe tarcie, ale cienki film olejowy. Wysoka lepkość oznacza gruby film olejowy, ale duże tarcie. Stan filmu olejowego musi być odpowiednio zrównoważony!

W celu zapewnienia odpowiedniego filmu smarnego między stykającymi się powierzchniami w łożysku, olej musi zachować pewną minimalną lepkość w „normalnej temperaturze pracy”. Minimalną lepkość kinematyczną v_1 wymaganą w danej temperaturze roboczej do zapewnienia odpowiedniego smarowania można określić na podstawie średniej średnicy łożyska d_m i prędkości obrotowej n (→ **wykreś 2**). Skuteczność określonego środka smarnego jest określana poprzez stosunek lepkości k , który jest stosunkiem rzeczywistej lepkości roboczej v i minimalnej lepkości kinematycznej v_1 . Odpowiednie proporcje lepkości mają zazwyczaj wartość między 1 a 4.

Minimalna lepkość kinematyczna jest lepkością wymaganą „w normalnej temperaturze pracy”. Odpowiadającą jej lepkość w znormalizowanej

w skali międzynarodowej temperaturze odniesienia $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($105\text{ }^{\circ}\text{F}$) można potem wyznaczyć (→ **wykreś 3, strona 206**) lub obliczyć.

Na podstawie tej informacji można wybrać minimalną klasę lepkości ISO VG.

Aby określić minimalną klasę lepkości ISO VG, postępuj zgodnie z następującymi krokami:

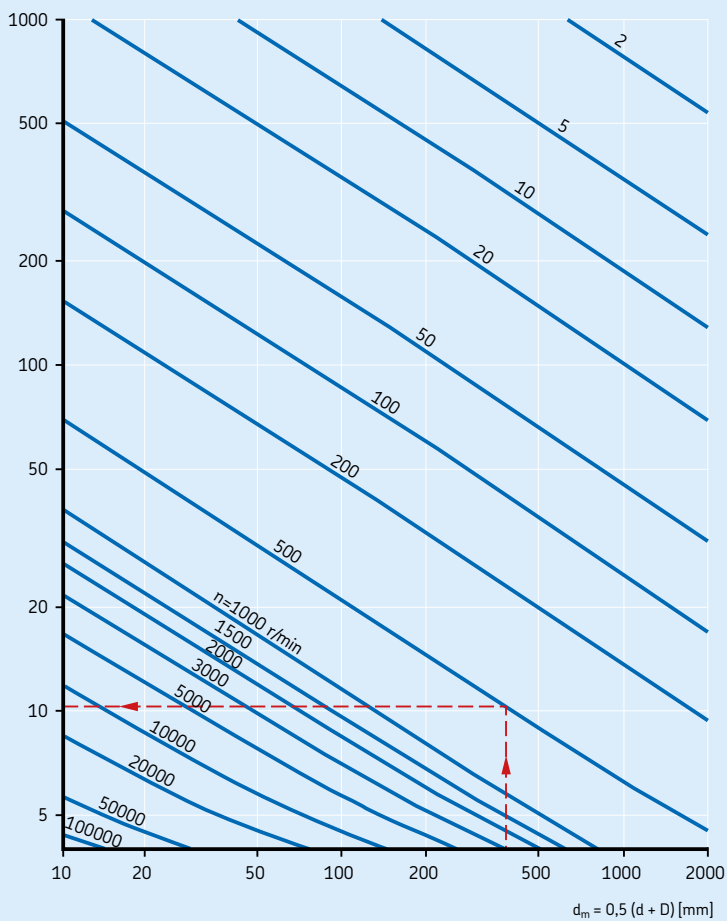
UWAGA: Przy określaniu temperatury roboczej łożyska pamiętaj, że temperatura oleju jest zwykle 3 do $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5 do $20\text{ }^{\circ}\text{F}$) wyższa, niż temperatura oprawy łożyskowej.

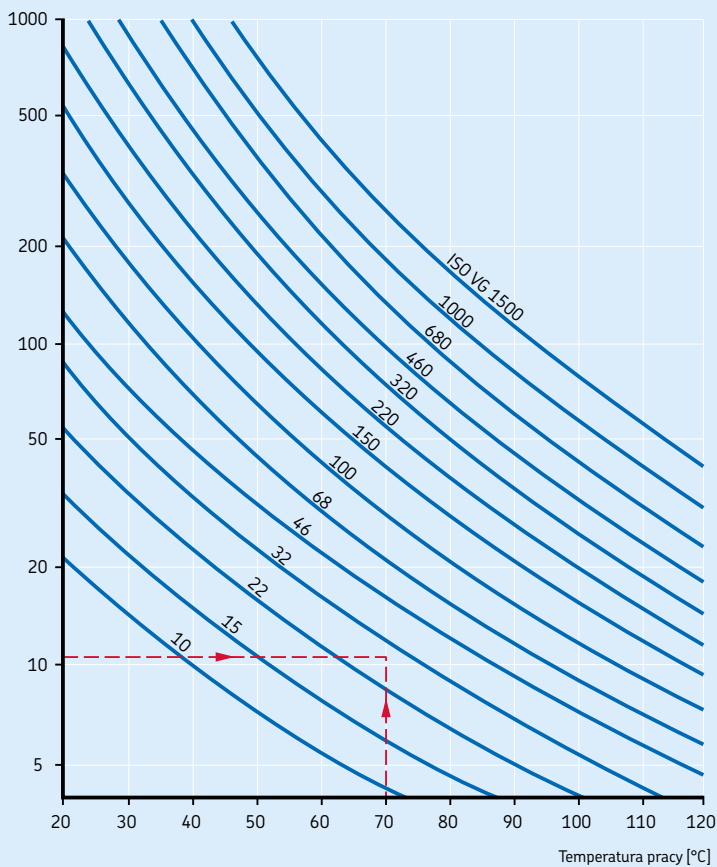
- 1 Określ średnią średnicę łożyska d_m , prędkość obrotową n oraz spodziewaną temperaturę roboczą łożyska T .
- 2 Używając **wykreśu 2**, znajdź punkt, w którym przecinają się średnia średnica łożyska i prędkość obrotowa.
- 3 Z punktu przecięcia poprowadź linię poziomą do osi pionowej wykresu, aby wyznaczyć minimalną lepkość kinematyczną v_1 w temperaturze pracy.
- 4 Używając **wykreśu 3, strona 206**, znajdź punkt, w którym minimalna lepkość kinematyczna v_1 w temperaturze pracy, wyznaczona w poprzednim kroku, przecina pionową linię spodziewanej temperatury roboczej łożyska.
- 5 Znajdź pierwszą ukośną krzywą po prawej stronie tego punktu. Jest to minimalna klasa lepkości ISO VG, jaką można wybrać.

Jeżeli zostanie wybrany środek smarny o lepkości większej niż wymagana, można oczekiwać poprawy pracy łożyska. Jednakże, ponieważ zwiększona lepkość podnosi temperaturę roboczą łożyska, należy wybrać rozwiązanie kompromisowe.

Przykład

Łożyisko o średnicy otworu $d = 340\text{ mm}$ i średnicy zewnętrznej $D = 420\text{ mm}$ ma pracować z prędkością $n = 500\text{ obr/min}$. Stąd $d_m = 0,5(d + D) = 380\text{ mm}$. Z **wykreśu 2**, minimalna lepkość kinematyczna v_1 wymagana do zapewnienia odpowiedniego smarowania w danej temperaturze pracy wynosi około $11\text{ mm}^2/\text{s}$. Z **wykreśu 3, strona 206**, zakładając, że temperatura pracy łożyska wynosi $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($160\text{ }^{\circ}\text{F}$), odczytujemy, że wymagany będzie olej o klasie lepkości ISO VG 32 tj. o lepkości kinematycznej wynoszącej co najmniej $32\text{ mm}^2/\text{s}$ w temperaturze odniesienia $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($105\text{ }^{\circ}\text{F}$).

Wyznaczanie minimalnej wymaganej lepkości kinematycznej ν_1 w temperaturze pracyLepkość wymagana ν_1 w temperaturze pracy [mm^2/s]

Wyznaczanie lepkości kinematycznej ν w temperaturze odniesienia (klasyfikacja ISO VG)Lepkość wymagana ν_1 w temperaturze pracy [mm²/s]

2 Sprawdź konieczność stosowania dodatków przeciwzużyciowych i dodatków na bardzo wysokie naciski

Dodatki przeciwzużyciowe (AW) i dodatki na bardzo wysokie naciski (EP) są wymagane w przypadku łożysk pracujących z bardzo małą prędkością obrotową pod działaniem wysokich obciążeń. Te dodatki są także korzystne, gdy występują obciążenia udarowe, ruchy oscylacyjne lub częste włączenia i wyłączenia maszyny.

OSTRZEŻENIE: Niektóre dodatki EP mogą mieć szkodliwy wpływ na materiały łożysk i mogą znacznie skrócić trwałość eksploatacyjną łożyska, zwłaszcza w temperaturach ponad 80 °C (175 °F). Sprawdź to u producenta środka smarnego.

3 Oceń wymagania dodatkowe

Jeżeli występują specjalne warunki pracy, to własności oleju powinny być do nich dostosowane. Kiedy łożyska mają na przykład pracować w szerokim zakresie temperatury, należy wybrać olej o jak najmniejszej zmienności lepkości przy wahaniami temperatury, tj. olej o wysokim wskaźniku lepkości.

Dodatkowe narzędzia do doboru oleju

Program SKF LubeSelect może być także wykorzystany do wyboru rodzaju i lepkości oleju. Inny program SKF, LuBase, zawiera szczegółowe informacje o ponad 2000 środkach smarnych dostarczanych przez ponad 100 dostawców. Oba programy są dostępne w trybie online na stronie www.aptitudexchange.com. Obliczenia minimalnych lepkości oleju można także przeprowadzić używając programu w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF* dostępnym w trybie online na stronie www.skf.com.

Te dodatkowe narzędzia do doboru oleju bazują na uogólnionym procesie doboru i powinny być stosowane jedynie jako wytyczne.

Systemy smarowania olejowego

Rodzaje systemów smarowania olejowego

Wybór metody smarowania olejowego zależy od aplikacji, warunków pracy i kierunku ustawienia wału. Konstrukcja wybranego na tej podstawie systemu smarowania powinna zostać dokładnie przemyślana. Na przykład, ponieważ oleje są cieczami, muszą zostać zapewnione odpowiednie uszczelnienia, aby uniknąć wycieków.

Zrozumienie budowy i działania systemu smarowania jest korzystne przy obsłudze konserwacyjnej (→ **tabela 14, strona 208**).

Smarowanie mgłą olejową, które jest stosowane w specjalistycznych aplikacjach, nie jest ujęte w tabeli.

Obsługa konserwacyjna systemów smarowania olejowego

Obsługa konserwacyjna systemu smarowania olejowego wymaga dokładnego i systematycznego podejścia. Oprócz wytycznych przedstawionych poniżej, SKF zaleca regularne pobieranie próbek oleju i badanie trendu zmian wyników analiz.

- W przypadku instalowania nowych systemów smarowania olejowego upewnij się, że zbiornik olejowy, komora olejowa lub rynienka olejowa są wypełnione olejem, aby uniknąć pracy łożysk bez smarowania w momencie rozruchu.
- Przy uruchamianiu maszyny po długim okresie postoju, w której stosowana jest metoda smarowania z wykorzystaniem pierścienia rozprowadzającego olej upewnij się, że komora olejowa jest wypełniona olejem.
- Kontroluj olej w regularnych odstępach czasu pod względem zanieczyszczeń, utleniania lub pienienia. Ale pamiętaj, że najmniejsza wielkość cząstki dostępalnej ludzkim okiem wynosi 40 µm.
- W przypadku systemu smarowania olejowo-powietrznego, sprawdź ciśnienie powietrza na otworze wejściowym. Powinno ono wynosić około 6 bar.

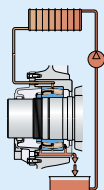
PRZESTROGA

Maszyny, z których wycieka olej, są niebezpieczne i stanowią zagrożenie pożarowe. Znajdź źródło wycieku i usuń usterkę natychmiast!

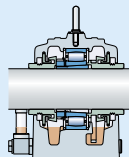
Systemy smarowania olejowego



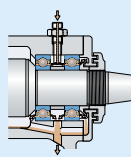
Kąpiel olejowa



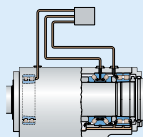
Wymuszony obieg oleju



Pierścień rozprowadzający olej



Wtrysk oleju



Smarowanie olejowo-powietrzne

Opis	Olej, który jest zabierany przez obracające się elementy łożyska, zostaje rozprowadzony w łożysku, a następnie spływa z powrotem do komory olejowej.	Olej jest pompowany do miejsca nad łożyskiem, przepływa przez łożysko i zbiera się w zbiorniku. Olej jest filtrowany i ewentualnie chłodzony przed doprowadzeniem go do łożyska.	Pierścień rozprowadzający olej, wiszący luźno na tulei dystansowej, zanurza się w komorze olejowej i transportuje olej do rynienki olejowej. Olej przepływa przez łożysko z powrotem do komory olejowej.	Strumień oleju pod wysokim ciśnieniem jest wtryskiwany z boku do każdego łożyska.	Odmierzone ilości oleju kierowane są do każdego łożyska za pomocą sprężonego powietrza. Olej, dostarczany w określonych odstępach czasu, pokrywa wewnętrzną powierzchnię przewodów zasilających i „pełźnie” w kierunku dysz, przez które jest podawany do łożysk.
Odpowiednie warunki pracy	Niskie i średnie prędkości	Wysokie prędkości	Wysokie prędkości Wysokie temperatury pracy	Bardzo wysokie prędkości	Ekstremalnie wysokie prędkości Niskie temperatury pracy
Zalety/wady	Prosty Oszczędny	Wymagane są pompa, filtry i system chłodzenia	Odpowiedni jedynie do wałów poziomych	Potrzebna jest stosunkowo mała ilość oleju	Oszczędny Pomaga odrzucać zanieczyszczenia
Zalecenia konstrukcyjne	Zamontuj wziernik do przeprowadzania kontroli wzrokowej.	Wykonaj odpowiednie kanały odprowadzające – należy unikać kanałów poziomych. Upewnij się, że otwór wylotowy jest większy niż wlotowy. Zastosuj skuteczne uszczelnienia.	Zamontuj wziernik do przeprowadzania kontroli wzrokowej. Zastosuj skuteczne uszczelnienia.	Upewnij się, że prędkość strumienia oleju wynosi przynajmniej 15 m/s. Wykonaj odpowiednie kanały odprowadzające – należy unikać kanałów poziomych.	Dysze olejowe muszą być ustawione właściwie. Mogą być stosowane przewody zasilające o długości do 10 m. Zalecane jest stosowanie filtra.

Okresy wymiany oleju

Częstotliwość wymiany oleju zależy głównie od systemu smarowania olejowego, warunków pracy i ilości używanego oleju. Dla wszystkich metod smarowania zalecana jest analiza oleju, jako pomoc przy ustaleniu prawidłowego harmonogramu wymiany oleju.

Wytyczne odnośnie okresów wymiany oleju są podane w **tabeli 15**. Na ogół, im cięższe warunki pracy, tym częściej olej powinien być analizowany i wymieniany.

UWAGA: Nie zapomnij o regularnej wymianie wkładów filtracyjnych.

Oleje do łańcuchów

Smarowanie łańcuchów wymaga wytworzenia odpowiedniego filmu smarnego, zwłaszcza na wewnętrznych elementach łańcucha. Bez właściwego smarowania może dojść do przyspieszonego zużycia koła łańcuchowego i wydłużenia łańcucha.

SKF produkuje smarownice do łańcuchów (→ **ilustr. 12**) wypełnione trzema różnymi olejami łańcuchowymi (→ **tabela 16**).

Ilustr. 12



Tabela 16

Zakres olejów SKF do łańcuchów

Właściwość	Oznaczenie LHMT 68	LHHT 265	LHFP 150
Opis	Do średnich temperatur	Do wysokich temperatur	Do stosowania w przemyśle spożywczym
Typ oleju bazowego	Mineralny	Syntetyczny estrowy	Syntetyczny estrowy
Lepkość / Klasa lepkości	ISO VG 68	265 mm ² /s	ISO VG 150
Temperatura pracy	-15 do +90 °C (5 do 195 °F)	do 250 °C (480 °F)	-30 do +120 °C (-20 do +250 °F)

Tabela 15

Okresy wymiany oleju

System smarowania olejowego	Typowe warunki pracy	Przybliżony okres pracy oleju do wymiany ¹⁾
Kapień olejowa lub pierścień rozprowadzający olej	Temperatura pracy < 50 °C (120 °F) Niskie ryzyko zanieczyszczenia	12 miesięcy
	Temperatura pracy 50 do 100 °C (120 do 210 °F) Umiarkowane zanieczyszczenie	3 do 12 miesięcy
	Temperatura pracy > 100 °C (210 °F) Zanieczyszczone otoczenie	3 miesiące
Wymuszony obieg oleju lub wtrysk oleju	Wszystkie	Ustalony na podstawie przebiegów próbnych i regularnego badania stanu oleju. Zależy od częstotliwości, z jaką krąży cała objętość oleju i od tego, czy olej jest chłodzony czy nie.

¹⁾ Potrzebne są częstsze wymiany oleju, jeżeli warunki pracy są bardziej wymagające.

Kompatybilność olejów

Przed zmianą z jednego rodzaju oleju na inny lub przed wymieszaniem dwóch różnych olejów, sprawdź czy są one ze sobą zgodne.

Jeśli zostaną zmieszane niekompatybilne oleje, może dojść do niekorzystnej reakcji chemicznej między olejami bazowymi. Sprawdź zgodność olejów bazowych **tabeli 11 na stronie 201**.

Łożyska SKF są pokrywane środkiem zabezpieczającymi na bazie ropy naftowej, który jest kompatybilny z większością olejów łożyskowych.

OSTRZEŻENIE: Pamiętaj, że jeśli nawet oleje bazowe są kompatybilne, dodatki ze starego oleju mogą zmieniać działanie dodatków w nowym oleju. W celu uzyskania dodatkowych informacji skontaktuj się z producentem środka smarnego.

Analiza oleju

Analiza oleju jest istotnym czynnikiem procesu obsługi smarowania. Próbkę powinny być pobierane w regularnych odstępach czasu i dokładnie analizowane możliwie jak najszybciej od momentu ich zebrania. Badanie trendu zmian jest także ważne w strategii prognozowanego utrzymania ruchu.

Oprócz analizowania olejów używanych, SKF zaleca badanie olejów nowych. Często w beczkach z nowym olejem znajduje się wiele zanieczyszczeń, będących efektem transportu i zmian środowiska, jakie występują w drodze od producenta do odbiorcy.

UWAGA: Pamiętaj, że nowy olej wywiera wpływ na badanie trendu zmian!

Pobieranie próbek oleju

Próbka oleju powinna być reprezentatywna dla prawdziwego stanu oleju. SKF zaleca stosowanie się do poniższych wytycznych przy pobieraniu próbek oleju:

- 1 Używaj małych, czystych pojemników, które mogą być szczelnie zamknięte.
- 2 Pobieraj próbki po stronie ciśnieniowej systemu z wymuszonym obiegiem oleju. Można to zrobić przez zwykły zawór kulowy.

3 Pobieraj próbki z systemów bezciśnieniowych, np. kąpieli olejowych przez otwór wylotowy, pozwalając, aby najpierw ściekło trochę oleju.

4 Szczelnie zamknij pojemnik natychmiast po pobraniu próbki, aby uniknąć wniknięcia zanieczyszczeń.

Próbki oleju są zazwyczaj analizowane w celu określenia:

- lepkości
- stopnia utlenienia
- stężenia cząstek pochodzących ze zużycia
- zawartości wody
- utraty dodatków

Lepkość oleju powinna zazwyczaj być w granicach 10% odchyłki od wartości podstawowej. Stężenie cząstek pochodzących ze zużycia i zawartość wody są mierzone w częściach na milion (ppm). Zawartość wody powinna być < 200 ppm.

Test gorącej płytki

Test gorącej płytki jest prostym sposobem na wykrycie obecności wolnej wody w próbce oleju:

- 1 Podgrzej płytę grzewczą do około 130 °C (265 °F).
- 2 Potrząśnij energicznie próbką oleju.
- 3 Umieść kroplę oleju w środku płyty grzewczej.

Jeśli w oleju jest woda, pojawiają się pęcherzyki pary. Jeżeli słychać trzaski, zawartość wody prawdopodobnie przekracza 2 000 ppm.

UWAGA: To badanie nie wykrywa wody rozpuszczonej w oleju i powinno być stosowane jedynie jako wskazówka. SKF zaleca wysyłanie próbek do badań laboratoryjnych.

Zanieczyszczenia i filtrowanie

Zanieczyszczenia, którymi są niepożądane substancje negatywnie wpływające na działanie środka smarnego, mogą mieć stan stały, ciekły lub gazowy. Przyczyną wystąpienia zanieczyszczenia może być nieskuteczne uszczelnienie aplikacji lub systemu smarowania, niewystarczająco lub źle działający system filtracyjny, zanieczyszczone punkty napełniania lub cząstki pochodzące ze zużycia generowane w aplikacji.

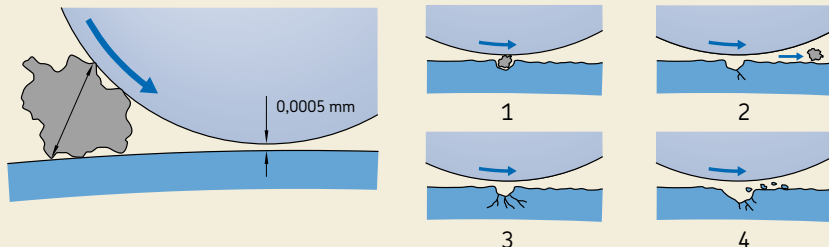
Zanieczyszczenia stałe

Zanieczyszczenia stałe albo powstają w aplikacji jako rezultat zużycia lub uszkodzenia, albo mogą wnikać do aplikacji przez niezabezpieczony otwór wejściowy, nieskuteczny lub wadliwy system uszczelniający, albo, co jest najbardziej prawdopodobne, w wyniku złych sposobów wymiany środka smarnego.

Wniknięcie zanieczyszczeń stałych do środka łożyska (→ **ilustr. 13**) spowoduje wgniecenia w bieżniach w wyniku przetaczania się elementów tocznych po cząstkach zanieczyszczeń (1). Z powodu odkształceń plastycznych wokół wgniecenia utworzą się wypukłe krawędzie (2). Jeśli elementy toczne będą się dalej przetaczać po wypukłych krawędziach a smarowanie jest niewystarczające, dojdzie do uszkodzenia zmęczeniowego (3). Kiedy zmęczenie materiału osiągnie określony poziom, rozpocznie się przedwczesne łuszczenie przy końcu wgniecenia (4).

UWAGA: Czystość środka smarnego i uważne postępowanie z łożyskami przy montażu są istotnymi czynnikami w zapobieganiu powstawania wgnieceń. Pamiętaj, że nawet małe kawałki papieru lub nitki ze szmaty bawełnianej mogą być szkodliwe dla łożyska.

Ilustr. 13



Standardowa metoda klasyfikowania poziomu zanieczyszczenia w systemie smarowania jest opisana w normie ISO 4406:1999. W tym systemie klasyfikacji, wynik zliczenia stałych cząstek zanieczyszczeń jest przekształcany na kod przy użyciu numeru na skali (→ **tabela 17**). Istnieją dwie metody sprawdzania poziomu zanieczyszczenia:

- Metoda zliczania pod mikroskopem. W tej metodzie używane są dwa numery na skali, odnoszące się do ilości cząstek o wielkości $\geq 5 \mu\text{m}$ oraz $\geq 15 \mu\text{m}$.
- Automatyczna metoda zliczania cząstek. W tej metodzie używane są trzy numery na skali, odnoszące się do ilości cząstek o wielkości $\geq 4 \mu\text{m}$, $\geq 6 \mu\text{m}$ oraz $\geq 14 \mu\text{m}$.

Przy stosowaniu automatycznej metody zliczania cząstek, SKF zaleca utrzymywanie ilości cząstek zanieczyszczeń na poziomie lub poniżej poziomu zanieczyszczenia klasyfikowanego jako 18/15/12. Oznacza to, że olej zawiera między 1300 a 2500 cząstek $\geq 4 \mu\text{m}$, między 160 a 320 cząstek $\geq 6 \mu\text{m}$, oraz między 20 a 40 cząstek $\geq 14 \mu\text{m}$. Wyższe poziomy są dopuszczalne dla łożysk o średnicy otworu $> 100 \text{ mm}$.

Wartość znamionowa filtra określa jego skuteczność. Skuteczność filtrów odnosi się do jednej określonej wielkości cząstki zanieczyszczenia. Dlatego zarówno wartość znamionowa filtra jak i określona wielkość cząstki muszą zostać wzięte pod uwagę.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat klasyfikowania zanieczyszczeń oraz wartości znamionowych filtrów skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

Zanieczyszczenia ciekłe

Zanieczyszczenia ciekłe obejmują wodę, paliwo, produkty uboczne procesu oraz środki chemiczne takie jak glikol. W miejscach, gdzie możliwe jest zanieczyszczenie wodą, należy stosować urządzenia odwadniające. Rodzaj sposobu odwadniania oleju zależy od szacowanego ryzyka wniknięcia wody do systemu smarowania. Tam, gdzie jest to konieczne i gdy ma ekonomiczne uzasadnienie, zalecane jest ciągłe usuwanie wody z oleju.

Tabela 17

Klasyfikacja zanieczyszczeń ISO

Ilość cząstek na mililitr oleju		Numer na skali
ponad	do (włącznie)	–
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10

Zanieczyszczenia gazowe

Powietrze lub zanieczyszczenia gazowe redukują lepkość oleju i zwiększają pienienie. Spienianie może prowadzić do ubytku oleju.

Produkty SKF do smarowania olejowego

SKF oferuje szeroki asortyment produktów do gospodarowania olejami oraz obsługi systemów smarowania olejowego SKF (→ **Dodatek L**, początek na **stronie 420**). W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com i www.skf.com/lubrication.

Systemy centralnego smarowania

Systemy centralnego smarowania dostarczają środek smarny z centralnego zbiornika do punktów na maszynie, gdzie występuje tarcie. Środek smarny jest dostarczany tak często, jak jest to potrzebne i w wymaganej ilości. Zwykle mogą być stosowane oleje i smary plastyczne o klasie konsystencji do NLGI 2. Ponieważ łatwość przetłaczania smaru jest jednym z decydujących czynników, często są stosowane smary plastyczne o niskiej klasie konsystencji NLGI.

UWAGA: Obsługa systemów centralnego smarowania zwykle ogranicza się do uzupełniania zasobu środka smarnego w zbiorniku i okresowej kontroli miejsc połączeń pod kątem wycieków. Jednakże, zawsze stosuj się do instrukcji obsługi dostarczanych razem ze sprzętem.

Dobór odpowiedniego środka smarnego

Wiele awarii systemów centralnego smarowania wynika ze złego wyboru środka smarnego. Środki smarne stosowane w systemach centralnego smarowania powinny spełniać następujące kryteria:

- być wolne od stałych zanieczyszczeń zdolnych do przejścia przez filtr o dokładności 25 µm
- być wolne od powietrza w formie pęcherzyków (nierozpuszczonych gazów), aby uniknąć wzrostu ciśnienia i niekontrolowanego działania systemu smarowania
- być kompatybilne z materiałami wszystkich elementów w węźle łożyskowym, np. uszczelnień
- mieć dobrą odporność na utlenianie, tj. nie ulegać starzeniu
- mieć odpowiednią szybkość wydzielania się oleju, gdyż nadmierne wydzielanie oleju prowadzi do utraty ciśnienia i blokowania systemu
- pozostawać jednorodne i utrzymywać równomierną konsystencję we wszystkich spodziewanych temperaturach pracy.
- być wolne od dodatków stałych, które mogą powodować zabudowywanie się osadów w pompie, zaworach i rozdzielaczach

Kiedy dochodzi do wyboru między systemem smarowania smarem plastycznym a systemem smarowania olejowym, decydujące znaczenie mają względy techniczne i ekonomiczne. Dwa rodzaje systemów centralnego smarowania są porównane w **tabeli 18, strona 214**. SKF zaleca stosowanie oleju tam gdzie to możliwe, lecz szczególnie do takich aplikacji jak obrabiarki, maszyny do obróbki drewna, maszyny drukarskie i maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych.

Rodzaje systemów centralnego smarowania

Pod względem technicznym systemy centralnego smarowania dzielą się na systemy z całkowitą utratą środka smarnego i systemy z obiegiem oleju, w zależności od tego, czy środek smarny jest wykorzystywany ponownie, czy też nie.

Systemy centralnego smarowania są klasyfikowane na podstawie sposobu działania systemu (→ **tabela 19, strona 215**). Wybór odpowiedniego systemu jest uzależniony od:

- warunków pracy, np. temperatury roboczej, lepkości, obecności soli w atmosferze
- wymaganej dokładności dawki środka smarnego
- geometrii i rozmiaru systemu smarowania
- wymagań odnośnie monitorowania pracy systemu

SKF oferuje wszechstronne i najnowocześniejsze systemy smarowania oraz rozwiązania kompleksowe, które łączą wiedzę SKF na temat trybologii – połączenia tarcia, zużycia i smarowania – z doświadczeniem w dziedzinie łożysk, uszczelnień i diagnostyki.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat systemów centralnego smarowania SKF odwiedź stronę www.skf.com/lubrication. Aby uzyskać pomoc techniczną w przypadku określonych wymagań odnośnie systemu smarowania, skontaktuj się z przedstawicielem SKF.

Systemy z całkowitą utratą środka smarnego

W systemach z całkowitą utratą środka smarnego:

- Środek smarny nie jest ponownie używany.
- Do punktów tarcia jest dostarczany świeży środek smarny w czasie cyklu smarowania.
- Ilość dozowanego środka smarnego odpowiada ilości potrzebnej do wytworzenia odpowiedniego filmu smarnego.
- Nie ma efektu chłodzenia.

Większość zastosowań systemów centralnego smarowania obejmuje smarowanie poruszających się części, np. łożysk i kół zębatach.

Smarowanie minimalnymi ilościami środka smarnego (MQL) jest specjalnym rodzajem smarowania z całkowitą utratą środka smarnego. Te systemy są stosowane w procesach obróbki skrawaniem i służą do natryskiwania lub zwilżania powierzchni. Za pomocą smarowania minimalnymi ilościami środka smarnego możliwe jest uzyskanie skutecznego smarowania przy używaniu ekstremalnie małych ilości oleju w postaci aerozolu.

Systemy smarowania obiegowego

W systemach z obiegiem oleju:

- Środek smarny jest ponownie używany, tj. olej przepływa z powrotem do zbiornika do ponownego wykorzystania po przefiltrowaniu i ewentualnym schłodzeniu.
- Ciepło powstające w wyniku tarcia i procesu jest odprowadzane przez środek smarny.
- Drgania są tłumione.
- Cząstki ścierne, woda z kondensacji i z procesu są usuwane.
- Pęcherzyki powietrza są usuwane i spienianie jest ograniczone.
- Elementy są zabezpieczone przed korozją.

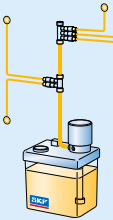
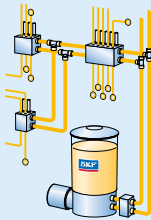
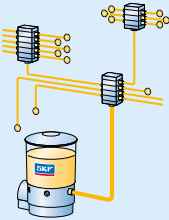
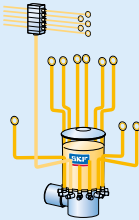
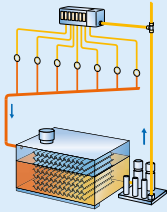
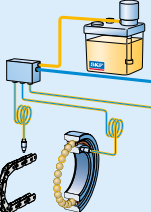
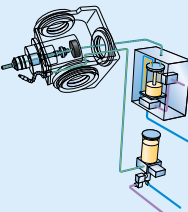
Tabela 18

Porównanie systemu centralnego smarowania smarem plastycznym i systemu centralnego smarowania olejem

Kryteria wyboru	Zalety/wady Smar plastyczny	Olej
Ciśnienia robocze	50 do 400 bar	14 bar
Wymagania odnośnie rurek i złączy	Rurki o dużej średnicy (z powodu znacznego spadku ciśnienia)	Rurki o małej średnicy
Wymagania odnośnie mocy pompy	Stosunkowo duża moc	Mała moc
Zanieczyszczenie	Zanieczyszczenia są zawieszone w smarze i mogą dotrzeć do punktu tarcia	Zanieczyszczenia osadzają się na dnie zbiornika
Obsługa	Pomiar poziomu smaru w zbiorniku jest skomplikowany Nie jest łatwo uzupełnić poziom smaru w zbiorniku	Łatwo zmierzyć poziom oleju w zbiorniku Łatwo jest uzupełnić poziom oleju
Opcja systemu z obiegiem środka smarnego	Nie występuje	Stosunkowo łatwa do osiągnięcia
Uszczelnienie	Łożyska nie muszą być uszczelnione Środek smarny ma funkcję uszczelniającą	Łożyskowanie musi być uszczelnione, aby uniknąć wycieku oleju i zanieczyszczenia otoczenia Środek smarny nie daje zabezpieczenia przed zanieczyszczeniami
Możliwość chłodzenia i przepłukiwania	Brak	Tak

Tabela 19

Systemy centralnego smarowania SKF

				
	SKF Monoflex	SKF Duoflex	SKF ProFlex	SKF Multiflex
Typ	Jednoliniowy	Dwuliniowy	Progresywny	Wieloliniowy
Odpowiednie środki smarne	Olej Smar plastyczny o klasie konsystencji NLGI od 000 do 2	Olej Smar plastyczny o klasie konsystencji NLGI od 000 do 3	Olej Smar plastyczny o klasie konsystencji NLGI od 000 do 2	Olej Smar plastyczny o klasie konsystencji NLGI od 000 do 3
Przykłady zastosowań	Obrabiarki, maszyny drukarskie, maszyny tekstylne, pojazdy robocze	Maszyny do obróbki metali, przemysł celulozowo-papierniczy, kopalnie i cementownie, dźwigi pokładowe, elektrownie	Maszyny drukarskie, prasy przemysłowe, pojazdy robocze, elektrownie wiatrowe	Przemysł petrochemiczny, ciężkie aplikacje przemysłowe
	SKF CircOil			
	SKF CircOil	SKF Oil+Air	SKF LubriLean	
Typ	Z obiegiem oleju	Olejowo-powietrzny	Smarowanie minimalną ilością środka smarnego (MQL)	
Odpowiednie środki smarne	Olej	Olej	Olej	
Przykłady zastosowań	Przemysł celulozowo-papierniczy, maszyny do obróbki metali, ciężkie aplikacje przemysłowe	Obrabiarki, łańcuchy, przemysł stalowy	Obrabiarki	



Kontrola

Wstęp	218
Strategie obsługi maszyn	218
Kontrola podczas pracy	220
Monitorowanie hałasu	221
Monitorowanie temperatury	221
Monitorowanie warunków smarowania	222
Monitorowanie drgań łożysk tocznych	222
Wykonywanie pomiarów drgań	223
Analiza częstotliwości uszkodzeń łożysk tocznych	224
Kontrola podczas przestoju maszyny . . .	224
Oględziny łożysk	225
Oględziny powierzchni współpracujących z uszczelnieniem . . .	226

Wstęp

Przyczyną awarii wielu spośród łożysk, które ulegają przedwczesnym uszkodzeniom, jest przenoszenie przez nie nieoczekiwanych obciążeń podczas pracy, wynikających na przykład z niewyważenia lub niewyosiowania. Podczas monitorowania kondycji, w jakiej jest urządzenie, podstawowe znaczenie ma stan łożysk. Katastroficzne uszkodzenie łożyska powoduje uszkodzenia współpracujących elementów i może ostatecznie doprowadzić do awarii maszyny.

Podejście do obsługi łożysk i maszyn zazwyczaj jest odzwierciedleniem jednej z trzech strategii utrzymania ruchu: reaktywnej, zapobiegawczej i prognozowanej. Każda z nich ma wady i zalety, ale na ogół zalecane jest prognozowane utrzymanie ruchu, łączące najlepsze elementy wszystkich metodologii.

Monitorowanie stanu jest zbiorczym określeniem wszystkich sposobów kontroli stanu maszyny za pomocą przyrządów. Najczęściej stosowaną w praktyce techniką jest wieloparametrowe monitorowanie stanu urządzenia, przy czym najszerszej stosowaną metodą jest kontrola stanu maszyny poprzez badanie jej drgań. Zaletą stosowania podejścia wieloparametrowego jest możliwość kontroli całej maszyny a nie tylko ograniczenia pracy systemu monitorującego do łożysk. Daje to możliwość ochrony łożysk poprzez wykrycie i usunięcie ukrytych defektów maszyny we wczesnym etapie ich rozwoju.

Łożyska i powiązane zespoły maszynowe mogą być sprawdzane podczas pracy maszyny lub w czasie postoju, zależnie od rodzaju czynności. Możliwy jest szeroki zakres działań kontrolnych dzięki wielu rodzajom dostępnych specjalistycznych przyrządów pomiarowych.

Strategie obsługi maszyn

Doświadczenie pokazuje, że strategie obsługi maszyn zmieniają się znacznie w zależności od zakładu. Jednakże metodologie stosowane do wdrożenia wszystkich strategii mogą być generalnie sklasyfikowane za pomocą kilku ogólnych opisów (→ **wykras 1**).

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat badania stanu maszyn przez SKF odwiedź stronę www.skf.com/cm lub www.apitudexchange.com.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat przyrządów kontrolno-pomiarowych i produktów do obsługi łożysk i maszyn SKF odwiedź stronę www.skf.com/cm oraz www.mapro.skf.com.

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń obejmujących takie tematy jak analiza drgań i termografia (→ **Szkolenia**, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

Reaktywne utrzymanie ruchu odzwierciedla brak zorganizowanej strategii obsługi maszyny, ale w niektórych sytuacjach jest to jedyne właściwe podejście do obsługi maszyn. Charakter czynności reaktywnych jest taki, że nie można ich przewidzieć w harmonogramie. Jednak można się do nich przygotować, aby zminimalizować zakłócenia w pracach ujętych w opracowanym wcześniej planie obsługi.

Zapobiegawcze utrzymanie ruchu jest rutynowym lub zaplanowanym procesem opartym na zapobieganiu występowania niespodziewanych awarii poprzez stosowanie właściwych praktyk obsługi maszyn. Zrozumienie rodzajów uszkodzeń maszyn i jaka strategia obsługi powinna być do nich przypisana daje pozytywny efekt w zakresie obsługi i działania maszyn.

Prognozowane utrzymanie ruchu (PdM) może być zdefiniowane jako proces obsługi maszyn opierający się na inspekcji, monitorowaniu i przewidywaniu stanu maszyny. Monitorowanie kondycji maszyny obejmuje stosowanie różnych przyrządów i technik pomiarowych, takich jak kontrola drgań.

To oczywiste, że żadna z wcześniej wymienionych metodologii pojedynczo nie zapewni ostatecznego rozwiązania w zakresie obsługi maszyn. Rzeczywiste rozwiązanie stanowi połączenie tych strategii.

Profilaktyka czynna w utrzymaniu ruchu jest strukturalnym i dynamicznym procesem stosowania odpowiedniego zestawienia reaktywnego, zapobiegawczego i prognozowanego sposobu obsługi maszyn.

W celu osiągnięcia maksymalnej efektywności, SKF zaleca przyjęcie strategii obsługi, która promuje informowanie o stanie maszyny odpowiednich służb w zakładzie przez włączonych do procesu utrzymania ruchu operatorów maszyn.

Wykres 1

Różne strategie obsługi maszyn

Maksymalna efektywność



Niezawodność w oparciu
o pracę operatora

Niezawodność w oparciu o pracę operatora (ODR)

Operatorzy maszyn są upoważnieni do kontrolowania pracy „swoich” maszyn. Identyfikują, opisują i przekazują informacje na temat pracy i stanu maszyny do zakładowych zespołów utrzymania ruchu.

Profilaktyka czynna
w utrzymaniu ruchu

Profilaktyka czynna w utrzymaniu ruchu (PRM)

Prognozowane utrzymanie ruchu jest wykorzystywane do zidentyfikowania przyczyn pierwotnych problemów z maszyną i procesem produkcyjnym; maszyny pracują praktycznie bez nieplanowanych przestojów. Średni czas do wystąpienia awarii (MTBF) odnośnie maszyn i elementów jest znacznie zwiększony.

Prognozowane utrzymanie ruchu

Prognozowane utrzymanie ruchu (PdM)

Stan maszyny jest oceniany na podstawie danych zebranych przy użyciu urządzeń monitorujących; przestoje są planowane na podstawie problemów w pracy maszyny zidentyfikowanych za pomocą specjalistycznych urządzeń do zbierania i analizy drgań oraz innych przyrządów kontrolnych; ilość i zakres nieplanowanych przestojów jest znacznie ograniczony.

Zapobiegawcze utrzymanie ruchu

Zapobiegawcze utrzymanie ruchu (PM)

Planowane są okresowe przestoje w celu dokonania przeglądu urządzeń po określonym czasie pracy; działania konserwacyjno-naprawcze nie są podejmowane na podstawie oceny stanu maszyny podczas jej pracy.

Reaktywne/korekcyjne
utrzymanie ruchu

Reaktywne/korekcyjne utrzymanie ruchu

Praca aż do awarii; w momencie awarii maszyny dochodzi do nieplanowanego przestoju.

Minimalna efektywność

Kontrola podczas pracy

Łożyska są istotnymi elementami każdej maszyny z obracającymi się częściami i powinny być dokładnie monitorowane. Wykrycie uszkodzenia łożyska we wczesnym etapie pozwala na jego wymianę w czasie normalnie zaplanowanej obsługi, dzięki czemu unika się kosztownych nieplanowanych przestojów maszyny będących skutkiem awarii łożyska.

UWAGA: Łożyska w maszynach krytycznych lub pracujące w ciężkich warunkach powinny być monitorowane z większą częstotliwością!

Do monitorowania pracy łożysk i powiązanych elementów maszyny są stosowane różnorodne specjalne przyrządy i metody. Ważne mierzone parametry wykorzystywane do oceny stanu maszyny obejmują hałas, temperaturę i drgania.

Łożyska, które są zużyte lub uszkodzone zwykle wykazują identyfikowalne symptomy. Wiele możliwych przyczyn może być odpowiedzialnych za określony objaw i należy je zbadać (→ *Wykrywanie i usuwanie problemów*, początek na **stronie 228**).

Z przyczyn praktycznych, nie wszystkie maszyny lub tryby pracy maszyny mogą być monitorowane przy użyciu zaawansowanych systemów.

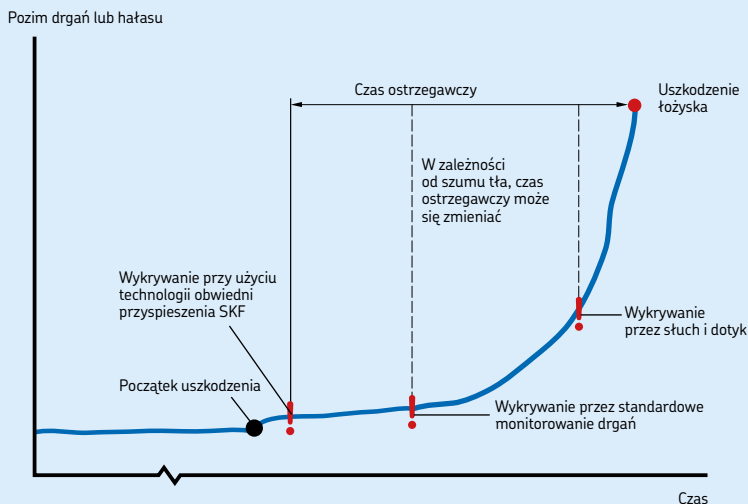
W takich przypadkach objawy problemów można zaobserwować oglądając maszynę lub wstępując do niej w jej pracę. Jednakże wykorzystywanie zmysłów człowieka do wykrywania problemów z maszyną daje ograniczone korzyści. Jeżeli jakość pracy maszyny pogorszyła się na tyle, że zmiany są wykrywalne bez pomocy specjalistycznych przyrządów, może to oznaczać, że uszkodzenia są już bardzo rozległe. Zaletą stosowania obiektywnych technologii, takich jak analiza drgań, jest możliwość wykrywania uszkodzeń na wczesnym etapie ich rozwoju, zanim zaczną one stanowić poważny problem (→ **wykes 2**).

W celu wykonania dokładnych pomiarów i uzyskania wiarygodnych wyników, SKF zaleca stosowanie profesjonalnych narzędzi kontrolno-pomiarowych. W celu zapoznania się z przeglądem przyrządów SKF do monitorowania skorzystaj z **Dodatku N** rozpoczynającego się na **stronie 432**. Aby zdobyć szczegółowe informacje na temat tych i powiązanych produktów, odwiedź stronę www.skf.com/cm oraz www.mapro.skf.com.

OSTRZEŻENIE: Nie myl detekcji z analizą. Wymiana uszkodzonego łożyska po wykryciu wysokich poziomów drgań tylko tymczasowo rozwiązuje problem! Przyczyna pierwotna drgań powinna zostać znaleziona, przeanalizowana i określony sposób rozwiązania problemu.

Wykes 2

Zaleta stosowania zaawansowanego monitorowania stanu łożysk



Monitorowanie hałasu

Często do wykrywania nieprawidłowości w pracy łożyska wykorzystuje się odsłuchiwanie. Łożyska, które są sprawne, generują cichy czysty szum. Zgrzytanie, gwizdanie i inne nieregularne dźwięki zwykle wskazują, że łożyska są w złym stanie, lub że coś nie działa prawidłowo.

Szeroki zakres dźwięków wytwarzanych przez maszyny obejmuje także składowe ultradźwiękowe fale krótkie, które są z natury wyjątkowo kierunkowe. Przyrządy, takie jak sondy ultradźwiękowe, wyodrębniają te rozchodzące się w powietrzu ultradźwięki z szumu tła pochodzącego z fabryki i maszyn i dokładnie ustalają źródło.

Innym popularnym urządzeniem do identyfikowania będących źródłem problemów elementów maszyn lub uszkodzonych łożysk jest Stetoskop elektroniczny SKF (→ **ilustr. 1**), który wykrywa, śledzi i rozpoznaje źródła wszystkich rodzajów hałasów w maszynie.

ilustr. 1



Monitorowanie temperatury

Ważne jest, aby monitorować temperaturę pracy wszystkich łożysk. Jeżeli warunki pracy nie uległy zmianie, wzrost temperatury często wskazuje na uszkodzenie łożyska. Jednakże, pamiętaj, że naturalny wzrost temperatury trwający jeden lub kilka dni normalnie występuje natychmiast po nasmarowaniu lub po każdym dosmarowaniu łożyska.

Do mierzenia temperatur mogą być używane kontaktowe i bezkontaktowe termometry SKF (→ **ilustr. 2**). Termometry bezkontaktowe są szczególnie przydatne w miejscach, gdzie dostęp jest utrudniony lub niebezpieczny.

Oprócz tego mogą być stosowane Kamery termowizyjne SKF do wykrywania w podczerwieni anomalii temperaturowych lub „gorących miejsc”. Kontrola temperatury w podczerwieni może odkryć potencjalne problemy i zlokalizować miejsca ich występowania bez konieczności zatrzymywania produkcji.

ilustr. 2



UWAGA: W zastosowaniach z wirującym pierścieniem wewnętrznym, oprawa łożyska jest zazwyczaj o 5 °C (9 °F) chłodniejsza niż pierścień zewnętrzny łożyska i o 10 °C (18 °F) chłodniejsza niż pierścień wewnętrzny łożyska.

Monitorowanie warunków smarowania

Łożyska mogą uzyskiwać maksymalny poziom osiągniętych roboczych tylko w przypadku właściwego smarowania. Z tego powodu należy szczególnie monitorować warunki smarowania łożyska. Należy przeprowadzać także okresową ocenę stanu, w jakim znajduje się sam środek smarny. Najlepszym sposobem przeprowadzenia takiego badania jest pobranie kilku próbek środka smarnego (zazwyczaj z różnych miejsc) i poddanie ich analizie. Użytecznym narzędziem do sprawdzenia własności smaru plastycznego w terenie jest Zestaw do badania smaru SKF (→ **ilustr. 3**).

Na ogół analiza środka smarnego jest podejmowana z dwóch głównych powodów: aby dokonać oceny stanu środka smarnego i aby ocenić stan, w jakim znajduje się maszyna. Na przykład monitorowanie stanu oleju daje możliwość wydłużenia okresu pracy oleju do wymiany a przez to oszczędności w zużyciu oleju i zmniejszenia ilości przestojów maszyn.

SKF zaleca stosowanie się do następujących ogólnych wytycznych w zakresie czynności dotyczących kontroli smarowania:

- 1 Sprawdź miejsca wokół łożyska pod kątem wycieków środka smarnego.
- 2 Sprawdź, czy gdziekolwiek doszło do wycieku środka smarnego. Wycieki zwykle są efektem zużycia uszczelnień, defektów uszczelnień, uszkodzenia powierzchni współpracującej z uszczelnieniem, zanieczyszczeń płynnych, takich jak woda w smarze plastycznym oraz poluzowanych zaślepek. Przecieki mogą się także pojawiać w przypadku nieprawidłowo połączonych współpracujących elementów, np. między oprawą a pokrywą zamykającą, a także gdy wskutek ugniatania smaru zostanie z niego wydzielony olej i znajduje się on w stanie wolnym.

UWAGA: Uszczelnienia kauczukowe są zaprojektowane w sposób umożliwiający niewielkie przeciekanie oleju w celu smarowania powierzchni współpracującej z uszczelnieniem.

- 3 Pierścienie ochronne i uszczelnienia labiryntowe powinny być wypełnione smarem w celu uzyskania maksymalnej ochrony.
- 4 Sprawdź, czy systemy automatycznego smarowania działają poprawnie i dostarczają odpowiednią ilość środka smarnego do łożysk.

ilustr. 3



- 5 Sprawdź poziom środka smarnego w rynienkach i zbiornikach i uzupełnij go, jeśli to konieczne.
- 6 Dosmaruj łożyska smarem plastycznym, tam gdzie ma to zastosowanie, w odpowiednim czasie (→ *Wymiana smaru*, początek na **stronie 192**).

W celu uzyskania informacji na temat analizy środka smarnego, wymiany smaru plastycznego i oleju, zapoznaj się z rozdziałem *Smarowanie*, rozpoczynającym się na **stronie 178**.

Monitorowanie drgań łożysk tocznych

Potrzeba monitorowania drgań wynika z trzech podstawowych faktów:

- Wszystkie maszyny drgają.
- Pojawieniu się problemu mechanicznego zwykle towarzyszy wzrost poziomów drgań.
- Rodzaj uszkodzenia można określić z charakterystyki drgań.

Każdy mechaniczny problem generuje drgania o niepowtarzalnej częstotliwości. Dlatego należy zbadać tę częstotliwość, aby zidentyfikować przyczynę pierwotną problemu. W celu wychwycenia określonej częstotliwości drgań na maszynie w odpowiednim miejscu jest umieszczany przetwornik (piezoelektryczny czujnik pomiarowy). Istnieje szeroki zakres częstotliwości drgań, które mogą być wywołane przez różne uszkodzenia maszyn:

- zakres niskiej częstotliwości, 0 do 2 kHz
- zakres wysokiej częstotliwości, 2 do 50 kHz
- zakres bardzo wysokiej częstotliwości, > 50 kHz

Drgania o niskiej częstotliwości są wywoływane, na przykład, przez rezonans strukturalny, niewspółosiowość lub luzy mechaniczne. Drgania o wysokiej i bardzo wysokiej częstotliwości obejmują wibracje generowane przez uszkodzenia w łożyskach tocznych. Dlatego mierząc amplitudę przyspieszeń drgań można uzyskać wczesne wskazanie rozwijającego się problemu z łożyskiem.

Wykonywanie pomiarów drgań

Gdzie zbierać pomiary

Pomiary drgań, wykonywane przykładowo za pomocą Testera stanu maszyny SKF (→ **ilustr. 4**), powinny być zbierane w trzech różnych kierunkach w każdym miejscu na maszynie, gdzie jest zamontowane łożysko (→ **ilustr. 5**).

Pomiary poziome zwykle pokazują większe drgania niż pomiary pionowe, ponieważ maszyna jest na ogół bardziej elastyczna w płaszczyźnie poziomej. Niewyważenie, na przykład, generuje drgania poprzeczne, które są częściowo pionowe a częściowo poziome. Nadmierne drgania poziome są często oznaką niewyważenia.

Pomiary osiowe zazwyczaj wykazują małe drgania, ale jeżeli drgania występują, często wskazują na niewspółosiowość i/lub wygięcie wału.



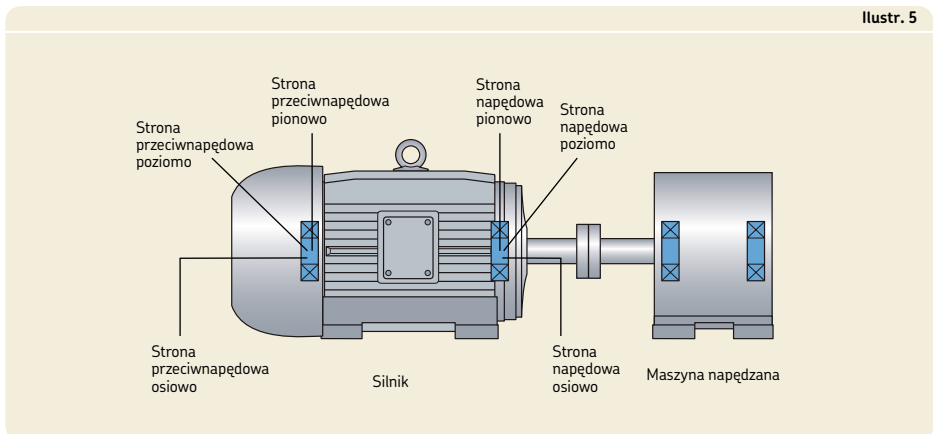
Ilustr. 4

Kiedy zbierać pomiary

Najlepiej zbierać pomiary drganiowe, kiedy maszyna pracuje w normalnych warunkach, tj. gdy łożyska osiągną swoją normalną temperaturę pracy, a prędkość maszyny jest zgodna ze specyfikacją. W przypadku maszyn o zmiennej prędkości, pomiary powinny być zawsze zbierane w tym samym punkcie cyklu procesu.

UWAGA: Aby wyniki mogły być porównywane, położenie i rodzaj pomiaru, jak również warunki pracy powinny być identyczne za każdym razem, gdy pomiar jest zbierany.

Ilustr. 5



Analiza częstotliwości uszkodzeń łożysk tocznych

Każde łożysko generuje sygnał o niskiej częstotliwości. Częstotliwość sygnału zależy od ilości i wielkości elementów tocznych, kąta działania łożyska i średnicy podziałowej elementów tocznych.

Za każdym razem, gdy następuje przetaczanie po uszkodzeniu w łożysku, emitowany jest sygnał o wysokiej częstotliwości, co powoduje powstanie pików na amplitudzie sygnału. Wielkość tych pików jest funkcją prędkości i umiejscowienia defektu w łożysku, a także geometrii wewnętrznej łożyska.

Aby monitorować stan łożyska, wykorzystywana jest technika zwana obwiednią przyspieszenia lub enveloping. Obwiednia przyspieszenia izoluje sygnał wysokiej częstotliwości generowany przez uszkodzenie od innych występujących normalnie częstotliwości obrotowych lub strukturalnych w maszynie (→ wykres 3).

Obliczanie częstotliwości uszkodzeń łożysk tocznych

Każdy element łożyska ma niepowtarzalną częstotliwość uszkodzenia, która umożliwia specjalistom wskazanie miejsca, gdzie występuje defekt.

Można obliczyć następujące częstotliwości charakterystyczne uszkodzeń:

- BPFO, częstotliwość przejścia kulki/wałeczka po uszkodzeniu na bieżni (bieżniach) pierścienia zewnętrznego [Hz]
- BPFI, częstotliwość przejścia kulki/wałeczka po uszkodzeniu na bieżni (bieżniach) pierścienia wewnętrznego [Hz]
- BSF, częstotliwość wirowania kulki/wałeczka [Hz]
- FTF, częstotliwość koszyka (częstotliwość podstawowa zespołu) [Hz]

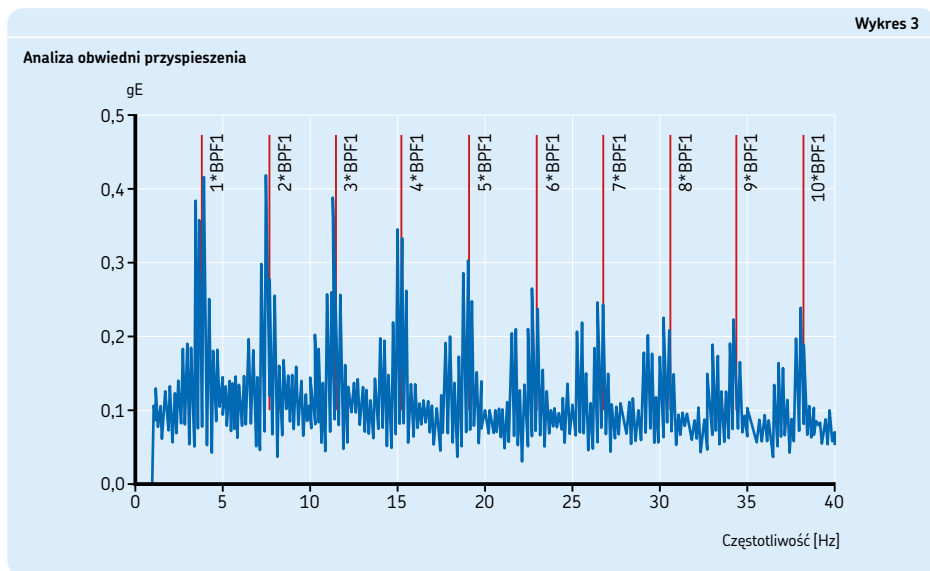
Program do obliczania częstotliwości uszkodzeń łożysk, a przez to do lokalizowania uszkodzenia, znajduje się w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF*, dostępnym w trybie online na stronie www.skf.com.

Kontrola podczas przestoju maszyny

Kiedy maszyna nie pracuje, jest to okazja do oceny stanu łożysk, uszczelnień, opraw, powierzchni współpracujących uszczelnień oraz środka smarnego. Ogólną kontrolę można przeprowadzić po zdjęciu pokrywy czołowej lub części górnej oprawy.

Aby przeprowadzić bardziej szczegółową inspekcję, łożysko musi zostać przede wszystkim oczyszczone. Jeżeli łożysko wydaje się być

Wykres 3



uszkodzone, należy je zdemontować i dokładnie sprawdzić.

Podczas przestoju maszyny można także wykonać osiowanie wałów i napędów pasowych oraz przeprowadzić dokładną kontrolę fundamentów maszyny i jej otoczenia. Warunki takie jak brak podkładki regulacyjnej lub psujące się fundamenty, mogą negatywnie wpłynąć na pracę maszyny. Im wcześniej jakiegokolwiek problem zostanie wykryty, tym wcześniej można rozpocząć działania naprawcze. W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat osiowania maszyn zapoznaj się z rozdziałem *Osiowanie*, rozpoczynającym się na **stronie 158**.

OSTRZEŻENIE: Wymień łożyska, jeżeli są uszkodzone (i w przypadku, gdy ma to zastosowanie, równocześnie współpracujące z łożyskami tuleje, nakrętki, podkładki i uszczelnienia). Montaż nowych łożysk podczas normalnego, zaplanowanego przestoju jest dużo mniej kosztowny, niż taka sama operacja w czasie nieplanowanego zatrzymania maszyny spowodowanego przedwczesnym uszkodzeniem łożyska.

Oględziny łożysk

Dostęp do łożysk nie zawsze jest łatwy. Jednakże, kiedy łożyska są częściowo odsłonięte, można przeprowadzić oględziny wzrokowe. Najbardziej odpowiedni czas na kontrolę łożysk to okres przerw na rutynowe prace konserwacyjne.

W przypadkach, gdy uzyskanie dostępu do łożysk w celu ich sprawdzenia jest utrudnione lub czasochłonne, użytecznym narzędziem może być Endoskop SKF (→ **ilustr. 6**) Ten przedstawiony na ilustracji endoskop jest wyposażony w przewód światłowodowy o małej średnicy, wyświetlacz ciekłokrystaliczny i ma funkcję rejestrowania obrazu.

Podczas dokonywania oględzin zamontowanego łożyska, SKF zaleca stosowanie się do następujących ogólnych wytycznych:

UWAGA: W czasie całego procesu wykonywania oględzin rób zdjęcia, które pomogą udokumentować stan łożyska, środka smarnego i maszyny ogólnie.

Przygotowanie

- 1 Oczyszć powierzchnię zewnętrzną maszyny, aby uniknąć wnikięcia pyłu i zanieczyszczeń do węzła łożyskowego podczas oględzin.

ilustr. 6



PRZESTROGA

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia poważnych urazów, przed przystąpieniem do pracy należy przeprowadzić wszystkie wymagane procedury lockout/tagout (założenie blokad zabezpieczających i umieszczenie przywieszek ostrzegawczych).

- 2 Zdejmij pokrywę czołową oprawy lub w przypadku oprawy dzielonej, część górną oprawy, aby odsłonić łożysko.
- 3 Wyjmij trochę środka smarnego z podstawy oprawy, w celu przeprowadzenia jego analizy.
- 4 W przypadku smarowanych smarem plastycznym łożysk otwartych, pobierz kilka próbek środka smarnego z różnych miejsc, w celu przeprowadzenia analizy smaru. Przeprowadź kontrolę wzrokową stanu środka smarnego. Często zanieczyszczenia mogą zostać łatwo wykryte poprzez rozcieranie niewielkiej ilości smaru między kciukiem a palcem wskazującym. Inną metodą jest rozsmarowanie cienkiej warstwy smaru na kartce papieru i oglądanie jej pod światło.
- 5 Oczyszczyć odkryte powierzchnie zewnętrzne łożyska ściereczką z materiału nie zostawiającą włókien.

OSTRZEŻENIE: Bezpośredni kontakt z produktami naftowymi może wywoływać reakcje alergiczne. Używaj rękawic zabezpieczających SKF oraz okularów ochronnych, kiedy przenosisz rozpuszczalniki i myjesz łożyska!

Kontrola

- 1 Sprawdź odstonięte zewnętrzne powierzchnie łożyska pod kątem obecności korozji cierniej. Jeżeli korozja cierna występuje, ale nie jest głęboka, użyj drobnego mokrego i suchego papieru ściernego, aby ją usunąć.
- 2 Skontroluj czy pierścienie łożyskowe nie mają pęknięć.
- 3 W przypadku łożysk uszczelnionych zbadaj, czy uszczelnienia nie są zużyte.
- 4 Obracaj wał bardzo wolno i staraj się wyczuć, czy łożysko nie stawia niejednolitego oporu. Nieuszkodzone łożysko obraca się bez zakłóceń.

Tam, gdzie wymagana jest bardziej szczegółowa inspekcja smarowanych smarem plastycznym łożysk otwartych, kontynuuj w następujący sposób:

- 5 Usuń cały smar z podstawy oprawy.
- 6 Usuń możliwie jak najwięcej smaru z łożyska używając niemetalicznego zgarniacza.

UWAGA: Zatrzymaj reprezentatywną próbkę smaru do dalszej analizy (→ **ilustr. 7**).

- 7 Oczyszczyć łożysko za pomocą rozpuszczalnika na bazie ropy naftowej, rozpylając rozpuszczalnik do wnętrza łożyska. Obracaj wał bardzo wolno, równocześnie czyszcząc go i kontynuuj rozpylanie rozpuszczalnika do łożyska do momentu, aż rozpuszczalnik przestanie zbierać zanieczyszczenia i smar. W przypadku dużych łożysk, w których jest zabudowana warstwa silnie utlenionego

środka smarnego, usuń ten osad za pomocą silnego roztworu alkalicznego zawierającego do 10% sody kaustycznej i 1% środka zwilżającego.

- 8 Wyszuszyć łożysko ściereczką z materiału nie zostawiającą włókien lub czystym, pozbawionym wilgoci sprężonym powietrzem.
- 9 Użyj endoskopu do skontrolowania bieżni łożyska, koszyka (koszyków) i elementów tocznych pod względem obecności złuszczeń, wgnieceń, rys, smug, przebarwień i lustrzanych powierzchni. Tam, gdzie ma to zastosowanie, zmierz luz promieniowy łożyska (aby stwierdzić, czy doszło do zużycia) i sprawdź, czy mieści się on w granicach podanych w specyfikacji.
- 10 Jeżeli stan łożyska jest zadowalający, nałoż odpowiedni smar do łożyska natychmiast po oględzinach i zamknij oprawę. Jeżeli uszkodzenie łożyska jest oczywiste, zdemontuj je (→ *Demontaż*, początek na **stronie 252**) i zabezpiecz przed korozją. Potem przeprowadź pełną analizę (→ *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**).

UWAGA: Niektóre duże i średnie łożyska nadają się do regeneracji. W celu uzyskania dodatkowych informacji zapoznaj się z podrozdziałem *Regeneracja i naprawa*, na **stronie 331**.

Oględziny powierzchni współpracujących z uszczelnieniem

Aby uszczelnienie było skuteczne, wargę uszczelniającą musi stykać się z gładką powierzchnią współpracującą. Jeżeli powierzchnia współpracująca jest zużyta lub uszkodzona, wargę uszczelniającą przestanie poprawnie funkcjonować. Jest to szczególnie istotne, przy montażu nowego uszczelnienia. Jeżeli nowe uszczelnienie zostanie umieszczone nad zużyta lub uszkodzoną powierzchnią wału, to albo nie będzie skutecznie uszczelniać, albo ulegnie przedwczesnemu uszkodzeniu.

Z tego powodu, powierzchnia współpracująca z uszczelnieniem musi zostać naprawiona przed zainstalowaniem nowych uszczelnień.

Podczas sprawdzania powierzchni współpracującej z uszczelnieniem sprawdź także, czy nie występuje korozja cierna. Jeżeli korozja cierna jest widoczna, ale nie jest głęboka, użyj drobnego mokrego i suchego papieru ściernego, aby ją usunąć.

ilustr. 7



Nowy smar:
kolor brązowy

Używany smar:
kolor żółty

Ilustr. 8



UWAGA: Wały i inne elementy, które mają uszkodzoną powierzchnię współpracującą z uszczelnieniem, nie muszą być konieczne wymieniane. Mogą być regenerowane przez napawanie i ponownie obrobione skrawaniem. Tam, gdzie to możliwe, doskonałym i tanim rozwiązaniem jest zastosowanie tulei regeneracyjnych SKF SPEEDI-SLEEVE (do wałów o średnicy ≤ 203 mm) lub wielkogabarytowych tulei regeneracyjnych (LD SLV) (do wałów o średnicy > 203 mm) do zakrycia rowków będących efektem zużycia wału przez uszczelnienie (→ **ilustr. 8**). W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat tulei regeneracyjnych SKF zapoznaj się z podrozdziałem *Naprawa zużytego wału za pomocą tulei regeneracyjnej SKF*, rozpoczynającym się na **stronie 152**.



Wykrywanie i usuwanie problemów

Wstęp	230
Dlaczego łożyska ulegają uszkodzeniom	230
Czynniki wpływające na trwałość eksploatacyjną łożyska	230
Wykrywanie i usuwanie problemów	232
Typowe objawy nieprawidłowej pracy łożysk	232
Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze	235

Wstęp

Dlaczego łożyska ulegają uszkodzeniom

Tylko niewielka część wszystkich stosowanych łożysk ulega uszkodzeniom (→ **wykreś 1**). Większość z nich (około 90%) osiąga trwałość większą niż urządzenia, w których są zamontowane. Pewna ilość łożysk (9,5%) jest wymieniana prewencyjnie – zanim dojdzie do awarii. Około 0,5% łożysk jest wymienianych, ponieważ uległy uszkodzeniu.

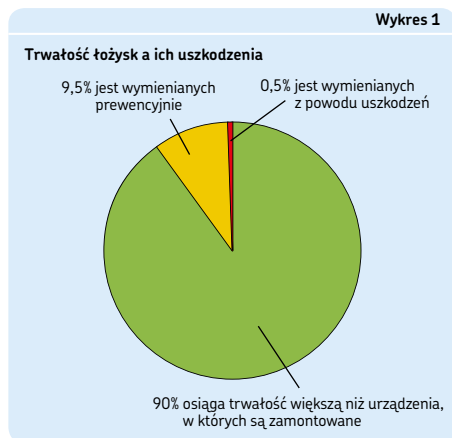
Istnieje szereg przyczyn, prowadzących do uszkodzenia lub awarii łożyska, w tym:

- zmęczenie materiału
- nieskuteczne uszczelnienia
- nieodpowiednie smarowanie
- większe obciążenia niż przewidywane
- nieprawidłowe pasowania
- niepoprawny montaż

Każdy z powyższych przypadków wywołuje właściwe dla siebie uszkodzenie łożyska i pozostawia charakterystyczne ślady (→ *Ślady współpracy*, początek na **stronie 291**). W konsekwencji, badając dokładnie uszkodzone łożysko możliwe jest, w większości przypadków, znalezienie przyczyny pierwotnej uszkodzenia. Na podstawie wniosków z oględzin mogą zostać podjęte działania naprawcze, których zadaniem jest uniknięcie powtarzania się problemu.

Ogólnie mówiąc, łożyska ulegają uszkodzeniom z następujących powodów:

- 1/3 ulega uszkodzeniu z powodu zmęczenia materiału



W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat przyrządów kontrolno-pomiarowych i produktów do obsługi łożysk i maszyn SKF odwiedź stronę www.skf.com/cm oraz www.mapro.skf.com.

SKF oferuje szeroką gamę usług mechanicznych w zakresie obsługi konserwacyjnej maszyn (→ *Usługi mechaniczne*, **strona 330**), a SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń (→ *Szkolenia*, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

- 1/3 ulega uszkodzeniu z powodu problemów ze smarowaniem
- 1/6 ulega uszkodzeniu z powodu zanieczyszczeń
- 1/6 ulega uszkodzeniu z innych powodów (takich jak nieprawidłowe obchodzenie się z łożyskami i zły montaż)

Liczby zmieniają się, zależnie od segmentu przemysłu. W przemyśle celulozowo-papierniczym, na przykład, głównymi przyczynami uszkodzeń łożysk są zanieczyszczenia i niewystarczające smarowanie, a nie zmęczenie materiału.

Czynniki wpływające na trwałość eksploatacyjną łożyska

Na ogół łożyska pracujące w określonych aplikacjach mają wyznaczoną tak zwaną trwałość obliczeniową (→ *Trwałość łożysk*, początek na **stronie 27**). To czy łożyska uzyskają lub przekroczą tą obliczoną teoretyczną trwałość zależy od szeregu czynników:

- **Jakość łożyska**
Jedynie łożyska produkowane zgodnie z najwyższymi standardami jakości mogą osiągnąć wysoką trwałość eksploatacyjną.
- **Przechowywanie**
Właściwa gospodarka magazynowa stanowi ważny aspekt przechowywania łożysk. Unikanie gromadzenia nadmiernych zapasów i stosowanie zasady „pierwsze weszło, pierwsze

wyszło” pomoże uzyskać pewność, że na półkach znajdują się „nowe” łożyska. Jest to szczególnie ważne w przypadku łożysk z zabudowanymi uszczelnieniami lub blaszkami ochronnymi, gdyż są one fabrycznie wypełnione smarem i mają ograniczony dopuszczalny okres magazynowania. Pamiętaj także, iż z powodu szybkich zmian w technologii produkcji dzisiejsze łożyska mogą uzyskiwać dużo większą trwałość niż ich odpowiedniki wyprodukowane 10 czy 15 lat temu. W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat przechowywania łożysk zapoznaj się z podrzdziałem *Przechowywanie łożysk, uszczelnień i środków smarnych*, rozpoczynającym się na, początek na **stronie 41**.

• Aplikacja

W danej aplikacji powinny być używane odpowiednie łożyska.

• Montaż

Łożyska będą pracować poprawnie tylko wtedy, gdy zostaną prawidłowo zamontowane (→ *Montaż łożysk tocznych*, początek na **stronie 44**). Niewłaściwe techniki montażu mogą łatwo spowodować uszkodzenie łożyska, prowadzące do przedwczesnej awarii.

• Smarowanie

Odmienne warunki pracy wymagają stosowania różnych środków smarnych oraz różnych okresów wymiany środka smarnego. Z tego powodu ważne jest nie tylko stosowanie właściwego środka smarnego, ale także podawanie jego właściwej ilości, w odpowiednim czasie, przy użyciu prawidłowej metody (→ *Smarowanie*, początek na **stronie 178**).

• Uszczelnienie

Zadaniem uszczelnienia jest utrzymywanie środka smarnego w łożysku oraz zabezpieczenie przed wniknięciem zanieczyszczeń do łożyska. Jeżeli łożyskowanie nie jest właściwie uszczelnione może dojść do przedwczesnego uszkodzenia łożyska.

Jeżeli którykolwiek z tych czynników zawiedzie, osiągnięcie odpowiedniej trwałości eksploatacyjnej przez łożysko może być zagrożone. Jeżeli wszystkie wymagania zostaną spełnione, można oczekiwać uzyskania wysokiej trwałości użytkowej łożyska.

Jako przykład weźmy łożyskowanie z nieodpowiednim uszczelnieniem. Kiedy zanieczyszczenia w formie cząstek stałych dostaną się do łożyska przez uszczelnienie, mogą się po nich przetaczać elementy toczne.

Ilustr. 1

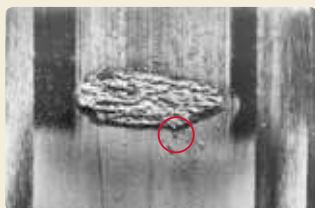
a



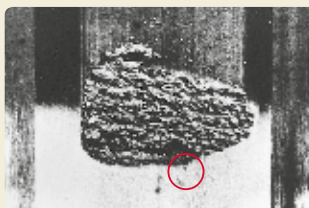
b



c



d



Rozwój uszkodzenia

Po twardej cząsteczce zanieczyszczenia przetoczyły się elementy toczne i spowodowała ona wgłębienie w bieżni (a). Tuż za wgłębieniem rozpoczęło się zmęczenie materiału. Po pewnym czasie zaczęło się rozwijać łuszczenie bieżni (b, c). Jeżeli maszyna nie zostanie zatrzymana na czas, może dojść do uszkodzenia wórnego elementów maszyny. Także, przyczyna pierwotna uszkodzenia może (całkowicie) stać się niewidoczna (d).

To przetaczanie tworzy wgniecenia w bieżniach (→ **ilustr. 1**). Twarde cząstki zanieczyszczeń mogą powodować powstanie wgnieceń o ostrych krawędziach. Gdy obszar wokół wgnieceń jest poddany działaniu nacisków, zostaje zainicjowane zmniejszenie materiału na powierzchni, a kawałki metalu będą się odrywać od bieżni. Jest to tak zwane łuszczenie. Jeżeli dojdzie do łuszczenia bieżni, uszkodzenie to będzie postępować, aż łożysko przestanie być zdolne do pracy.

Okres czasu od chwili wystąpienia pierwszego (początkowego) uszkodzenia aż do momentu, kiedy łożysko przestaje nadawać się do eksploatacji, może mieć znacznie różniące się długości. Przy wysokich prędkościach może to być kwestia sekund. W przypadku dużych, wolnoobrotowych maszyn, ten okres może trwać kilka miesięcy. Na pytanie: „Kiedy powinienem wymienić łożysko?” najlepiej odpowiedzieć monitorując stan łożyska (→ *Kontrola*, początek na **stronie 216**).

Jeżeli uszkodzone łożysko pracuje bez diagnostyki i nie zostanie wymienione zanim zepsuje się katastroficznym, może dojść do uszkodzenia wtórnego maszyny i jej elementów. Także, w przypadku katastroficznego uszkodzenia łożyska, może być trudne, a nawet niemożliwe, ustalenie przyczyny pierwotnej awarii.

Wykrywanie i usuwanie problemów

Łożyska, które nie pracują poprawnie, zwykle wykazują identyfikowalne objawy. Najlepszym sposobem do zidentyfikowania tych symptomów i podjęcia działań naprawczych we wczesnym etapie, jest zorganizowanie ogólnozakładowego programu monitorowania stanu maszyn. W przypadkach, gdy sprzęt kontrolno-pomiarowy nie jest dostępny lub jego użycie jest niepraktyczne, można skorzystać z zamieszczonych w niniejszym rozdziale użytecznych wskazówek do zidentyfikowania najpowszechniej występujących objawów, ich przyczyn i gdy jest to możliwe, pewnych praktycznych rozwiązań. W zależności od stopnia uszkodzenia łożyska, niektóre symptomy mogą być mylące i w wielu przypadkach są wynikiem uszkodzenia wtórnego.

Tabela 1

Typowe objawy nieprawidłowej pracy łożysk

- A Nadmierne grzanie → **tabela 1a**
- B Nadmierny poziom hałasu → **tabela 1b**
- C Nadmierny poziom drgań → **tabela 1c, str. 234**
- D Nadmierny ruch wału → **tabela 1d, str. 234**
- E Nadmierny moment tarcia przy obracaniu wału → **tabela 1e, str. 235**

Aby skutecznie wykryć i usunąć problemy z łożyskami, należy przeanalizować objawy, które jako pierwsze wystąpiły w łożyskowaniu. Szczegółowo jest to przedstawione w rozdziale *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, rozpoczynającym się na **stronie 288**.

Typowe objawy nieprawidłowej pracy łożysk

Objawy nieprawidłowej pracy łożysk mogą zostać zredukowane do kilku najczęściej występujących, które zostały wymienione poniżej. Każdy symptom został podzielony na kategorie warunków, które mogą prowadzić do wystąpienia takiego objawu (→ **tabela 1**). Każdy warunek ma podany kod numeryczny, który stanowi odniesienie do praktycznych środków zaradczych odpowiednich dla tego określonego warunku (→ **tabela 2**, początek na **stronie 236**).

UWAGA: Informacje dotyczące wykrywania i usuwania problemów przedstawione w tym rozdziale powinny być wykorzystywane jedynie jako wytyczne.

Tabela 1a

Objaw: A. Nadmierne grzanie

Kod rozwiązania	Możliwa przyczyna
	Problem ze smarowaniem
1	Niewystarczająca ilość środka smarnego – zbyt mało smaru lub zbyt niski poziom oleju
2	Nadmierna ilość środka smarnego – zbyt dużo smaru lub zbyt wysoki poziom oleju
3	Zły rodzaj środka smarnego – nieprawidłowa konsystencja, nieprawidłowa lepkość, nieodpowiednie dodatki
4	Nieprawidłowy system smarowania
5	Uszczelnienie
6	Uszczelnienia oprawy są osadzone zbyt ciasno lub inne elementy zahaczają o uszczelnienia
7	Uszczelnienia wielokrotne w węźle łożyskowym (w oprawie)
8	Niewspółosiowość uszczelnień zewnętrznych (w oprawie)
9	Pędkość robocza zbyt wysoka dla uszczelnień stykowych w łożysku
10	Uszczelnienia nie są prawidłowo smarowane
	Uszczelnienia skierowane w złą stronę
	Niewystarczający luz podczas pracy
11	Zły wybór początkowego luzu wewnętrznego łożyska
12	Materiał wału rozszerza się bardziej niż stal łożyskowa (np. stal nierdzewna)
13	Duża różnica temperatur między wałem a oprawą (oprawa jest dużo chłodniejsza niż wał)
14	Zbyt daleko nasunięte łożysko na czop stożkowy
15	Nadmierny błąd kołowości wału lub otworu oprawy – łożysko zaciśnięte w zowalizowanej oprawie
16	Zbyt ciasne pasowanie na wale lub zbyt duża średnica gniazda łożyska na wale
17	Zbyt ciasne pasowanie w oprawie lub zbyt mała średnica gniazda łożyska w oprawie
	Niewłaściwe obciążenie łożyska
18	Zbyt mocno obciążone łożyska w wyniku zmiany parametrów pracy w aplikacji
19	Niewspółosiowość równoległa dwóch jednostek
20	Niewspółosiowość kątowa dwóch jednostek
21	Łożysko zamontowane w odwrotną stronę
22	Niewyważenie
23	Niewłaściwe łożysko zostało ustalone
24	Zostały wywołane nadmierne obciążenia osiowe
25	Niewystarczające obciążenie
26	Nadmierne napięcie wstępne

Tabela 1b

Objaw: B. Nadmierny poziom hałasu

Kod rozwiązania	Możliwa przyczyna
	Kontakt metal-metal
1	Niewystarczająca ilość środka smarnego
3	Zbyt cienki film olejowy na warunkach pracy
25	Poślizgi elementów tocznych
	Zanieczyszczenia
27	Wgniecenia w bieżniach i/lub elementach tocznych spowodowane wnikiem stałych cząstek zanieczyszczeń i przetaczaniem się po nich elementów tocznych
28	Stałe cząstki zanieczyszczeń pozostały w oprawie po procesie produkcji lub po uszkodzeniu wcześniej zamontowanego łożyska
29	Płynne zanieczyszczenia redukują lepkość środka smarnego
	Zbyt luźne pasowania
30	Pierścień wewnętrzny pętza (obraca się) na wale
31	Pierścień zewnętrzny pętza (obraca się) w oprawie
32	Poluzowana nakrętka łożyskowa na wale lub na tulei łożyskowej
33	Łożysko nie zostało prawidłowo dociśnięte do współpracujących elementów
34	Nadmierny luz promieniowy/osiowy w łożysku
	Uszkodzenie powierzchni
1, 2, 3, 4	Zużycie w efekcie nieskutecznego smarowania
25	Zatarcia w wyniku poślizgów elementów tocznych
27	Wgniecenia w bieżniach i/lub elementach tocznych spowodowane przetaczaniem się elementów tocznych po stałych cząstkach zanieczyszczeń
35	Wgniecenia w bieżniach i/lub elementach tocznych spowodowane uderzeniami lub obciążeniami udarowymi
36	Fałszywe odciski Brinella na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu drgań statycznych
37	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu zmęczenia materiału
38	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu uszkodzenia zapoczątkowanego na powierzchni
39	Statyczne wytrawienia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu chemicznych/ciekłych zanieczyszczeń
40	(Mikro) Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu wilgoci lub przepływu prądu elektrycznego
41	Złobkowanie na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu przepływu prądu elektrycznego
	Tarcie
7	Nieprawidłowo zamontowane uszczelnienia w oprawie
32	Niewłaściwie zaciśnięte tuleje wciągane lub wciskane
33	Niewłaściwie dociśnięte pierścienie dystansowe
42	Wygięte ząbki podkładki zębatej

Tabela 1c

Objaw: C. Nadmierny poziom drgań

Kod rozwiązania	Możliwa przyczyna
25	Kontakt metal-metal Poślizgi elementów tocznych
27	Zanieczyszczenia Wgniecenia w bieżniach i/lub elementach tocznych spowodowane wniknięciem stałych cząstek zanieczyszczeń i przetaczaniem się po nich elementów tocznych
28	Stałe cząstki zanieczyszczeń pozostały w oprawie po procesie produkcji lub po uszkodzeniu wcześniej zamontowanego łożyska
30	Zbyt luźne pasowania Pierścień wewnętrzny pełza (obraca się) na wale
31	Pierścień zewnętrzny pełza (obraca się) w oprawie
1, 2, 3, 4	Uszkodzenie powierzchni Zużycie w efekcie nieskutecznego smarowania
25	Zatarcia w wyniku poślizgów elementów tocznych
27	Wgniecenia w bieżniach i/lub elementach tocznych spowodowane przetaczaniem się elementów tocznych po stałych cząstkach zanieczyszczeń
35	Wgniecenia w bieżniach i/lub elementach tocznych spowodowane uderzeniami lub obciążeniami udarowymi
36	Fałszywe odciski Brinella na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu drgań statycznych
37	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu zmęczenia materiału
38	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu uszkodzenia zapoczątkowanego na powierzchni
39	Statyczne wytrawienia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu chemicznych/ciekłych zanieczyszczeń
40	(Mikro) Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu wilgoci lub przepływu prądu elektrycznego
41	Żłobkowanie na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu przepływu prądu elektrycznego

Tabela 1d

Objaw: D. Nadmierny ruch wału

Kod rozwiązania	Możliwa przyczyna
30	Luzy Pierścień wewnętrzny jest luźno osadzony na wale
31	Pierścień zewnętrzny jest zbyt luźno osadzony w oprawie
33	Łożysko nie jest prawidłowo zaciśnięte na wale lub w oprawie
1, 2, 3, 4	Uszkodzenie powierzchni Zużycie w efekcie nieskutecznego smarowania
37	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu zmęczenia materiału
38	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu uszkodzenia zapoczątkowanego na powierzchni
11	Nieprawidłowy luz wewnętrzny łożyska Zamontowano łożysko ze złym luzem wewnętrznym
33	Łożysko nie jest prawidłowo zaciśnięte na wale lub w oprawie, nadmierny luz osiowy

Tabela 1e

Objaw: E. Nadmierny moment tarcia przy obracaniu wału

Kod rozwiązania	Możliwa przyczyna
	Zbyt duże napięcie wstępne łożyska
11	Zły wybór początkowego luzu wewnętrznego dla łożyska zastępczego
12	Materiał wału rozszerza się bardziej niż stal łożyskowa (np. stal nierdzewna)
13	Duża różnica temperatur między wałem a oprawą
14	Zbyt daleko nasunięto łożysko na czop stożkowy
15	Nadmierny błąd kołowości wału lub otworu oprawy – zaciśnięcie łożysko
16, 17	Zbyt ciasne pasowanie na wale i/lub w oprawie
26	Nadmierne napięcie wstępne – nieprawidłowy montaż (złe napięcie wstępne)
	Opór uszczelnienia
5	Uszczelnienia oprawy są osadzone zbyt ciasno lub inne elementy zahaczają o uszczelnienia
6	Uszczelnienia wielokrotnie w węźle łożyskowym (w oprawie)
7	Niewspółosiowość uszczelnień zewnętrznych (w oprawie)
9	Uszczelnienia nie są prawidłowo smarowane
	Uszkodzenie powierzchni
37	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu zmęczenia materiału
38	Złuszczenia na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu uszkodzenia zapoczątkowanego na powierzchni
41	Żłobkowanie na bieżniach i/lub elementach tocznych z powodu przepływu prądu elektrycznego
	Konstrukcja
43	Występy oporowe na wale i/lub w oprawie nie są prostopadłe do gniazda łożyska
44	Występ oporowy na wale jest zbyt wysoki i zahacza o uszczelnienia/blaszki ochronne łożyska

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Praktyczne środki zaradcze na warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk, są przedstawione w **tabeli 2**, początek na **stronie 236**.

PRZESTROGA

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia poważnych urazów, przed przystąpieniem do pracy należy przeprowadzić wszystkie wymagane procedury lockout/tagout (założenie blokad zabezpieczających i umieszczenie przywieszek ostrzegawczych).

OSTRZEŻENIE: Bezpośredni kontakt z produktami naftowymi może wywoływać reakcje alergiczne! Przed rozpoczęciem pracy ze środkami smarnymi przeczytaj karty charakterystyki substancji i zawsze używaj rękawic zabezpieczających.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

1

Niewystarczająca ilość środka smarnego

Smarowanie smarem plastycznym

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pierwszego wypełnienia łożyska smarem lub podczas rozruchu:

- Smar powinien wypełniać łożysko w 100%, a w oprawie powinien zajmować wolną przestrzeń do wysokości spodu wału ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$).
- Jeżeli w oprawie wokół łożyska jest mało wolnej przestrzeni, może być konieczne nieznaczne zmniejszenie ilości smaru, aby uniknąć wzrostu temperatury z powodu ugniatania smaru.
- → *Smarowanie*, początek na **stronie 178**.

Postępowanie w czasie pracy urządzenia:

- Sprawdź, czy uszczelnienia nie są zużyte lub uszkodzone, albo czy nie zastosowano nieprawidłowych uszczelnień. (Zbadaj występowanie wycieku smaru.)
- Wyciek spowodowany niekompatybilnością smarów. (Zbadaj występowanie wycieku smaru.)

Postępowanie w czasie wymiany smaru:

- Upewnij się, że okres pracy smaru do wymiany jest prawidłowy (nie jest zbyt długi).
- Upewnij się, że smar dociera do łożyska.
- Upewnij się, że świeży smar wchodzi do łożyska.

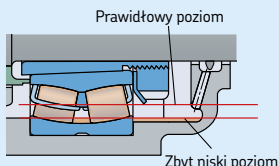
Smarowanie za pomocą kąpeli olejowej

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pierwszego napełniania olejem, wymiany oleju lub w czasie postoju:

- Poziom kąpeli olejowej powinien znajdować się w środku najniżej położonego elementu tocznego w warunkach statycznych.

Postępowanie w czasie pracy urządzenia:

- Upewnij się, że oprawa jest prawidłowo odpowietrzana, aby uniknąć powstawania ciśnienia wstecznego, które może spowodować wadliwe działanie smarownic automatycznych.
- Sprawdź uszczelnienia pod kątem występowania zużycia, uszkodzeń bądź wycieków.
- Sprawdź miejsce podziału oprawy pod kątem występowania wycieków i jeśli to konieczne nałóż cienką warstwę szczeniwa.



2

Nadmierna ilość środka smarnego

Zbyt duża ilość środka smarnego może spowodować jego gwałtowne mieszanie i ugniatanie oraz wzrost temperatury.

Smarowanie smarem plastycznym

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pierwszego wypełnienia łożyska smarem lub podczas rozruchu:

- Smar powinien wypełniać łożysko w 100%, a w oprawie powinien zajmować wolną przestrzeń do wysokości spodu wału ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$).
- Jeżeli w oprawie wokół łożyska jest mało wolnej przestrzeni, może być konieczne nieznaczne zmniejszenie ilości smaru, aby uniknąć wzrostu temperatury z powodu ugniatania smaru.
- → *Smarowanie*, początek na **stronie 178**.

Postępowanie w czasie pracy urządzenia:

- Sprawdź, czy możliwe jest wydostawanie się smaru z łożyskowania, albo przez uszczelnienia, albo przez korek spustowy. Zawór wypływowy smaru może zapobiec występowaniu nadmiernej ilości smaru.
- Sprawdź, czy uszczelnienia mają prawidłowy kierunek ustawienia, który umożliwiałaby wydostawanie się nadmiaru smaru i zatrzymywanie zanieczyszczeń na zewnątrz.
- Upewnij się, że okres wymiany smaru nie jest zbyt krótki.
- Upewnij się, że przy dosmarowywaniu podawana jest prawidłowa ilość smaru.

Smarowanie za pomocą kąpeli olejowej

Postępowanie:

- Upewnij się, że poziom kąpeli olejowej znajduje się w środku najniżej położonego elementu tocznego w warunkach statycznych.
- Sprawdź, czy kanały powrotne oleju nie są zablokowane.
- Zamontowanie wziernika we wszystkich oprawach jest szybkim, łatwym sposobem sprawdzenia, czy poziom oleju w oprawie jest prawidłowy.

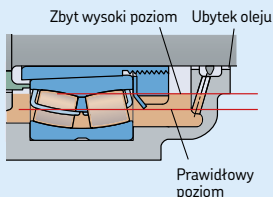


Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

3



Nieprawidłowy środek smarny

Postępowanie:

- Dokonaj przeglądu aplikacji, aby ustalić prawidłową lepkość oleju bazowego (smar plastyczny, olej smarny) oraz klasę konsystencji (smar plastyczny) wymagane dla określonych warunków pracy (→ *Smarowanie*, początek na **stronie 178**).
- Kontakt metal-metal może prowadzić do nadmiernego grzania i przedwczesnego zużycia, ostatecznie powodując podwyższenie poziomu hałasu.
- Sprawdź mieszalność, jeżeli jeden typ smaru lub oleju został zamieniony innym typem.
- Sprawdź konsystencję smaru plastycznego.
- Sprawdź lepkość roboczą.

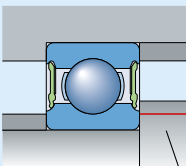
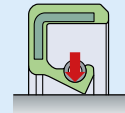
4

Nieprawidłowy system smarowania

Postępowanie:

- Sprawdź prędkość eksploatacyjną i zmierz temperaturę roboczą.
- Ustal, czy stosowany jest prawidłowy środek smarny i właściwy system smarowania.
- Przejście ze smaru plastycznego na olej może być prostym rozwiązaniem.
- Przejście ze smarowania w kropeli olejowej na smarowanie z wymuszonym obiegiem oleju może być właściwym rozwiązaniem.
- Dodanie dodatkowego elementu chłodzącego do istniejącego systemu smarowania olejowego może zapobiec wielu problemom wynikającym z nadmiernego grzania.
- Skonsultuj się z SKF lub producentem urządzenia odnośnie specjalnych wymagań.
- Sprawdź wartości znamionowe prędkości podawane w danych produktu przez producenta. Wartości prędkości nominalnej i prędkości granicznej dla łożysk SKF można znaleźć w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF* dostępnym w trybie online na stronie www.skf.com.

5



Prawidłowa wysokość

Uszczelnienia oprawy są osadzone zbyt ciasno

Postępowanie:

- Sprawdź średnicę wału, aby upewnić się, czy jest właściwa dla zastosowanego uszczelnienia ze sprężyną zaciskową, aby uniknąć nadmiernego tarcia lub wymień uszczelnienie na uszczelnienie o odpowiednim napięciu sprężyny.
- Upewnij się, że uszczelnienia są prawidłowo smarowane.
- Sprawdź, czy wargi uszczelnień nie są zużyte.
- Uszczelnienia filcowe powinny zostać namoczone w gorącym oleju przed zamontowaniem.

Inne elementy zahaczają o uszczelnienia łożyska

Postępowanie:

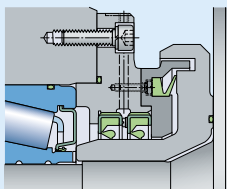
- Sprawdź elementy sąsiadujące z uszczelnieniami:
 - wysokość występow oporowych (→ *Interaktywny Katalog Techniczny SKF* dostępny w trybie online na stronie www.skf.com)
 - możliwość kompensowania przemieszczenia osiowego, kiedy dochodzi do wydużenia wału

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

6

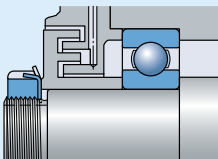


Uszczelnienia wielokrotne w węźle łożyskowym (w oprawie)

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę:

- Jeżeli stosowanych jest kilka uszczelnień stykowych, których zadaniem jest zabezpieczenie przed wniknięciem zanieczyszczeń, wzrośnie tarcie i ilość generowanego ciepła.
- Przed zastosowaniem dodatkowego uszczelnienia uwzględnij wpływ efektu cieplnego na łożysko i środek smarny.
- Dodatkowo, uwzględnij konieczność użycia dodatkowej mocy do napędu urządzenia.

7



Niewspółosiowość uszczelnień zewnętrznych (w oprawie)

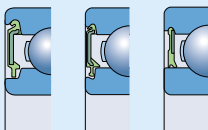
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Jakakolwiek niewspółosiowość wału względem oprawy może spowodować tarcie uszczelnień bezstykowych lub uszczelnień typu szczelinowego. Ta sytuacja może spowodować wzrost temperatury, podniesienie poziomu hałasu i przyspieszenie zużycia w okresie rozruchu wstępnego. Wpływa także na integralność uszczelnienia.

Postępowanie:

- Sprawdź wyosiowanie i w razie potrzeby dokonaj potrzebnych korekt.
- Jeżeli niewspółosiowości nie da się uniknąć, konieczne może być zwiększenie luzu lub szczelin między uszczelnieniami zewnętrznymi.

8



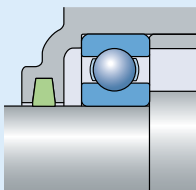
Uszczelnienia stykowe

Prędkość robocza zbyt wysoka dla uszczelnień stykowych w łożysku

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę:

- Wargi uszczelnień mają określone prędkości graniczne. Jeżeli prędkości robocze przekroczą te wartości graniczne, dojdzie do uszkodzenia wargi uszczelnienia i wycieku smaru.
- Jeżeli prędkość robocza ulegnie zwiększeniu lub jeżeli zostanie zastosowane łożysko z uszczelnieniami innego rodzaju, sprawdź czy uszczelnienia łożyskowe mogą pracować z taką prędkością.
- Uszczelnienia stykowe generują więcej ciepła niż uszczelnienia o małym tarcu, blaszki ochronne lub łożyska otwarte.

9



Uszczelnienia nie są prawidłowo smarowane

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę:

- Uszczelnienia pracujące na sucho mogą spowodować pojawienie się znacznych ilości ciepła w systemie.

Postępowanie podczas montażu:

- Upewnij się, że uszczelnienia są prawidłowo smarowane w momencie uruchamiania nowej lub wyremontowanej maszyny. (Uszczelnienia filcowe powinny zostać namoczone w gorącym oleju przed zamontowaniem.)

Postępowanie w czasie pracy urządzenia:

- Zazwyczaj środek smarny w oprawie zostaje wyrzucony w kierunku uszczelnień i automatycznie je smaruje.
- Prawidłowo smarowane uszczelnienia będą pracowały z niższą temperaturą i będą skutecznie działać, ponieważ jakiegokolwiek szczeliny między współpracującymi powierzchniami zostaną wypełnione środkiem smarnym tworzącym barierę ochronną.
- Prawidłowe smarowanie ograniczy także przedwczesne zużycie uszczelnienia.
- Sprawdź uszczelnienia pod kątem zużycia lub uszkodzenia.

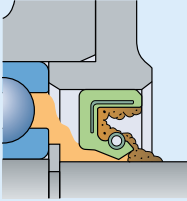
Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

10

**Uszczelnienia skierowane w złą stronę i nie pozwalają na wydostawanie się smaru**

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Zależnie od aplikacji, może być wymagane skierowanie uszczelnień stykowych w określonym kierunku, aby albo umożliwić wydostawanie się środka smarnego, albo zapobiegać wyciekom oleju.

Postępowanie:

- Sprawdź rysunki węzła łożyskowego, albo skontaktuj się z producentem urządzenia, aby ustalić prawidłową orientację uszczelnień w określonej aplikacji.

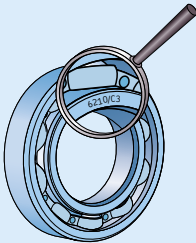
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Wargi uszczelnień, które są skierowane na zewnątrz zazwyczaj umożliwiają wydostawanie się nadmiaru środka smarnego i chronią przed wniknięciem zanieczyszczeń.

Postępowanie:

- Uszczelnienia muszą być ukierunkowane prawidłowo, aby utrzymywały smar w łożysku, a zanieczyszczenia na zewnątrz łożyska.

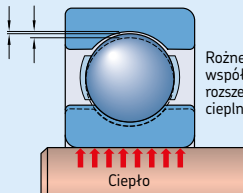
11

**Zły wybór początkowego luzu wewnętrznego łożyska**

Postępowanie:

- Sprawdź na opakowaniu, czy luz wewnętrzny nowego łożyska jest zgodny z oryginalną specyfikacją konstrukcyjną.
- Jeżeli wymienione łożysko nadmierne się nagrzewa podczas pracy i wymagane jest zastosowanie łożyska o większym luzie, skontaktuj się z działem technicznym SKF w celu uzyskania informacji o skutkach zwiększenia luzu dla urządzenia i dla samego łożyska.
- Sprawdź wszystkie wymiary, ponieważ zużycie elementów może wpłynąć na luz łożyska.

12

Zmniejszony luz

Różne współczynniki rozszerzalności cieplnej

Materiał wału (i oprawy) rozszerza się bardziej niż stal łożyskowa

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy zmianie konstrukcji lub przebudowie:

- W niektórych przypadkach materiał wału i oprawy może zostać zmieniony, np. wał ze stali nierdzewnej, aby spełnić wymagania przemysłu spożywczego lub oprawa aluminiowa w celu obniżenia ciężaru urządzenia.
- Jeżeli materiał wału ma wyższy współczynnik rozszerzalności cieplnej niż stal łożyskowa, następuje dodatkowe zmniejszenie promieniowego luzu wewnętrznego łożyska. Z tego powodu, w przypadku niektórych stali nierdzewnych używanych na wały (seria 300), stosuje się albo luźniejsze pasowanie łożyska na wale, albo wymagane jest użycie łożyska z powiększonym wewnętrznym luzem promieniowym, np. z luzu normalnego (CN) na C3, z C3 na C4, itd.
- Jeżeli stosowana jest oprawa wykonana z materiału o wyższym współczynniku rozszerzalności cieplnej niż stal łożyskowa, np. z aluminium, może być konieczne zastosowanie nieco ciśniejszego pasowania, aby uniknąć obracania się pierścienia zewnętrznego w gnieździe oprawy.

Postępowanie:

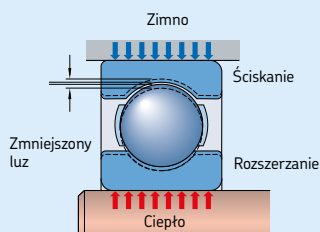
- W obu przypadkach może istnieć konieczność obliczenia wpływu nowego materiału wału lub oprawy na wewnętrzny luz łożyska i stosownie do sytuacji może być wymagana wymiana łożyska.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

13



Duża różnica temperatur między wałem a oprawą

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu:

- Ze względu na swoją konstrukcję, łożyskowania często mają wyższą temperaturę pierścienia wewnętrznego niż pierścienia zewnętrznego. Na przykład wał w silniku elektrycznym jest stosunkowo ciepły, co powoduje rozszerzanie się pierścienia wewnętrznego łożyska. Pokrywy silników, w których są zamontowane pierścienie zewnętrzne łożysk, mają dość dużą powierzchnię, dzięki czemu odprowadzanie ciepła jest ułatwione. W efekcie różnica temperatur jest dość znaczna.

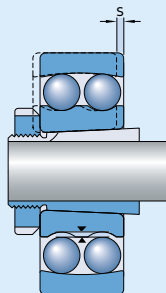
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Duża różnica temperatur między wałem a oprawą redukuje wewnętrzny luz łożyska, co może prowadzić do zbyt małego luzu lub nawet do napięcia wstępnego w łożysku i wystąpienia wysokich temperatur roboczych.

Postępowanie:

- Sprawdź temperaturę wału i oprawy jak najbliżej łożyska.
- Jeśli ma to uzasadnienie, wybierz łożysko z powiększonym wewnętrznym luzem promieniowym, aby uniknąć napięcia wstępnego, np. z luzu normalnego (CN) na C3, z C3 na C4, itd.

14



Zbyt daleko nasunięte łożysko na czop stożkowy

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Montaż łożyska z otworem stożkowym na czopie stożkowym (na wale lub na tulei) zmniejsza wewnętrzny luz promieniowy w łożysku.

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Zbyt duży przesuw osiowy „s” może prowadzić do zbyt małego luzu lub nawet do napięcia wstępnego w łożysku. W efekcie wystąpią wyższe temperatury robocze.
- Nadmierny przesuw osiowy „s” może spowodować wystąpienie wysokich naprężeń obwodowych w łożysku, które spowodują pęknięcie pierścienia wewnętrznego.

Postępowanie:

- Małe łożyska kulkowe wahlwe: Po zamontowaniu na wale sprawdź, czy pierścień zewnętrzny można wychylić bez problemu. Jeżeli tak nie jest, zdemontuj łożysko i rozpocznij procedurę montażu od początku.
- Duże łożyska kulkowe wahlwe, łożyska barytkowe i łożyska toroidalne CARB: Porównaj wynikowy luz po montażu z początkowym luzem łożyska. Skorzystaj z Dodatku F, rozpoczynającego się na stronie 402, aby uzyskać maksymalne dopuszczalne wartości redukcji luzu. Jeżeli luz pomontażowy jest zbyt mały, zdemontuj łożysko i rozpocznij procedurę montażu od początku.
- Aby montaż był prawidłowy, zastosuj metodę SKF Drive-up (z kontrolą przesuwu osiowego łożyska) lub metodę kąta dokręcania nakrętki do łożysk kulkowych wahlwe, metodę SKF Drive-up lub metodę pomiaru redukcji luzu w łożysku do łożysk barytkowych i łożysk toroidalnych CARB. Sprawdzonego łożyska SKF Drive-up (→ strona 57) jest łatwym sposobem uzyskania prawidłowego luzu roboczego łożyska bez konieczności używania szczelninomy. W przypadku łożysk wielkogabarytowych stosuj metodę SENSORMOUNT (→ strona 67).

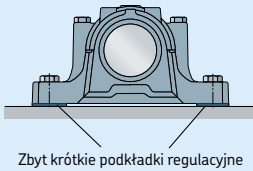
Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

15

**Łożysko jest zamontowane na/w zowalizowanym elemencie**

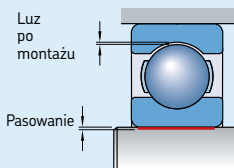
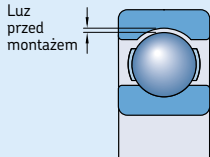
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Znajdowanie się pierścienia zewnętrznego łożyska w zowalizowanej lub zniekształconej oprawie (zaciśnięcie spowodowane owalnością) prowadzi do zmniejszenia luzu lub powstania napięcia wstępnego w łożysku i wzrostu temperatury roboczej.
- Często odzwierciedleniem takiej sytuacji jest występowanie dwóch stref obciążenia na bieżni pierścienia zewnętrznego przesuniętych względem siebie o 180°.
- Zaciśnięcie łożyska spowodowane owalnością może także ograniczyć przesuw osiowy łożyska swobodnego i wywołać wysokie obciążenia wzdłużne.

Postępowanie:

- Sprawdź, czy powierzchnia osadzenia jest płaska, aby uniknąć zjawiska miękkiej stopy. Jeżeli są stosowane podkładki regulacyjne to powinny one pokrywać całą powierzchnię podstawy oprawy.
- Upewnij się, że powierzchnia osadzenia oprawy jest wystarczająco sztywna, aby uniknąć uginania.
- Skontroluj okrągłość (owalność) gniazd łożyskowych na wale i w oprawie (→ **Dodatek D-1, strona 386**).
- W razie konieczności dokonaj koniecznych poprawek.

16

**Zbyt ciasne pasowanie na wale lub zbyt duża średnica gniazda łożyska na wale**

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu:

- Pasowanie ciasne między pierścieniem wewnętrznym łożyska a gniazdem na wale spowoduje rozszerzenie pierścienia wewnętrznego i zmniejszenie luzu wewnętrznego w łożysku.
- Efektem zbyt ciasnego pasowania może być za mały luz roboczy lub nawet napięcie wstępne w łożysku. To spowoduje wysoką temperaturę pracy łożyska.

Postępowanie:

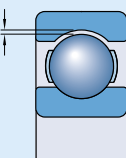
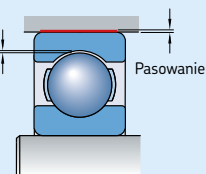
- Sprawdź, czy zainstalowane łożysko ma właściwy luz wewnętrzny.
- Jeżeli wał jest nowy lub zregenerowany, dokładnie sprawdź wymiary gniazda łożyskowego zarówno pod względem dokładności wymiarów jak i kształtu (→ **Dodatek D-1, strona 386**).
- Przed podjęciem jakichkolwiek działań naprawczych, sprawdź wymiary otworu w oprawie.
- Jeżeli wszystkie wymiary są zgodne ze specyfikacją, może być konieczne użycie łożyska z większym luzem wewnętrznym.
- Zauważ, że zastosowanie pasowania ciasnego na wale i w oprawie prawdopodobnie spowoduje, że luz roboczy w łożysku będzie zbyt mały (→ **Ustalenie promieniowe łożysk, początek na stronie 31**).

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

17

Luz
przed
montażem

Luz
po
montażu

Zbyt ciasne pasowanie w oprawie lub zbyt mała średnica gniazda łożyska w oprawie

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu:

- Pasowanie ciasne między pierścieniem zewnętrznym łożyska a gniazdem w oprawie spowoduje ściśnięcie pierścienia zewnętrznego i zmniejszenie luzu wewnętrznego w łożysku.
- Efektem zbyt ciasnego pasowania może być za mały luz roboczy lub nawet napięcie wstępne w łożysku. To spowoduje wysoką temperaturę pracy łożyska.

Postępowanie:

- Sprawdź, czy zainstalowane łożysko ma właściwy luz wewnętrzny.
- Jeżeli oprawa jest nowa lub zregenerowana, dokładnie sprawdź wymiary gniazda łożyskowego zarówno pod względem dokładności wymiarów jak i kształtu (→ **Dodatek D-1, strona 386**). Przeszlifuj gniazdo w oprawie na wymiar zapewniający odpowiednie pasowanie. Jeżeli nie ma takiej możliwości, zastosuj łożysko z większym luzem wewnętrznym.
- Zauważ, że zastosowanie pasowania ciasnego na wale i w oprawie prawdopodobnie spowoduje, że luz roboczy w łożysku będzie zbyt mały (→ **Ustalenie promieniowe łożysk, początek na stronie 31**).
- Zauważ, że w przypadku obciążenia wirującego względem pierścienia wewnętrznego, pasowanie ciasne w oprawie spowoduje ustalenie łożyska swobodnego, wywołując obciążenie wzdłużne i nadmierne grzanie łożyska.

18

Zbyt mocno obciążone łożyska w wyniku zmiany parametrów pracy w aplikacji

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy zmianie konstrukcji lub przebudowie:

- Większe obciążenia spowodują zmniejszenie trwałości eksploatacyjnej łożyska.
- Zwiększenie obciążeń zewnętrznych działających na łożysko spowoduje wytwarzanie większej ilości ciepła w łożysku.
- Dlatego, jeżeli wprowadzane są zmiany konstrukcyjne, sprawdź, czy nie wzrosną obciążenia działające na łożysko.

Przykłady:

- Przejście z przekazywania napędu przez sprzęgło na napęd pasowy.
- Zastąpienie sprzęgła kołem pasowym.
- Zwiększenie prędkości urządzenia.

Postępowanie:

- Zmiany parametrów pracy urządzenia powinny być skonsultowane z jego producentem.

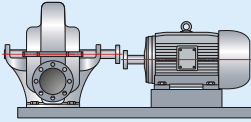
Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

19

**Niewspółosiowość równoległa dwóch jednostek**

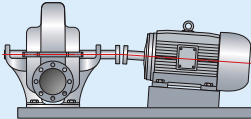
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Oś dwóch opraw nie są na jednej linii (w płaszczyźnie pionowej lub poziomej).
- To wywołuje dodatkowe obciążenia działające na łożyska i uszczelnienia, co zwiększa tarcie i temperaturę oraz redukuje trwałość eksploatacyjną łożysk, uszczelnień i środka smarnego.

Postępowanie:

- Wyosiuj oprawy przy pomocy odpowiedniego sprzętu, używając podkładek regulacyjnych do ustawienia opraw w pionie (→ *Osiowanie*, początek na stronie 158).

20

**Niewspółosiowość kątowa dwóch jednostek**

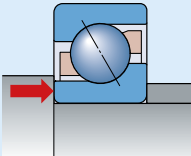
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Obie powierzchnie osadzenia nie są względem siebie wyrównane, jedna jest nachylona w stosunku do drugiej.
- To wywołuje dodatkowe obciążenia działające na łożyska i uszczelnienia, co zwiększa tarcie i temperaturę oraz redukuje trwałość eksploatacyjną łożysk, uszczelnień i środka smarnego.

Postępowanie:

- Wyosiuj oprawy przy pomocy odpowiedniego sprzętu, używając podkładek regulacyjnych (→ *Osiowanie*, początek na stronie 158).

21

**Łożysko zamontowane w odwrotną stronę, co powoduje obciążenie łożyska kulkowego skośnego**

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

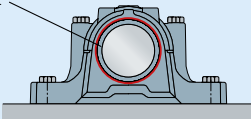
- Łożyska kierunkowe muszą być montowane we właściwą stronę, aby mogły pracować poprawnie.
- Na przykład: łożyska kulkowe skośne mogą przenosić obciążenia tylko w jednym kierunku. Jeżeli zostaną zamontowane w odwrotną stronę, obciążenie osiowe zostanie przejęte przez pierścień wewnętrzny od strony mniejszej średnicy, co spowoduje uszkodzenie łożyska, zwiększy ilość ciepła generowanego przez łożysko i doprowadzi do przedwczesnej awarii łożyska.

Postępowanie:

- Podczas montażu upewnij się, że obciążenie osiowe jest przenoszone przez „wysokie” obrzeże pierścienia łożyska.

22

Luz

**Niewyważenie**

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Niesymetrycznie rozłożony ciężar może wywołać obciążenie wirujące względem pierścienia zewnętrznego, co znacznie zwiększy ilość ciepła generowanego przez łożysko, gdyż wzrośnie obciążenie łożyska.

Postępowanie:

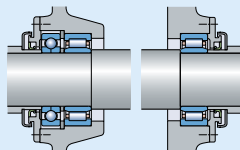
- Sprawdź wirnik pod kątem obecności zabudowanych zanieczyszczeń.
- Dokonaj ponownego wyważenia urządzenia.
- Zauważ, że zbyt duża średnica gniazda w oprawie także spowoduje drgania i pełzanie (obracanie się) pierścienia zewnętrznego.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

23



Niewłaściwe łożysko zostało ustalone (promieniowo)

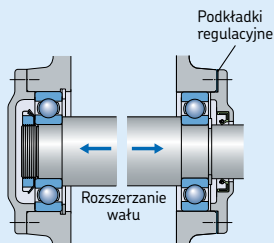
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu lub podczas montażu:

- W niektórych aplikacjach łożyskowanie w węzle ustalającym składa się z łożyska poprzecznego i łożyska wzdłużnego.
- Jeżeli łożysko poprzeczne jest unieruchomione w kierunku osiowym, będzie poddawane działaniu obciążeń osiowych, czego efektem będą zbyt wysokie obciążenia złożone. Może to prowadzić do wystąpienia nadmiernych temperatur i do przedwczesnego uszkodzenia łożyska.
- Jeżeli łożysko wzdłużne jest unieruchomione w kierunku promieniowym, będzie poddawane działaniu obciążeń promieniowych, czego efektem będą (zbyt) wysokie obciążenia złożone. Może to prowadzić do wystąpienia nadmiernych temperatur i do przedwczesnego uszkodzenia łożyska.

Postępowanie:

- Upewnij się, że łożysko poprzeczne ma swobodę ruchu w kierunku osiowym, a łożysko wzdłużne ma swobodę ruchu w kierunku promieniowym. Aby zapobiec obracaniu się pierścienia zewnętrznego łożyska wzdłużnego, należy zamontować ogranicznik, np. łożyska kulkowe skośnie jednorzędowe dwukierunkowe zwykle mają wycięcia ustalające w pierścieniu zewnętrznym.

24



Łożyska są dwustronnie ustalone i wał nie może się rozszerzać

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu lub podczas montażu:

- Kiedy łożyska są dwustronnie ustalone i rozszerzanie wału jest zbyt ograniczone, w obu łożyskach zostaną wywołane wewnętrzne obciążenia osiowe.
- Wywołane obciążenia mogą spowodować powstanie nadmiernej temperatury roboczej i zwiększonego momentu tarcia.
- Wywołane obciążenia mogą być wysokie i doprowadzić do przedwczesnego złuszczenia zmęczeniowego w łożysku.

Postępowanie:

- Umieść podkładki regulacyjne między oprawą a pokrywą, aby uzyskać odpowiedni luz między pokrywą a powierzchnią czołową pierścienia zewnętrznego, w celu uniknięcia napęcia wstępnego łożysk.
- Jeżeli to możliwe, przyłoż obciążenie osiowe za pomocą sprężyny do pierścienia zewnętrznego, aby zredukować luz osiowy w systemie łożyskowym.
- Wyznaczenie oczekiwanego wydłużenia wału powinno pomóc w ustaleniu, jaki jest wymagany luz między powierzchnią czołową pierścienia zewnętrznego łożyska a pokrywą oprawy.

25



Zatarcia, które powstają, gdy niewystarczająco obciążone elementy tczne ślizgają się

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu:

- Aby zapewnić prawidłową pracę i uniknąć zacierania, wszystkie łożyska kulkowe i waleczkowe muszą być zawsze poddawane określonej obciążeniu minimalnemu (→ *Interaktywny Katalog Techniczny SKF*, dostępny w trybie online na stronie www.skf.com).
- Jeżeli wymóg obciążenia minimalnego nie zostanie spełniony, może dojść do poślizgów elementów tcznych w łożysku. To zjawisko powoduje nadmierne grzanie i hałas. Zbyt sztywne smary mogą się przyczyniać do występowania takich sytuacji, zwłaszcza w bardzo niskich temperaturach.

Postępowanie:

- Muszą zostać przyłożone dodatkowe obciążenia zewnętrzne lub wymagane jest zastosowanie elementów zewnętrznych, takich jak sprężyny.
- Alternatywnie może być konieczne zastosowanie łożyska o innym luzie wewnętrznym lub łożyska innego typu.
- Właściwym rozwiązaniem może być także zastosowanie łożyska o mniejszych wymiarach.

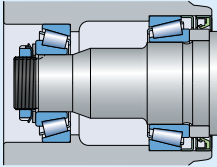
Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

26

**Nastawianie łożysk powoduje nadmierne napięcie wstępne**

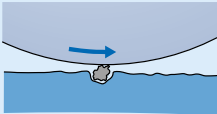
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Przy nastawianiu luzu osiowego lub napięcia wstępnego w układzie łożysk, zbyt mocne dokręcenie elementu regulacyjnego (nakrętki łożyskowej) może spowodować zbyt duże napięcie wstępne i nadmierne temperatury robocze.
- Zbyt duże napięcie wstępne zwiększy także moment tarcia w łożyskach. Przykład: łożyska stożkowe lub łożyska kulkowe skośne w układzie po jednym łożysku na każdym końcu wału.

Postępowanie:

- Dowiedz się od producenta urządzenia, jakie są prawidłowe procedury montażowe, aby uzyskać luz osiowy lub napięcie wstępne w łożyskowaniu.
- Użyj czujnika zegarowego do pomiaru ruchów osiowych wału w czasie i po nastawianiu łożysk.

27

**Stałe zanieczyszczenia wnikają do łożyska i powodują wgniecenia w powierzchniach tocznych**

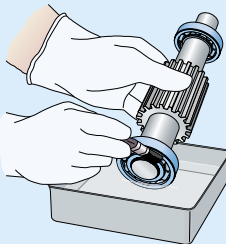
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Zanieczyszczenia mogą uszkodzić stykające się powierzchnie w łożysku, co zwiększy poziom hałasu i drgań. W niektórych przypadkach mogą także wzrosnąć temperatury robocze.

Postępowanie:

- Sprawdź uszczelnienie w następującym zakresie:
 - Czy zostało zastosowane prawidłowe uszczelnienie.
 - Czy uszczelnienie zostało prawidłowo zamontowane.
 - Czy uszczelnienie nie jest zużyte lub uszkodzone i czy nie ma wycieku środka smarnego.
- Może istnieć konieczność skrócenia okresu wymiany smaru. Dostarczenie mniejszych ilości świeżego smaru z większą częstotliwością może pomóc usunąć zanieczyszczony smar z łożyska/oprawy (→ *Wymiana smaru*, początek na **stronie 192**).
- Rozważ zamianę łożysk otwartych na łożyska uszczelnione.

28

**Stałe cząstki zanieczyszczeń pozostały w oprawie po procesie produkcji lub po uszkodzeniu wcześniej zamontowanego łożyska**

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas czyszczenia lub montażu i zagadnienie czystości środka smarnego:

- Może dojść do wgniecia w stykających się powierzchniach, jeżeli stałe zanieczyszczenia pochodzące z uszkodzonych poprzednio zamontowanych łożysk, ze zużycia innych elementów takich jak koła zębate lub z zanieczyszczonego środka smarnego zostaną w oprawie.
- Może to spowodować wzrost temperatury roboczej, poziomu hałasu i poziomu drgań.

Postępowanie:

- Usuń jakiegokolwiek zadziory i upewnij się, że wszystkie obrobinie skrawaniem powierzchnie są wygładzone.
- Dokładnie oczyść oprawę i wszystkie elementy wewnątrz oprawy zanim zamontujesz nowe łożysko.
- Upewnij się, że stosowany środek smarny jest czysty i nie zawiera żadnych zanieczyszczeń (Pojemniki ze smarem plastycznym powinny być zamknięte i prawidłowo przechowywane).

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

29



Płynne zanieczyszczenia redukują lepkość środka smarnego

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu lub smarowania i zagadnienie uszczelnienia:

- Płynne zanieczyszczenia redukują lepkość środka smarnego, co może doprowadzić do wystąpienia kontaktu metal-metal.
- Dodatkowo, może to spowodować powstanie korozji na stykających się powierzchniach w łożysku.
- Te warunki prowadzą do wzrostu temperatury, zużycia i poziomu hałasu.

Postępowanie:

- Sprawdź uszczelnienia w oprawie, aby mieć pewność, że będą stanowiły wystarczającą ochronę przed wnikiem płynnych zanieczyszczeń.
- Może istnieć konieczność skrócenia okresu wymiany smaru. Dostarczanie mniejszych ilości świeżego smaru z większą częstotliwością może pomóc usunąć zanieczyszczony smar z łożyska/oprawy (→ *Wymiana smaru*, początek na **stronie 192**).

30



Pierścień wewnętrzny pełza (obraca się) w miejscu osadzenia na wale

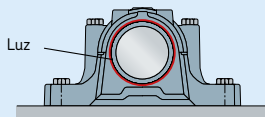
Zagadnienie pasowania i pełzania:

- W większości aplikacji obraca się wał a obciążenie działa w jednym kierunku. Taka sytuacja jest określana jako obciążenie wirujące względem pierścienia wewnętrznego i wymaga zastosowania pasowania z wciśnięciem na wale w celu uniknięcia ruchów względnych między pierścieniem łożyska a wałem. Prawidłowa praca łożysk w dużym stopniu jest uzależniona od zastosowania właściwych pasowań.
- Jednakże, pierścień wewnętrzny może pełzać lub obracać się w miejscu osadzenia na wale, jeżeli wał jest w tym miejscu podwymiarowy lub zużyty.
- Prowadzi to do zwiększenia poziomu hałasu i drgań, a także do większego zużycia.

Postępowanie:

- Metalizowanie i przeszlifowanie gniazda na wale na odpowiedni wymiar (→ *Ustalenie promieniowe łożysk*, początek na **stronie 31**).

31



Pierścień zewnętrzny pełza (obraca się) w miejscu osadzenia w oprawie

Zużyte lub nadwymiarowe gniazdo

Zagadnienie pasowania i pełzania:

- W większości aplikacji oprawa jest nieruchoma a obciążenie działa w jednym kierunku. Taka sytuacja jest określana jako obciążenie nieruchome względem pierścienia zewnętrznego i w większości przypadków pierścień zewnętrzny łożyska może być osadzony z luzem w oprawie.
- Jednakże, pierścień zewnętrzny może pełzać lub obracać się w miejscu osadzenia w oprawie, jeżeli oprawa jest w tym miejscu nadwymiarowa lub zużyta.
- Prowadzi to do zwiększenia poziomu hałasu i drgań, a także do większego zużycia.

Postępowanie:

- Metalizowanie i przeszlifowanie gniazda w oprawie na odpowiedni wymiar (→ *Ustalenie promieniowe łożysk*, początek na **stronie 31**).
- W przypadku dużych opraw przetoczenie gniazda na większą średnicę i zastosowanie tulei może być właściwym rozwiązaniem.

Niewyważenie

Zagadnienie pasowania i pełzania:

- Obciążenia wynikające z niewyważenia wału mogą spowodować pełzanie pierścienia zewnętrznego, nawet jeśli pasowania są prawidłowe.

Postępowanie:

- Wyeliminuj źródło niewyważenia.
- Dokonaj ponownego wyważenia urządzenia.

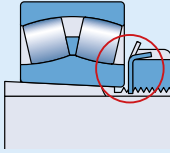
Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Nakrętka łożyskowa na wale lub na tulei wciąganej jest poluzowana

32



Nakrętka łożyskowa na wale lub na tulei wciąganej jest poluzowana

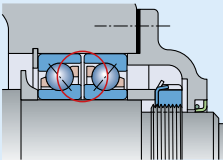
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Poluzowana nakrętka łożyskowa lub podkładka zabezpieczająca na wale, albo na tulei wciąganej może spowodować poluzowanie osadzenia łożyska w jego gnieździe.
- To może doprowadzić do pełzania (obracania się) pierścienia wewnętrznego w miejscu jego osadzenia na wale.
- Ta sytuacja może spowodować wzrost poziomu hałasu i ilość ciepła generowanego przez łożysko, ale prowadzi także do złego ustawienia łożyska.

Postępowanie:

- Dokręć nakrętkę łożyskową, aby uzyskać właściwe położenie pierścienia wewnętrznego (lub wewnętrznego łożyska) (→ *Montaż łożysk tocznych*, początek na stronie 44).
- Upewnij się, że nakrętka jest prawidłowo zabezpieczona, na przykład poprzez zagięcie zębka podkładki zębatej, po zakończeniu montażu.

33



Łożysko nie zostało prawidłowo dociśnięte do współpracujących elementów

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

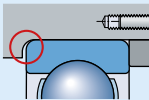
- Łożysko, które nie jest właściwie dociśnięte do współpracujących elementów może nie uzyskać wymaganego luzu wewnętrznego lub napęcia wstępnego.
- Ta sytuacja może spowodować wzrost poziomu hałasu i mieć negatywny wpływ na pracę łożyska.

Przykłady:

- Para dopasowanych łożysk kulkowych skośnych, które nie są odpowiednio dociśnięte.
- To może zwiększyć luz osiowy w zespole łożysk i doprowadzić do uszkodzeń w wyniku poślizgu kulek (zatarć), zwiększenia poziomu hałasu i problemów ze smarowaniem.
- Niewłaściwy zacisk łożyska wpłynie także na ustalenie położenia wału.

Postępowanie:

- Upewnij się, że element zabezpieczający dociska oba łożyska do występu oporowego na wale lub do tulei dystansowej.



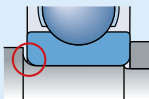
Zaokrąglenie przejścia (promień zaokrąglenia naroża) jest zbyt duży

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Jeżeli zaokrąglenie przejścia elementu przylegającego do łożyska jest zbyt duże, łożysko nie będzie prawidłowo podparte.
- W takich warunkach może dojść do odkształcenia pierścienia łożyska.
- Łożysko nie uzyska prawidłowego luzu wewnętrznego (napęcia wstępnego).

Postępowanie:

- Dokonaj obróbki zaokrąglenia przejścia, aby uzyskać prawidłowe podparcie.

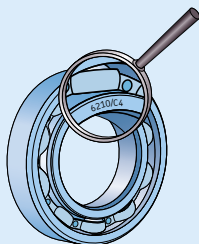


Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

34


Zbyt duży luz promieniowy lub osiowy w łożysku

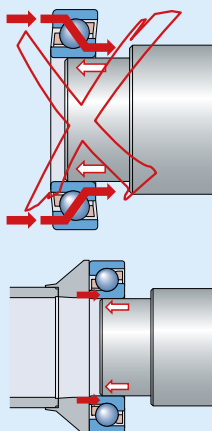
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Nadmierny luz promieniowy lub osiowy łożyska może zwiększyć poziom hałasu, ponieważ elementy toczne mają możliwość swobodnego poruszania się poza strefą obciążenia.
- Oprócz tego, zbyt duży luz ma szkodliwy wpływ na pracę łożyska, z powodu poślizgów elementów tocznych.

Postępowanie:

- Użycie sprężyn lub podkładek falistych może zapewnić wystarczające obciążenie osiowe, aby elementy toczne były cały czas obciążone (zwłaszcza w przypadku łożysk kulkowych).
- Sprawdź, jaki jest wymagany luz początkowy w łożysku, w razie potrzeby zmień dobór luzu.

35


Powierzchnie toczne są wgniecione w wyniku uderzenia lub obciążenia udarowego (nieprawidłowa metoda montażu)

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu:

- Większość łożysk jest montowana z pasowaniem ciasnym albo na wale, albo w oprawie.

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Kiedy montujesz pierścień łożyska, który ma pasowanie ciasne, zawsze przykładaj siłę montażową do tego pierścienia. Nigdy nie dopuść, aby siła montażowa była przenoszona przez elementy toczne, gdyż może to spowodować powstanie wgnieceń w bieżniach i elementach tocznych.
- Takie uszkodzenia mogą spowodować wzrost poziomu hałasu i drgań oraz wyższą temperaturę roboczą.
- Łożysko prawdopodobnie ulegnie przedwczesnej awarii.

Postępowanie:

- Wymień łożysko.
- Nigdy nie uderzaj bezpośrednio młotkiem w jakąkolwiek część łożyska podczas montażu. Zawsze używaj tulei montażowej.
- Dokonaj weryfikacji procedur montażowych, upewniając się, że siły montażowe nie są przenoszone przez elementy toczne (→ *Montaż na zimno*, początek na **stronie 53**).
- Używaj narzędzi do montażu łożysk. (Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF jest doskonały do mniejszych łożysk).

36


Na powierzchniach tocznych są fałszywe odciski Brinella z powodu drgań

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- W czasie, gdy urządzenie nie pracuje, drgania pochodzące od innych maszyn mogą spowodować tzw. fałszywe odciski Brinella na bieżniach. To uszkodzenie zazwyczaj występuje w strefie obciążenia i charakteryzuje się wgnieceniami, których rozmieszczenie odpowiada rozstawowi elementów tocznych.
- Ten powszechnie spotykany problem prowadzi do zwiększenia poziomu hałasu w urządzeniach, które pozostają w bezruchu przez dłuższy okres czasu, a sąsiadujące z nimi maszyny pracują, czyli dotyczy to urządzeń rezerwowych.

Postępowanie:

- Okresowo obracaj wał w urządzeniu rezerwowym, aby zminimalizować efekt działania drgań.
- Izolowanie urządzeń od drgań byłoby dobrym rozwiązaniem, ale nie zawsze jest praktyczne.
- *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

37



Na powierzchniach tocznych są złuszczenia z powodu zmęczenia materiału

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Czyste zmęczenie materiału w łożyskach wysokiej jakości występuje rzadko.
- Złuszczenia zmęczeniowe są wynikiem nienormalnych warunków pracy, prowadzących do wyższych naprężeń w łożysku, takich jak niewspółosiowość, zaciśnięcie z powodu owalności lub rezultatem defektów materiałowych, takich jak wtrącenia w stali o niskiej jakości.

Postępowanie:

- Używaj jedynie łożysk wysokiej jakości.
- Zbadaj uszkodzone łożyska pod względem występowania niewspółosiowości. Przeprowadź osiowanie, jeśli to konieczne.
- Zbadaj uszkodzone łożyska pod względem występowania zaciśnięcia z powodu owalności. Napraw i obrób gniazda pod łożyska, jeśli to konieczne.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

38



Na powierzchniach tocznych są złuszczenia z powodu uszkodzenia zmęczeniowego zapoczątkowanego na powierzchni

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas pracy urządzenia:

- Niewystarczające smarowanie prowadzi do kontaktu metal-metal między powierzchniami tocznymi.
- Przyczyny obejmują zbyt niską lepkość w temperaturze pracy, obecność cząstek pochodzących ze zużycia i wnikięcie zanieczyszczeń.

Postępowanie:

- Dokonaj weryfikacji lepkości roboczej środka smarnego, uwzględniając rzeczywiste warunki pracy.
- Aby usunąć cząstki pochodzące ze zużycia, rozważ częstszą wymianę środka smarnego.
- Sprawdź, w jakim stanie są uszczelnienia.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.



Na powierzchniach tocznych są złuszczenia zainicjowane przez uszkodzenia na powierzchni

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu lub pracy urządzenia:

- Uszkodzenia zainicjowane na powierzchni obejmują takie sytuacje, jak odciski wywołane przez uderzenie, fałszywe odciski Brinella z powodu drgań, wytrawienia wodne, wgniecenia cząstek zanieczyszczeń, przepływ prądu elektrycznego, itd.

Postępowanie:

- Zidentyfikuj źródło uszkodzenia i podejmij właściwe działania, np. wyeliminuj przenoszenie sił przez elementy toczne podczas montażu, wymień uszczelnienia, aby uniknąć wnikięcia zanieczyszczeń, dokonaj prawidłowego uziemienia urządzenia, itd.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

39


Wytrawienia na powierzchniach tocznych spowodowane przez zanieczyszczenia chemiczne/ciekłe (woda, kwasy, gazy lub inne czynniki korozyjne)

Podczas postoju:

- Wytrawienia (korozja) powstają, gdy urządzenie pozostaje w stanie spoczynku i najczęściej występują w łożyskach smarowanych smarem plastycznym.
- Uszkodzenia powstające w wyniku zjawiska wytrawiania statycznego zazwyczaj występują w odległościach odpowiadających rozstawowi elementów tocznych.

Postępowanie:

- Sprawdź system uszczelniający.
- Zmodernizuj węzeł uszczelniający montując tarczę ochronną i/lub odrzutnik.
- Dostarczanie mniejszych ilości świeżego smaru z większą częstotliwością może pomóc usunąć zanieczyszczony smar z łożyska/oprawy (→ *Wymiana smaru*, początek na **stronie 192**).
- Okresowo obracaj wał, aby zminimalizować szkodliwy efekt wytrawiania statycznego.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

40

Bieżnie i/lub elementy toczne mają (mikro) złuszczenia

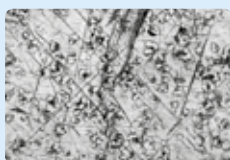
Podczas pracy:

- Mikrozłuszczenia powierzchni tocznych, czasami zwane pittingiem, są albo wynikiem działania zanieczyszczeń korozyjnych, albo upływu prądu (erozji elektrycznej).
- Niezależnie od przyczyny nastąpi wzrost poziomu hałasu i drgań.

Postępowanie:

- → *Kody rozwiązań 39 i 41*.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

41


Bieżnie i/lub elementy toczne mają (mikro) złuszczenia

Podczas pracy:

- Upływ prądu (erozja elektryczna) – prąd przepływający przez łożysko – może doprowadzić do powstania kraterów na powierzchni. Ponieważ są one bardzo małe, trudno je oglądać gołym okiem. Detektor wyładowań elektrycznych jest bezkontaktowym przyrządem, który może pomóc w wykryciu wyładowań elektrycznych w łożysku.

Postępowanie:

- Oglądaj powierzchnię w powiększeniu od 500 x do 1000 x, aby potwierdzić występowanie kraterów.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

Żółtkowanie na powierzchniach tocznych

Podczas pracy:

- Żółtkowanie na bieżniach jest drugim najczęściej występującym uszkodzeniem przypisywanym przepływowi prądu elektrycznego przez łożysko.
- W niektórych rzadkich przypadkach, prążki na powierzchni mogą być wynikiem drgań podczas pracy.
- Przepływ prądu przez łożysko może być wynikiem problemów z uziemieniem, działania przemienników częstotliwości, problemów z okablowaniem, wynikać z konstrukcji silnika elektrycznego i maszyny napędzanej.

Postępowanie:

- Sprawdź, czy urządzenie jest prawidłowo uziemione.
- Jeżeli prawidłowe uziemienie nie usunie problemu, alternatywne rozwiązania obejmują zastosowanie łożysk typu INSOCOAT (z pokryciem izolacyjnym), łożysk hybrydowych (z ceramicznymi elementami tocznymi) lub użycie tulei izolacyjnej w otworze oprawy.
- → *Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny*, początek na **stronie 288**.

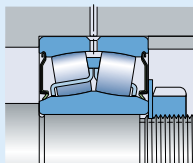
Tabela 2 kontyn.

Warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk i środki zaradcze

Kod rozwiązania

Warunki / Praktyczne środki zaradcze

42

**Ząbki podkładki zębatej są wygięte i zahaczają o koszyk lub uszczelnienie łożyska**

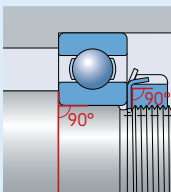
Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu:

- Niektóre podkładki zabezpieczające mają wygięte ząbki, które mogą zahaczać o koszyk lub uszczelnienie łożyska, powodując hałas oraz przyspieszone zużycie i uszkodzenie.
- Używane podkładki zabezpieczające mogą mieć także uszkodzony ząbek blokujący lub ząbek przeciwbrotowy, który nie jest widoczny i może ulec ścięciu w późniejszym czasie.

Postępowanie:

- Nigdy nie stosuj ponownie używanych podkładek zabezpieczających (i nakrętek).
- Zauważ, że nakrętki łożyskowe KMFE mają występ zapewniający, że nie dojdzie do uszkodzenia tego typu; alternatywnie między łożyskiem a nakrętką można umieścić pierścień pośredni.

43

**Występy oporowe na wale i/lub w oprawie nie są prostopadłe do gniazda łożyska**

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu

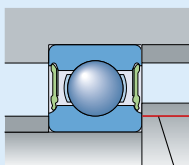
dotyczące występów oporowych:

- Nieprostopadłe występy oporowe wału/oprawy mogą odkształcić pierścienie łożyskowe, co spowoduje wzrost momentu tarcia w łożysku i generowanie dodatkowego ciepła.
- Kody rozwiązań 19 i 20.

Postępowanie:

- Dokonaj obróbki części, aby uzyskać właściwą prostopadłość.

44



Prawidłowa wysokość

Występ oporowy na wale jest zbyt wysoki i zahacza o uszczelnienie/blaszkę ochronną łożyska

Zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę podczas montażu lub pracy urządzenia dotyczące występów oporowych:

- Jeżeli występ oporowy jest zbyt wysoki, może zahaczać o uszczelnienie/blaszkę ochronną łożyska.

Postępowanie:

- Sprawdź, czy występ oporowy jest wykonany zgodnie z zaleceniami zamieszczonymi w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF*, dostępnym w trybie online na stronie www.skf.com.
- Dokonaj obróbki występu oporowego do prawidłowej wysokości.



Demontaż

Demontaż łożysk tocznych	254	Demontaż łożysk z opraw niedzielonych	267
O czym należy pamiętać	254	Demontaż ręczny	267
Przygotowania do demontażu	254	Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego	268
Właściwe metody demontażowe	255	Demontaż metodami cieplnymi	269
Demontaż łożysk osadzonych na czopach walcowych	256	Równoczesny demontaż łożysk z wału i z oprawy niedzielonej	269
Demontaż ręczny	256		
Demontaż za pomocą ściągarza ze wspomaganie hydraulicznym	257	Demontaż zespołów łożyskowych	270
Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego	258	O czym należy pamiętać	270
Demontaż za pomocą prasy	258	Przygotowania do demontażu	271
Demontaż metodami cieplnymi	258	Demontaż zespołów łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi)	272
Demontaż łożysk osadzonych na czopach stożkowych	259	Demontaż zespołów łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym	273
Demontaż ręczny	260	Demontaż zespołów łożysk kulkowych z tuleją wciągana	274
Demontaż za pomocą ściągarza ze wspomaganie hydraulicznym	260	Demontaż zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra	275
Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego	260	Demontaż zespołów łożysk wałeczkowych SKF ConCentra	276
Demontaż łożysk osadzonych na tulejach wciąganych	260	Demontaż zespołów łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym	276
Demontaż ręczny: wały gładkie	262	Demontaż opraw łożyskowych	278
Demontaż ręczny: wały stopniowane	262	O czym należy pamiętać	278
Demontaż za pomocą nakrętki hydraulicznej	262	Przygotowania do demontażu	278
Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego	264	Demontaż opraw stojących dzielonych	280
Demontaż łożysk osadzonych na tulejach wciskanych	264	Demontaż opraw kołnierзовych	282
Demontaż ręczny	264		
Demontaż za pomocą nakrętki hydraulicznej	266	Zdejmowanie uszczelnień	284
Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego	266	Zdejmowanie uszczelnień bezstykowych	284
		Zdejmowanie uszczelnień stykowych	284

Demontaż łożysk tocznych

O czym należy pamiętać

Podczas demontażu zawsze istnieje ryzyko uszkodzenia dobrego łożyska. Dlatego, gdy jest to możliwe, nie demontuj nieuszkodzonego łożyska. Jednakże, kiedy musisz zdjąć łożysko i masz zamiar je ponownie użyć, pamiętaj o następujących zasadach:

- Nie uderzaj bezpośrednio w pierścienie łożyskowe ani w inne części łożyska.
- Nigdy nie pozwól, aby siła demontażowa była przenoszona przez elementy toczne.
- Nie podgrzewaj łożyska za pomocą otwartego płomienia.

Narzędzia i metody stosowane do demontażu łożysk tocznych często są uzależnione od wielkości łożyska. Ogólnie, łożyska można podzielić na:

- łożyska małe: średnica otworu $d \leq 80$ mm
- łożyska średniej wielkości: średnica otworu $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- łożyska duże: średnica otworu $d \geq 200$ mm

Po zdemontowaniu łożyska umyj je odpowiednim rozpuszczalnikiem i dokładnie wysusz. Sprawdź wszystkie części łożyska, zwłaszcza bieżnie, elementy toczne i koszyk pod kątem zużycia lub uszkodzenia. Jeżeli łożysko nadaje się do ponownego wykorzystania, zabezpiecz je przed korozją pokrywając całkowicie smarem, olejem lub płynem antykorozyjnym i zapakuj.

Zwykle małych uszczelnionych łożysk i łożysk, które są bardzo zabrudzone lub pokryte twardą powłoką utlenionego środka smarnego nie optaca się czyścić. Ekonomiczniej jest zezłomować stare łożysko i zastąpić je nowym.

UWAGA: Zaznacz względną pozycję łożyska w oprawie (lub na wale) (→ **ilustr. 1**) przed zdemontowaniem łożyska. Kiedy nieuszkodzone łożysko jest montowane ponownie, zazwyczaj nieruchomy pierścień łożyska jest obracany o 120 do 180° , aby nowa część bieżni znalazła się w strefie obciążenia.

Narzędzia i produkty do demontażu są dostępne z SKF Maintenance Products (→ **Dodatek 0**, początek na **stronie 435**). Płyn SKF do demontażu jest odpowiedni do stosowania podczas demontażu za pomocą narzędzi ze wspomaganie hydraulicznym i kiedy używana jest metoda wtłoku olejowego. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferuje obszerny zakres szkoleń w zakresie demontażu łożysk (→ **Szkolenia**, początek na **stronie 326**). Skontaktuj się z przedstawicielem SKF w celu uzyskania dodatkowych informacji lub odwiedź stronę www.skf.com/services.

Przygotowania do demontażu

Poświęcenie czasu na przygotowania może ułatwić demontaż. Jeżeli są dostępne rysunki złożeniowe, zapoznaj się z nimi i zobacz, jak wygląda węzeł łożyskowy. Następnie, przed rozpoczęciem pracy, zastosuj się do następujących wytycznych:

- Oczyszczyć dokładnie miejsce na maszynie, gdzie jest węzeł łożyskowy i obszar otaczający.
- Przygotuj odpowiednie pojemniki do pobrania próbek środka smarnego i zebrania zużytego środka smarnego.
- Przygotuj odpowiedni rozpuszczalnik, np. ropę naftową, naftę lub silny roztwór alkaliczny, aby oczyścić wał, oprawę i łożysko, jeżeli ma być ponownie użyte.

UWAGA: Ze względu na ochronę środowiska, SKF nie zaleca stosowania rozpuszczalników chlorowanych.

Właściwe metody demontażowe

SKF zaleca stosowanie jednej z następujących metod do demontażu łożysk:

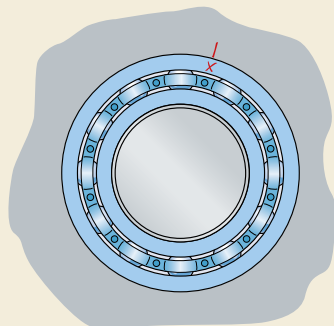
- demontaż ręczny
- demontaż za pomocą narzędzi ze wspomaganiem hydraulicznym.
- demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego.
- demontaż metodami cieplnymi

Stosowana metoda w znacznym stopniu zależy od wielkości i rodzaju łożyska. Małe łożyska mogą być zdejmowane z ich gniazd za pomocą narzędzi mechanicznych. Do demontażu większych łożysk na ogół potrzebna jest wyższa siła, niż mogą zapewnić narzędzia mechaniczne. Z tego powodu SKF zaleca albo stosowanie narzędzi ze wspomaganiem hydraulicznym, albo użycie metody wtrysku olejowego lub połączenia obu sposobów.

Pierścienie grzewcze lub specjalne nagrzewnice indukcyjne mogą być używane do zdejmowania pierścieni wewnętrznych łożysk igiełkowych lub łożysk walcowych konstrukcji NU, NJ i NUP. Jednakże, wykorzystywanie podgrzewania do zdejmowania łożysk innych typów powinno być wykorzystywane tylko jako ostatnia deska ratunku.

Aby można było użyć metody wtrysku olejowego, już na etapie projektowania węzła łożyskowego musi być uwzględnione wykonanie wszystkich kanałów doprowadzających i rowków rozprzodających olej (→ **Dodatek G, strona 405**).

Ilustr. 1



Demontaż łożysk osadzonych na czopach walcowych

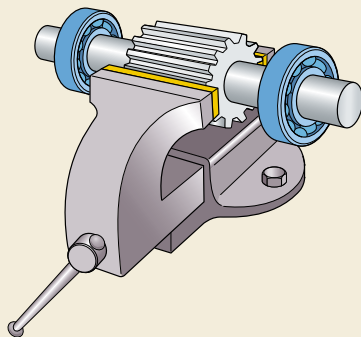
Demontaż ręczny

Jeśli to możliwe, podeprzyj wał w odpowiednim imadle stołowym (→ **ilustr. 2**), aby uniknąć uszkodzenia wału lub łożyska w procesie demontażu.

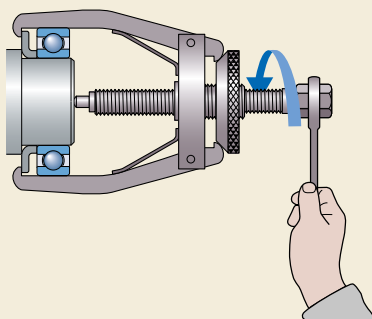
Małe łożyska mogą być zdejmowane z wału za pomocą ściągacza mechanicznego. Pazury ściągacza muszą być przyłożone do pierścienia wewnętrznego łożyska lub do przylegającego elementu, np. pierścienia labiryntowego (→ **ilustr. 3**).

Jeżeli nie można zaczepić pazurami ściągacza za pierścień wewnętrzny lub za odpowiedni sąsiadujący z łożyskiem element, ściągaj łożysko za pierścień zewnętrzny. Aby uniknąć uszkodzenia łożyska podczas ściągania, SKF zaleca obracanie pierścienia zewnętrznego w czasie demontażu łożyska (→ **ilustr. 4**). Jednakże, gdy stosowana jest taka technika demontażu, SKF nie zaleca ponownego użycia łożyska.

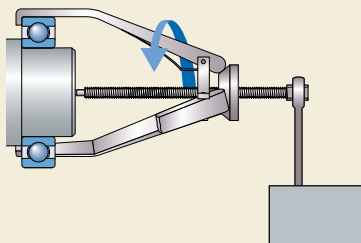
ilustr. 2



ilustr. 3



ilustr. 4



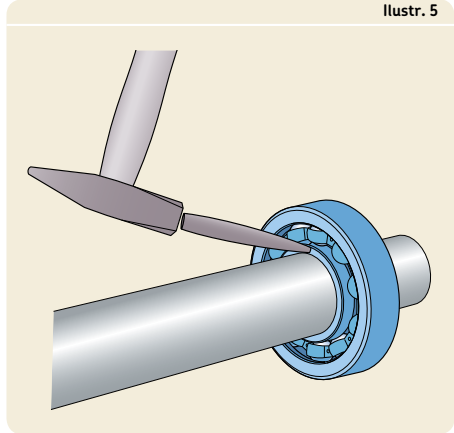
Jeżeli odpowiedni ściągacz nie jest dostępny, do zbijania łożyska z jego gniazda można użyć młotka i punktaka z miękkiego metalu lub podobnego narzędzia. Lekkie uderzenia młotkiem należy przykładać równomiernie na całym obwodzie powierzchni czołowej pierścienia wewnętrznego (→ **ilustr. 5**). Bądź ostrożny przy stosowaniu tej techniki, ponieważ bardzo łatwo można uszkodzić wał. Także, SKF nie zaleca ponownego użycia łożyska, ponieważ mogło dojść do jego niewidocznego uszkodzenia w czasie demontażu.

Demontaż za pomocą ściągacza ze wspomaganie hydraulicznym

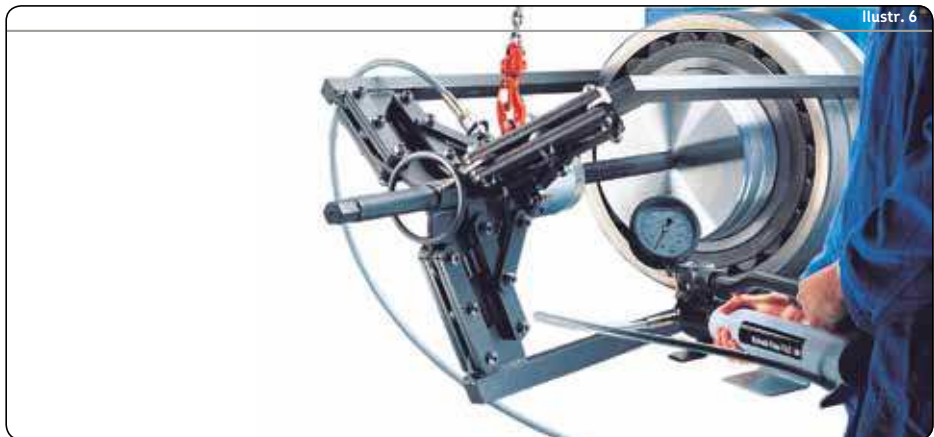
Siła potrzebna do zdemontowania łożysk osadzonych z pasowaniem ciasnym na wale rośnie szybko wraz z wielkością łożyska. Z tego powodu SKF zaleca stosowanie wytrzymałych ściągaczy ze wspomaganie hydraulicznym (→ **ilustr. 6**) do demontażu dużych łożysk. Te ściągacze są zazwyczaj dostępne do łożysk o średnicy zewnętrznej do 500 mm. Podczas stosowania tych narzędzi stosuj się do instrukcji dostarczonej wraz ze ściągaczem.

SKF oferuje także zestawy ściągaczy ze wspomaganie hydraulicznym, które mogą być używane do demontażu małych i średnich łożysk.

ilustr. 5



ilustr. 6



Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego

Metoda wtrysku olejowego może być stosowana do demontażu łożysk z otworem walcowym. W tej metodzie, olej o lepkości około $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ w 20°C (70°F), jest wtryskiwany pod wysokim ciśnieniem między gniazdo na wale a otwór pierścienia wewnętrznego łożyska, aż film olejowy całkowicie oddzieli stykające się powierzchnie ($\rightarrow$ ilustr. 7). Jeżeli łożysko zostanie natychmiast zdjęte bez żadnych przerw w trakcie ściągania, do demontażu będzie potrzebna stosunkowo mała siła.

Demontaż za pomocą prasy

Bardzo wygodnym sposobem zdejmowania łożyska z jego miejsca osadzenia na wale jest użycie prasy przyłożonej do końca wału. W tym przypadku pierścień wewnętrzny łożyska musi być podparty ($\rightarrow$ ilustr. 8).

Demontaż metodami cieplnymi

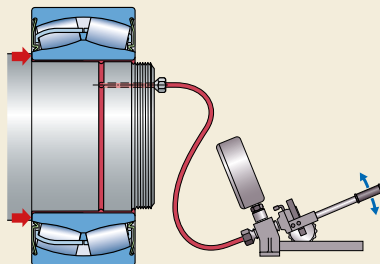
Demontaż poprzez podgrzewanie jest odpowiednią metodą do zdejmowania pierścieni wewnętrznych łożysk igiełkowych lub łożysk walcowych konstrukcji NU, NJ i NUP. Powszechnie do tego celu stosowane są dwa rodzaje przyrządów: pierścienie grzewcze i nagrzewnice indukcyjne.

Pierścienie grzewcze są zazwyczaj używane do montażu i demontażu pierścieni wewnętrznych małych i średniej wielkości łożysk, które mają taką samą wielkość.

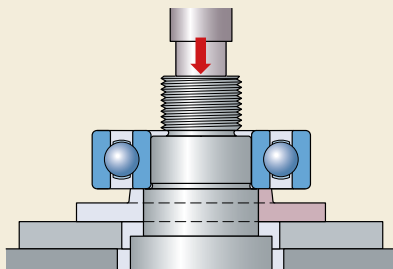
Pierścienie grzewcze są wykonane z lekkiego stopu, mają promieniowe szczeliny i są wyposażone w izolowane uchwyty ($\rightarrow$ ilustr. 9).

Procedura demontażu jest prosta. Pokryj bieżnię pierścienia wewnętrznego olejem odpornym na utlenianie. Umieść pierścień grzewczy na płycie grzewczej i podgrzej do temperatury około 280°C (540°F). Załóż gorący pierścień grzewczy na pierścień wewnętrzny łożyska i ściśnij razem uchwyty. Nastąpi szybkie przekazanie ciepła do pierścienia wewnętrznego łożyska. Jak tylko pierścień wewnętrzny zostanie poluzowany, ściągaj zarówno przyrząd jak i pierścień łożyska. Następnie wyjmij pierścień wewnętrzny łożyska z pierścienia grzewczego.

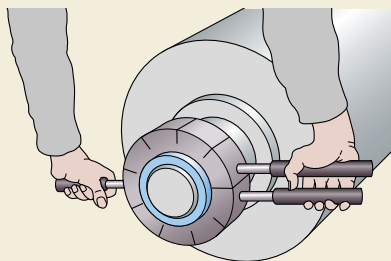
ilustr. 7



ilustr. 8



ilustr. 9

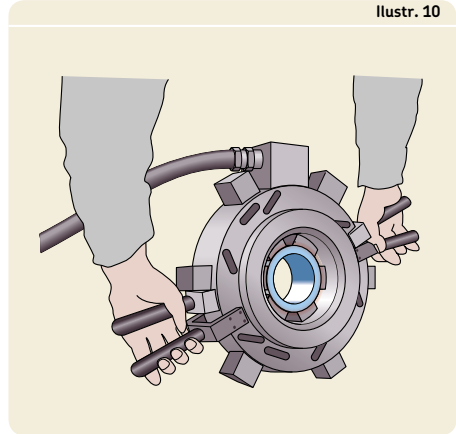


Ilustr. 10

Jeżeli pierścienie wewnętrzne o różnych średnicach są często demontowane, SKF zaleca stosowanie Regulowanej nagrzewnicy indukcyjnej SKF. Te elektryczne nagrzewnice indukcyjne (→ **ilustr. 10**) szybko podgrzewają pierścień wewnętrzny bez podgrzewania wału. Jeżeli pierścień wewnętrzny łożyska ma być ponownie użyty, po zdemontowaniu powinien być zdemagnetyzowany.

Do częstego demontażu pierścieni wewnętrznych średnich i dużych łożysk walcowych, takich jak łożyska czopa walca w walcarce, SKF zaleca stosowanie Stałej nagrzewnicy indukcyjnej SKF.

Pierścienie grzewcze i nagrzewnice indukcyjne są dostępne z SKF. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com.



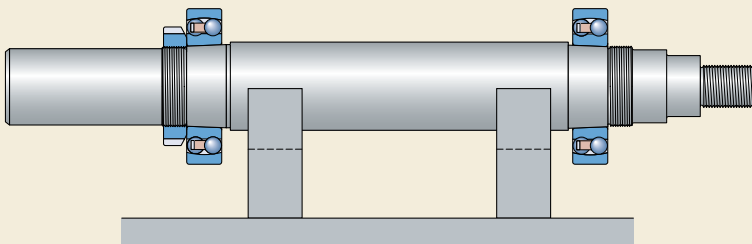
Demontaż łożysk osadzonych na czopach stożkowych

Aby uniknąć uszkodzenia wału lub łożyska w czasie procesu demontażu, należy prawidłowo podeprzeć wał. Aby to zrobić użyj odpowiedniego imadła stołowego, dwóch podstawek pryzmowych (→ **ilustr. 11**) lub wciągnika wielokrążkowego.

PRZESTROGA

W celu uniknięcia ryzyka wystąpienia poważnych urazów, zamontuj zabezpieczenie na końcu wału, takie jak nakrętka łożyskowa, aby ograniczyć przesuw łożyska, gdy nagle zostanie ono zluzowane na wale.

Ilustr. 11



Demontaż

Demontaż ręczny

Małe łożyska mogą być zdejmowane za pomocą ściągacza mechanicznego, który zaczepli o pierścień wewnętrzny. Powinny być stosowane ściągacze samocentrujące, wyposażone w uruchamiane za pomocą sprężyn ramiona, aby uprościć procedurę i uniknąć uszkodzenia gniazda łożyskowego.

Jeżeli nie można zaczeplić pazurami ściągacza za pierścień wewnętrzny, ściągnij łożysko za pierścień zewnętrzny lub użyj ściągacza w połączeniu z płytą ciągnącą (→ ilustr. 12).

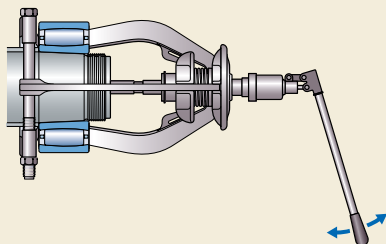
Demontaż za pomocą ściągacza ze wspomaganie hydraulicznym

Do demontażu większych łożysk na ogół jest wymagana znaczna siła i powinny być one ściągane ze swoich stożkowych gniazd za pomocą ściągaczy ze wspomaganie hydraulicznym (→ ilustr. 6, strona 256). Te ściągacze są zazwyczaj dostępne do łożysk o średnicy zewnętrznej do 500 mm.

Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego

Demontaż średnich i dużych łożysk z wałów stożkowych jest łatwiejszy i dużo bezpieczniejszy, gdy stosowana jest metoda wtrysku olejowego. W tej metodzie, olej o lepkości około $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ w 20°C (70°F) jest wtryskiwany pod wysokim ciśnieniem między dwie dopasowane powierzchnie stożkowe, poprzez kanał doprowadzający i rowek rozprowadzający olej. To znacznie zmniejsza tarcie między dwoma powierzchniami i wytwarza siłę wzdłużną, która oddziela łożysko od jego gniazda (→ ilustr. 13).

Ilustr. 12



PRZESTROGA

W celu uniknięcia ryzyka wystąpienia poważnych urazów, zamontuj zabezpieczenie na końcu wału, takie jak nakrętka łożyskowa, aby ograniczyć przesuw łożyska, gdy nagle zostanie ono luzowane na wale.

Demontaż łożysk osadzonych na tulejach wciąganych

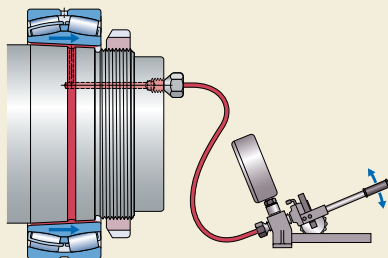
Wybór metody do zdemontowania łożyska osadzonego na tulei wciąganej zależy od następujących czynników:

- rozmiaru łożyska
- typu łożyskowania: wał gładki czy stopniowany (→ ilustr. 14)
- konstrukcji tulei wciąganej: czy ma kanał doprowadzający i rowek rozprowadzający olej do wtrysku olejowego, czy nie (→ ilustr. 15)

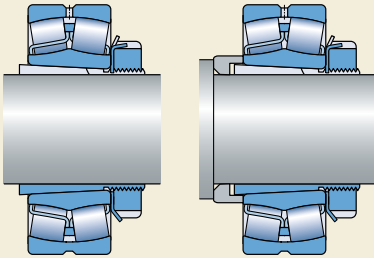
We wszystkich przypadkach demontaż rozpoczyna się w następujący sposób (→ ilustr. 16):

- Usunąć nadmiar środka smarnego i oczyścić węzeł łożyskowy.

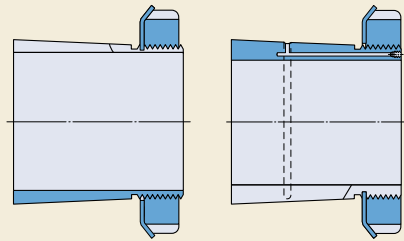
Ilustr. 13



Ilustr. 14

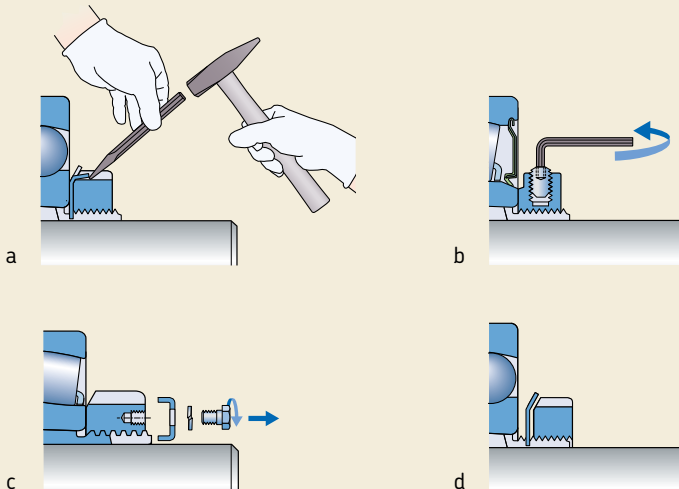


Ilustr. 15



- W zależności od elementu zabezpieczającego:
 - Wyjmij zagięty ząbek podkładki zabezpieczającej z nakrętki łożyskowej (a).
 - Poluzuj wkręt dociskowy w nakrętce łożyskowej (b).
 - Zdejmij podkładkę kształtową przymocowaną do nakrętki łożyskowej (c).
 - Odkręć nakrętkę łożyskową o kilka obrotów (d).

Ilustr. 16



Demontaż ręczny: wały gładkie

Małe łożyska osadzone na tulei wciąganej na wale gładkim mogą być demontowane poprzez uderzanie odpowiednim młotkiem w wały stalowy wybijał segmentowy przykładany równomiernie na obwodzie powierzchni czołowej pierścienia wewnętrznego (→ **ilustr. 17**). Przed przystąpieniem do tej czynności należy odkręcić nakrętkę łożyskową tulei o kilka obrotów. Także, aby ułatwić ponowny montaż, zaznacz położenie tulei na wale. Kiedy łożysko zostanie zsunięte z gniazda, zdejmij z wału nakrętkę łożyskową, podkładkę zabezpieczającą, łożysko i tuleję. Aby ułatwić zdejmowanie, rozszerz tuleję wkładając mały plastikowy klin lub śrubokręt w szczelinę tulei.

UWAGA: Stalowy wybijał pokazany jest częścią wytoczonego pierścienia i można go łatwo wykonać na podstawie wymiarów podanych w tabelach produktów w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF*, dostępnym w trybie online na stronie www.skf.com.

Demontaż ręczny: wały stopniowane

Małe łożyska osadzone na tulei wciąganej na wale stopniowanym mogą być demontowane poprzez kilka zdecydowanych uderzeń młotka przyłożonych do tulei demontażowej przylegającej do nakrętki łożyskowej tulei wciąganej (→ **ilustr. 19**). Kiedy łożysko zostanie zsunięte z gniazda, zdejmij z wału nakrętkę łożyskową, podkładkę zabezpieczającą, a także łożysko, tuleję i pierścień oporowy. Aby ułatwić zdejmowanie, rozszerz tuleję wkładając mały plastikowy klin lub śrubokręt w szczelinę tulei.

UWAGA: Do wałów o średnicy ≤ 55 mm stosuj Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **stronie 72**).

Demontaż za pomocą nakrętki hydraulicznej

Stosowanie nakrętki hydraulicznej do demontażu łożysk osadzonych na tulei wciąganej na wale stopniowanym znacznie ułatwia ściąganie łożysk. Jednakże, aby można było użyć tej metody, musi istnieć możliwość zamontowania odpowiedniego elementu oporowego, o który będzie się opierał tłok nakrętki hydraulicznej (→ **ilustr. 20**). Tym elementem oporowym może być płyta przykręcona śrubami do powierzchni czołowej wału lub dwuczęściowy

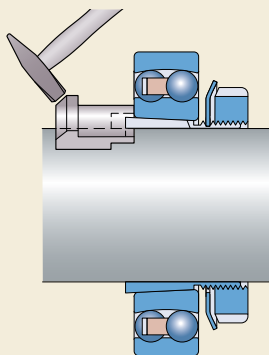
pierścień umieszczony w rowku na wale i utrzymywany w całości przez jednoczęściowy pierścień.

Umieść nakrętkę hydrauliczną na tulei wciąganej tłokiem zwróconym na zewnątrz. Pozostaw szczelinę między łożyskiem a nakrętką hydrauliczną, która będzie większa niż odległość o jaką przesunięto łożysko na tulei podczas montażu. Podłącz pompę hydrauliczną do nakrętki hydraulicznej. Po podaniu ciśnienia do nakrętki hydraulicznej, tłok będzie wypychał tuleję wciąganą do wnętrza pierścienia oporowego aż łożysko zostanie zluźnione.

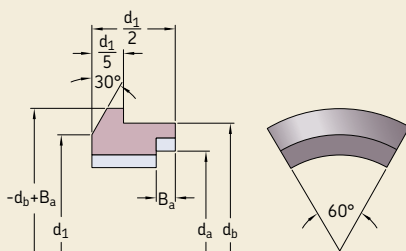
Aby usunąć olej z nakrętki hydraulicznej, otwórz zawór spustowy oleju w pompie hydraulicznej i wciśnij tłok nakrętki do jego pierwotnego położenia dokręcając nakrętkę na nagwintowaną część tulei wciąganej. Następnie odłącz pompę hydrauliczną i zdejmij element oporowy. Na koniec odkręć nakrętkę z tulei i zdejmij łożysko i tuleję z wału.

UWAGA: Szczegółowe informacje o nakrętkach hydraulicznych SKF są przedstawione w podrzdziale *Narzędzia hydrauliczne*, rozpoczynającym się na **stronie 73**. Użyteczne instrukcje obsługi można znaleźć w podrzdziale *Metoda wtrysku olejowego*, rozpoczynającym się na **stronie 62**.

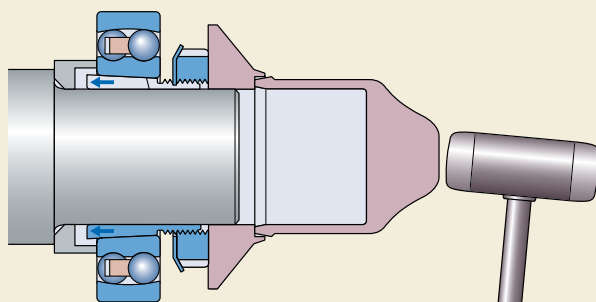
Ilustr. 17



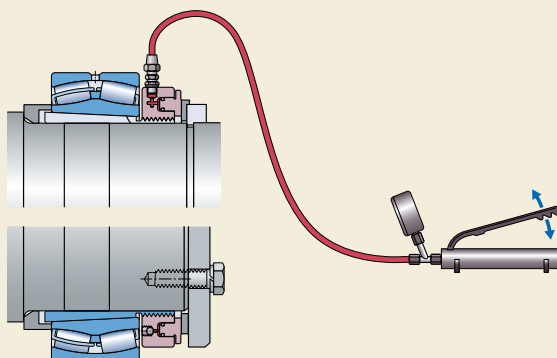
Ilustr. 18



Ilustr. 19



Ilustr. 20



Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego

Tuleje wciągane wyposażone w kanał doprowadzający i rowek rozpraszający olej ułatwiają demontaż, ponieważ można zastosować metodę wtrysku olejowego (→ **ilustr. 21**). Ta cecha konstrukcyjna jest standardem dla wszystkich tulei wciąganych SKF o średnicy otworu ≥ 200 mm, ale mogą być w tym wykonaniu dostarczone tuleje o średnicy otworu ≥ 140 mm.

Po pierwsze, odłącz mechanizm blokujący i poluzuj nakrętkę łożyskową odkręcając ją o kilka obrotów. Następnie oczyść nagwintowany otwór przyłączeniowy w powierzchni czołowej tulei. Podłącz pompę hydrauliczną za pośrednictwem właściwego przewodu rurowego przedłużającego do tulei wciąganej. Wtryskuj olej o lepkości około $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ w 20°C (70°F) pod wysokim ciśnieniem między dwie dopasowane powierzchnie stożkowe, poprzez kanał doprowadzający i rowek rozpraszający olej w tulei. Łożysko nagle zostanie zdemonstrowane ze swego gniazda. Po odłączeniu pompy

PRZESTROGA

W celu uniknięcia ryzyka wystąpienia poważnych urazów, zamontuj zabezpieczenie na końcu wału, takie jak nakrętka łożyskowa, aby ograniczyć przesuw łożyska, gdy nagle zostanie ono zluźnione na wale.

hydraulicznej i przewodu rurowego, zdejmij z wału nakrętkę łożyskową, podkładkę zabezpieczającą, łożysko i tuleję wciąganą.

UWAGA: Szczegółowe informacje o metodzie wtrysku olejowego i użyteczne instrukcje obsługi można znaleźć w podrozdziale *Metoda wtrysku olejowego*, rozpoczynającym się na **stronie 62**.

Demontaż łożysk osadzonych na tulejach wciskanych

Wybór metody do zdemonstrowania łożyska osadzonego na tulei wciskanej zależy od następujących czynników:

- rozmiaru łożyska
- konstrukcji tulei wciąganej: czy ma kanały doprowadzające i rowki rozpraszające olej do wtrysku olejowego, czy nie (→ **ilustr. 22**)

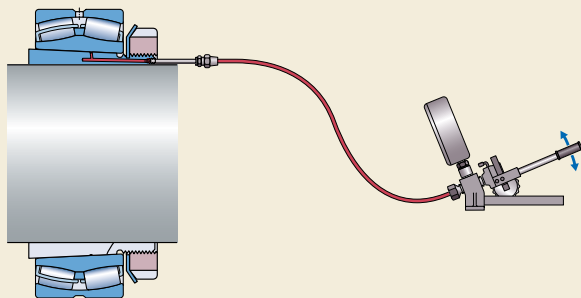
We wszystkich przypadkach demontaż rozpoczyna się w następujący sposób (→ **ilustr. 23**):

- Usunąć nadmiar środka smarnego i oczyścić węzeł łożyskowy.
- Zdejmij element zabezpieczający np. nakrętkę łożyskową i podkładkę zębatą (a) lub płytę dociskową mocowaną do końca wału (b).
- Podeprzyj łożysko, na przykład za pomocą wciągacza wielokrążkowego (c).

Demontaż ręczny

Małe i średniej wielkości łożyska osadzone na tulei wciskanej mogą być demontowane

Ilustr. 21

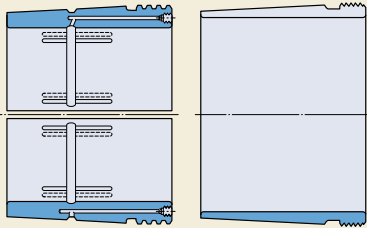


Ilustr. 23

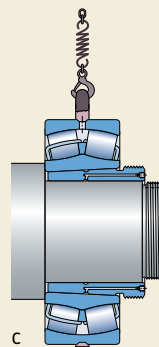
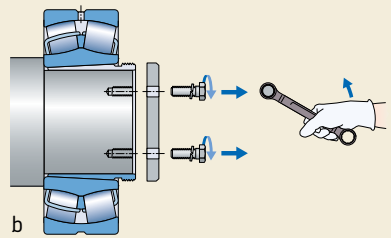
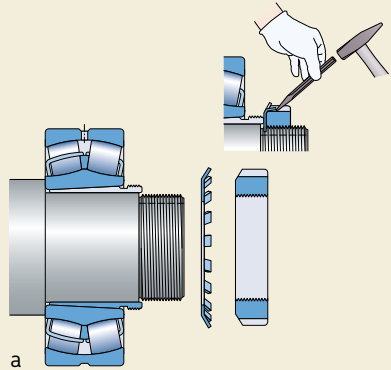
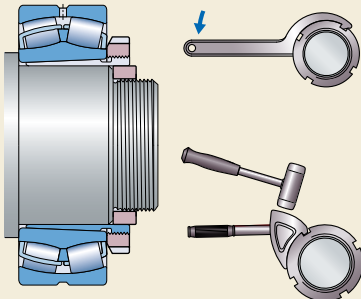
za pomocą nakrętki łożyskowej i klucza hakowego lub udarowego (→ ilustr. 24). Przed nakręceniem nakrętki łożyskowej na gwint tulei, nasmaruj gwint i część nakrętki skierowaną w stronę pierścienia wewnętrznego łożyska pastą z dodatkiem dwusiarczku molibdenu lub podobnym środkiem redukującym tarcie. Dokręcaj nakrętkę łożyskową, aż tuleja wciskana zostanie zluźwana. Na koniec, przy prawidłowo podpartym wale, zdejmij tuleję i łożysko z wału.

UWAGA: Jeżeli nagwintowana część tulei wystaje poza koniec wału lub stopień na wale, do otworu tulei powinien zostać włożony pierścień podpierający o możliwie największej grubości ścianki, aby zapobiec odkształceniu tulei podczas dokręcania nakrętki (→ ilustr. 24).

Ilustr. 22



Ilustr. 24



Demontaż za pomocą nakrętki hydraulicznej

Duże i średniej wielkości łożyska osadzone na tulei wciskanej mogą być łatwo zdemonstrowane za pomocą nakrętki hydraulicznej.

Nakręć nakrętkę hydrauliczną na gwint tulei wciskanej tłokiem zwróconym w stronę łożyska,

PRZESTROGA

W celu uniknięcia ryzyka wystąpienia poważnych urazów, zamontuj zabezpieczenie na końcu wału, takie jak nakrętka łożyskowa lub płyta mocowana do czoła wału (→ **ilustr. 25**), aby ograniczyć przesuw tulei wciskanej, gdy nagle zostanie ona zluzowana na wale.

aż tłok oprze się o pierścień wewnętrzny łożyska. Podłącz pompę hydrauliczną do nakrętki hydraulicznej i pompuj olej, aż tuleja zostanie zluzowana. Po zluzowaniu tulei otwórz zawór spustowy oleju w pompie hydraulicznej, aby znajdujący się pod ciśnieniem olej mógł wydostać się z nakrętki hydraulicznej. Odłącz pompę hydrauliczną i zdejmij ogranicznik. Całkowicie ściągnij tuleję z wału i zdejmij łożysko.

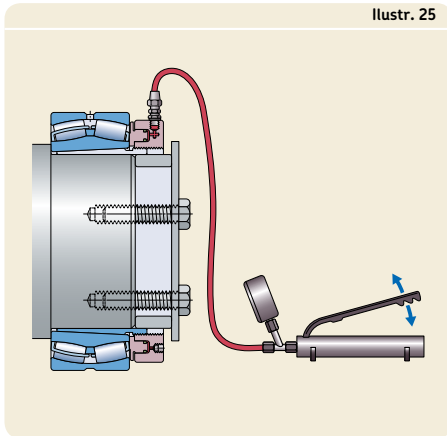
UWAGA: Szczegółowe informacje o nakrętkach hydraulicznych SKF są przedstawione w podrozdziale *Narzędzia hydrauliczne*, na **stronie 73**. Użyteczne instrukcje obsługi można znaleźć w podrozdziale *Metoda wtrysku olejowego*, rozpoczynającym się na **stronie 62**.

Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego

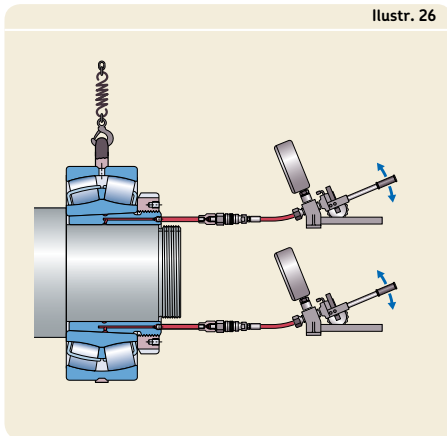
Tuleje wciskane o średnicy otworu ≥ 200 mm są standardowo wykonywane z dwoma kanałami doprowadzającymi i rowkami rozpraszającymi olej zarówno na powierzchni otworu jak i na powierzchni zewnętrznej. Do zastosowania metody wtrysku olejowego potrzebne są dwie pompy hydrauliczne i odpowiednie przewody rurowe przedłużające (→ **ilustr. 26**).

Najpierw, oczyść gwint zewnętrzny oraz nagwintowane otwory przyłączeniowe w powierzchni czołowej tulei wciskanej. Umieść nakrętkę łożyskową na gwincie tulei i dokręć ją. Podłącz obie pompy hydrauliczne za pośrednictwem właściwych przewodów rurowych przedłużających do tulei. Wtryskuj olej o lepkości około 900 mm²/s

Ilustr. 25



Ilustr. 26



w 20 °C (70 °F) pod wysokim ciśnieniem między tuleję a wał przez jeden kanał i między tuleję a otwór łożyska przez drugi kanał. Ciśnienie oleju między dopasowanymi powierzchniami będzie wzrastać, aż nagle spadnie, co jest wskazaniem, że współpracujące powierzchnie zostały rozdzielone. Dokręcanie nakrętki łożyskowej, na przykład za pomocą klucza udarowego, spowoduje wysunięcie i zluzowanie tulei. Odłącz pompy hydrauliczne i całkowicie ściągnij tuleję z wału przy pomocy nakrętki łożyskowej. Na koniec zdejmij łożysko.

UWAGA: Szczegółowe informacje o metodzie wtrysku olejowego i odpowiednim sprzęcie są podane w podrozdziale *Metoda wtrysku olejowego*, rozpoczynającym się na **stronie 62**.

Demontaż łożysk z opraw niedzielonych

Większość łożysk ma pasowanie luźne w oprawie i ich wyjęcie nie powinno stanowić problemu. Jednakże, jeśli aplikacja wymaga zastosowania pasowania ciasnego w oprawie lub jeśli wystąpiło uszkodzenie łożyska, takie jak korozja cierna, wtedy może istnieć konieczność użycia siły do zdemontowania łożyska.

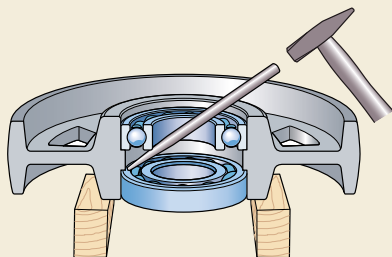
Demontaż ręczny

Łożyska o średnicy zewnętrznej do 120 mm zamontowane w otworze oprawy nie posiadającym występow, mogą zostać wyjęte przy użyciu tulei montażowej przyłożonej do pierścienia zewnętrznego łożyska i młotka. Można w tym celu zastosować Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **strona 72**). Do demontażu większych łożysk na ogół jest wymagana wyższa siła i powinny być wyjmowane za pomocą prasy.

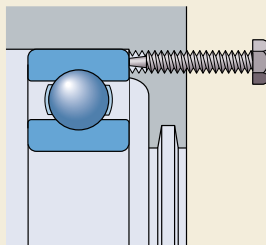
Jeżeli integralny występ za łożyskiem w otworze oprawy nie pozwala na użycie tulei montażowej lub prasy, zastosuj młotek i punktak z miękkiego metalu do wybicia łożyska z oprawy. Lekkie uderzenia młotkiem należy przykładać równomiernie na całym obwodzie powierzchni czołowej pierścienia zewnętrznego (→ **ilustr. 27**). Bądź ostrożny przy stosowaniu tej metody, ponieważ bardzo łatwo można uszkodzić łożysko i otwór oprawy.

Występy w oprawie, które mają nagwintowane otwory (→ **ilustr. 28**) lub rowki (→ **ilustr. 29**) umożliwiają użycie śrub, ściągacza do łożysk lub młotka i punktaka do wyciągnięcia łożyska z oprawy.

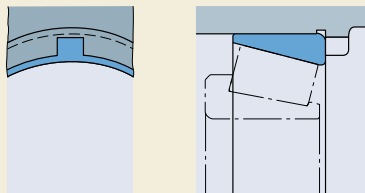
Ilustr. 27



Ilustr. 28



Ilustr. 29



Demontaż

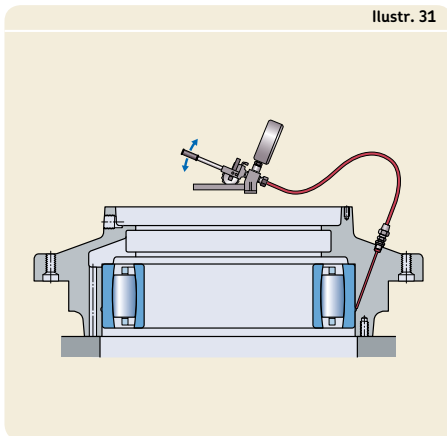
Małe łożyska o średnicy otworu w zakresie od 7 do 60 mm, które są zamontowane w oprawie, mogą zostać wyjęte z otworu oprawy za pomocą ściągacza wewnętrznego z przesuwym wybijiakiem, takiego jak Zestaw ściągacza wewnętrznego do łożysk SKF (→ **ilustr. 30**).

Aby zdemontować łożysko, przełoż odpowiednią końcówkę roboczą ściągacza przez otwór łożyska ściskając mechanizm sprężynowy w celu zbliżenia do siebie ramion ściągacza (**a**). Zwolnienie mechanizmu sprężynowego powoduje, że ściągacz mocno zaciska się na pierścieniu wewnętrznym (**b**). Łożysko może zostać wyciągnięte z otworu oprawy poprzez wielokrotne uderzanie przesuwym wybijiakiem w pierścień oporowy (**c**).

Demontaż przy użyciu metody wtrysku olejowego

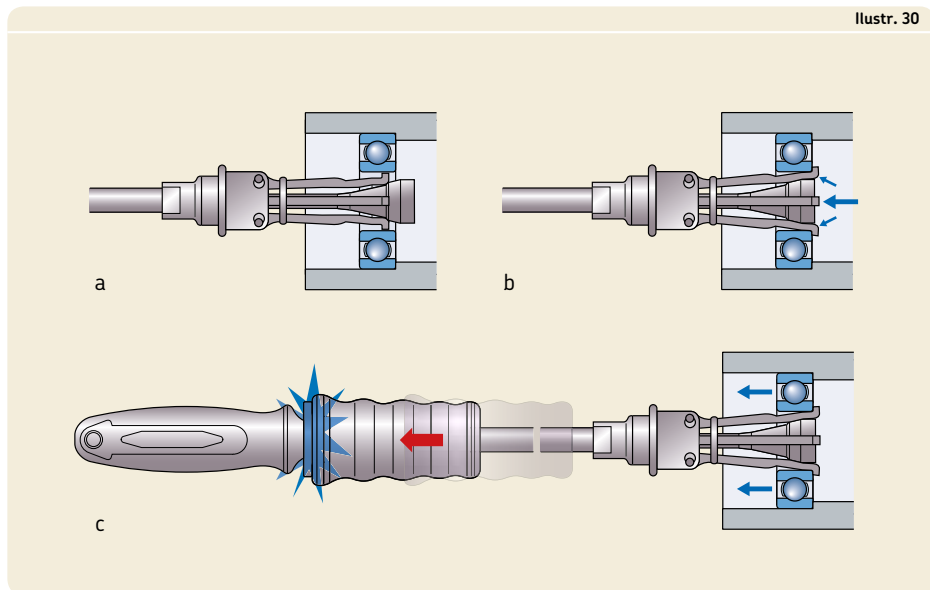
Jeżeli w oprawie jest wykonany odpowiedni kanał doprowadzający i rowek rozprowadzający olej, a łożysko nie ma konstrukcji umożliwiającej dosmarowywanie przez pierścień zewnętrzny, można zastosować metodę wtrysku olejowego. Ta metoda w znacznym stopniu redukuje wielkość siły potrzebnej do zdemontowania większych łożysk (→ **ilustr. 31**).

Ilustr. 31



UWAGA: Szczegółowe informacje o metodzie wtrysku olejowego można znaleźć w podrödziale *Metoda wtrysku olejowego*, rozpoczynającym się na **stronie 62**.

Ilustr. 30



Demontaż metodami cieplnymi

Podgrzewanie oprawy w celu wyjęcia łożyska, przy użyciu na przykład maty grzewczej (→ ilustr. 32), nie jest zbyt często stosowane i powinno być wykorzystywane tylko jako ostateczna deska ratunku.

OSTRZEŻENIE: Nigdy nie używaj palnika lub innego otwartego płomienia do podgrzewania oprawy.

Równoczesny demontaż łożysk z wału i z oprawy niedzielonej

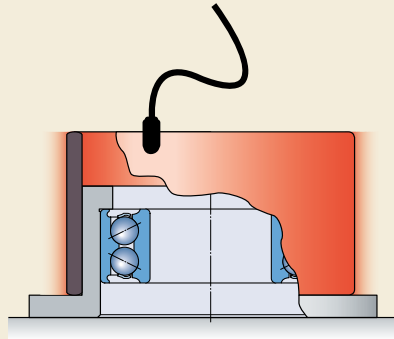
Do równoczesnego zdemontowania matach łożysk kulkowych zwykłych z wału i z oprawy niedzielonej zostały zaprojektowane specjalne ściągacze.

Ilustracja 33 pokazuje ściągacz skonstruowany do łożysk o średnicy otworu w zakresie od 10 do 100 mm. Ramiona ściągacza są umieszczane między kulkami i zaciskają się na bieżni pierścienia zewnętrznego, równocześnie opierając się o pierścień wewnętrzny.

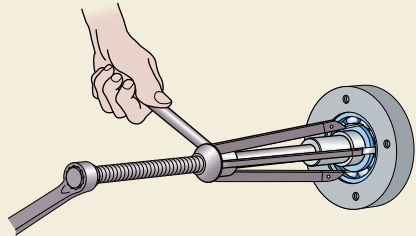
Ilustracja 34 przedstawia ściągacz zaprojektowany do łożysk o średnicy otworu w zakresie od 30 do 160 mm. Aby zastosować ściągacz, należy najpierw usunąć koszyk z łożyska. Ramiona ściągacza mają zakończenia w kształcie kulek z dwoma płaskimi ścięciami. Są one umieszczane między kulkami i zaczepiają zarówno za bieżnię pierścienia wewnętrznego jak i zewnętrznego.

W celu uzyskania dodatkowych informacji na temat zestawów ściągaczy wewnętrznych do łożysk, odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

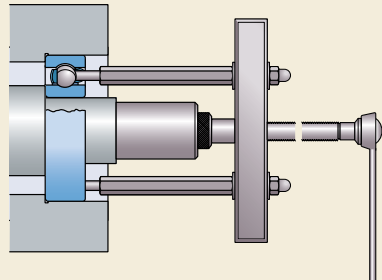
Ilustr. 32



Ilustr. 33



Ilustr. 34



Demontaż zespołów łożyskowych

O czym należy pamiętać

Zespoły łożyskowe SKF (→ **ilustr. 35**) są dostępne jako zespoły z oprawą stojącą, kołnierзовą lub naciagową. Zależnie od wielkości i rodzaju łożyska, zespoły łożyskowe mogą być mocowane na wale przy użyciu jednej z następujących metod (→ **ilustr. 36**):

- mocowanie za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych) (a)
- mocowanie za pomocą mimośrodowego pierścienia mocującego z jednym wkrętem dociskowym (b)
- mocowanie na tulei wciąganej (c)
- mechanizm mocowania SKF ConCentra (d, e)
- mocowanie za pomocą cylindrycznego pierścienia mocującego z dwoma wkrętami dociskowymi (f)

W związku z tym procedura demontażu i narzędzia potrzebne do wykonania pracy mogą się różnić. Do właściwych narzędzi należą:

- klucz maszynowy lub klucz sześciokątny do odkręcenia wkrętów, śrub lub nakrętek mocujących do podłoża
- klucz sześciokątny do odkręcenia wkrętów mocujących (dociskowych) w pierścieniu wewnętrznym lub w pierścieniu mocującym, jak podano w **tabeli 3, strona 102** w rozdziale *Montaż zespołów łożyskowych*
- klucz hakowy do odkręcenia nakrętki tulei wciąganej, jak podano w **tabeli 4, strona 103** w rozdziale *Montaż zespołów łożyskowych*.

W niektórych przypadkach może być potrzebny młotek do tłumionych uderzeń.

Klucze hakowe, jak również młotki do tłumionych uderzeń są częścią szerokiego zakresu produktów do obsługi łożysk SKF.

Szczegółowe informacje można znaleźć na stronie www.mapro.skf.com.

Po zdemontowaniu zespołu łożyskowego sprawdź, czy nadaje się on do ponownego użycia. Aby to zrobić, oczyść powierzchnię zewnętrzną zespołu, uważając, aby nie uszkodzić uszczelnień lub aby rozpuszczalnik nie dostał się do wnętrza łożyska.

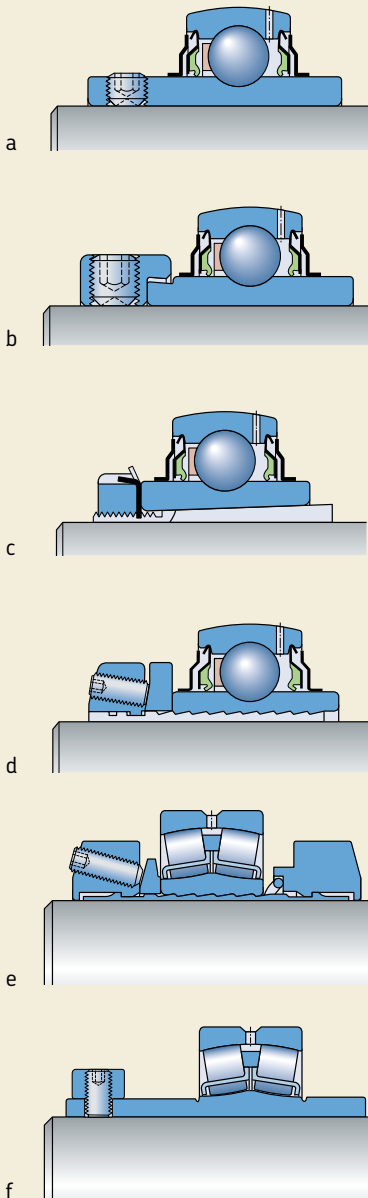
Ilustr. 35



Obracaj powoli łożysko starając się wyczuć ewentualne uszkodzenie. Jeżeli jest taka możliwość, dosmaruj powoli zespół łożyskowy przez smarowniczkę, równocześnie obracając pierścień wewnętrzny. Jeżeli zespół łożyskowy zostanie uznany za nadający się do ponownego zastosowania, pokryj wszystkie niezabezpieczone powierzchnie smarem, olejem lub płynem antykorozyjnym, aby uniknąć powstania korozji.

UWAGA: Zazwyczaj małych zespołów łożyskowych, które są bardzo zabrudzone nie opłaca się czyścić. Ekonomiczniej jest zeżłomować stary zespół łożyskowy i zastąpić go nowym.

Ilustr. 36

**PRZESTROGA**

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia poważnych urazów, przed przystąpieniem do pracy należy przeprowadzić wszystkie wymagane procedury lockout/tagout (założenie blokad zabezpieczających i umieszczenie przywieszek ostrzegawczych).

Przygotowania do demontażu

Poświęcenie czasu na przygotowania może ułatwić demontaż. Jeżeli są dostępne rysunki złożeniowe, zapoznaj się z nimi i zobacz, jak wygląda węzeł łożyskowy. Następnie, przed rozpoczęciem pracy, wykonaj następujące czynności:

- Odłącz zasilanie od urządzenia.
- Oczyszczyć dokładnie zespół łożyskowy i obszar otaczający.
- Wytrzyj wał do czysta.
- Sprawdź sposób mocowania na wale i wybierz odpowiednie narzędzia do zdemonstrowania zespołu łożyskowego.
- Sprawdź, czy nie występują jakieś uszkodzenia, które mogłyby uniemożliwić zsuniecie zespołu łożyskowego z wału i w razie potrzeby dokonaj naprawy.
- Podeprzyj wały, aby odciążyć łożysko.

Demontaż zespołów łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi)

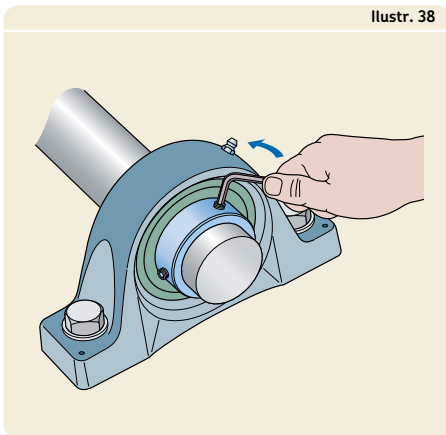
Kiedy demontujesz zespoły łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi) (→ **ilustr. 37**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 270** i wykonaj następujące czynności:

- 1 Poluzuj wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu wewnętrznym każdego zespołu łożyskowego, odkręcając je przynajmniej o jeden pełny obrót (→ **ilustr. 38**)
- 2 Odkręć i wyjmij śruby mocujące do podłoża.
 - W przypadku zespołów z oprawą naciagową odłącz śrubę regulacyjną w otworze oprawy każdego zespołu.
- 3 Zdejmij zespoły łożyskowe z wału.
 - W przypadku zespołów z oprawą naciagową wyciągnij złożenie wał/zespoły łożyskowe z ram do naciągania i zdejmij zespoły łożyskowe z wału.
 - W przypadku zespołów z oprawą stojącą z tłoczonej blachy stalowej zdejmij górne części opraw, podnieś wał i ściągnij łożyska z wału.
 - W przypadku zespołów kołnierzowych z tłoczonej blachy stalowej zdejmij połówkę pierwszej oprawy i ściągnij łożysko z wału. Potem powtórz operację z drugiej strony wału.

Ilustr. 37



Ilustr. 38



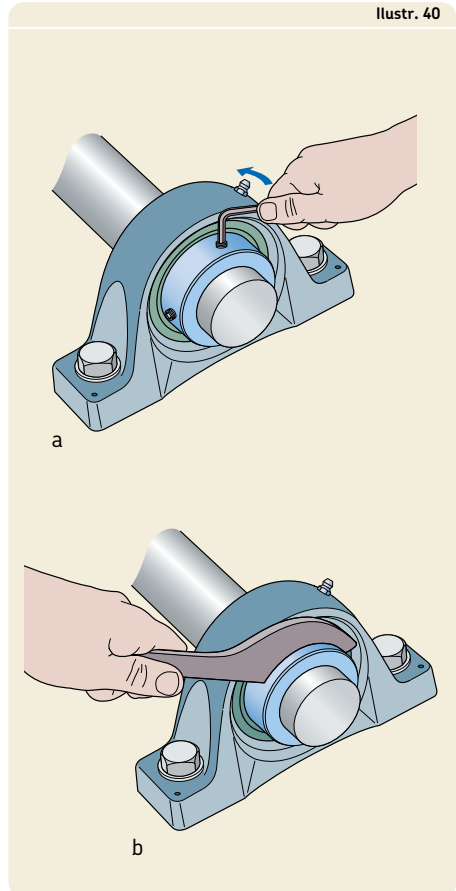
Demontaż zespołów łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym

Kiedy demontujesz zespoły łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym (→ **ilustr. 39**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 270**, i wykonaj następujące czynności (→ **ilustr. 40**):

- 1 Poluzuj wkręt mocujący (dociskowy) w mimośrodowym pierścieniu mocującym każdego zespołu łożyskowego, odkręcając go przynajmniej o jeden pełny obrót (**a**).
- 2 Poluzuj pierścień mocujący, odkręcając go w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu. Aby to zrobić:
 - Umieść punktak w nieprzelotowym otworze na obwodzie pierścienia i uderz w niego młotkiem.
 - Lub użyj klucza hakowego, wkładając występ klucza w nieprzelotowy otwór na powierzchni zewnętrznej pierścienia mocującego (**b**).
- 3 Zdejmij mimośrodowy pierścień mocujący z wału w obu zespołach łożyskowych.
- 4 Odkręć i wyjmij śruby mocujące do podłoża.
 - W przypadku zespołów z oprawą naciągową odłącz śrubę regulacyjną w otworze oprawy każdego zespołu.
- 5 Zdejmij zespoły łożyskowe z wału.
 - W przypadku zespołów z oprawą naciągową wyciągnij złożenie wał/zespoły łożyskowe z ram do naciągania i zdejmij zespoły łożyskowe z wału.
 - W przypadku zespołów z oprawą stojącą z tłoczonej blachy stalowej zdejmij górne części opraw, podnieś wał i ściągnij łożyska z wału.
 - W przypadku zespołów kołnierzowych z tłoczonej blachy stalowej zdejmij połówkę pierwszej oprawy i ściągnij łożysko z wału. Potem powtórz operację z drugiej strony wału.



Ilustr. 40



Demontaż zespołów łożysk kulkowych z tuleją wciągana

Kiedy demontujesz zespoły łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym (→ **ilustr. 41**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 270**, i wykonaj następujące czynności (→ **ilustr. 42**):

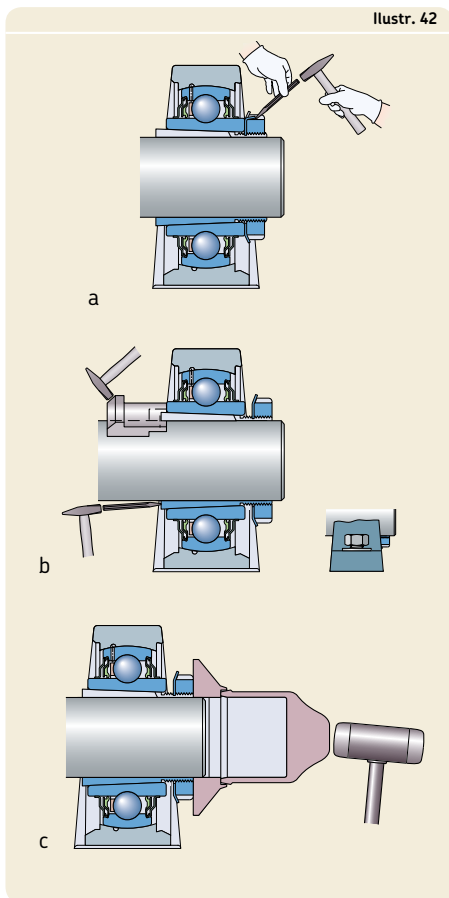
- 1 Wyprostuj ząbek podkładki zabezpieczającej zagięty w rowek na powierzchni zewnętrznej nakrętki (**a**) i odkręć nakrętkę łożyskową o kilka obrotów.
- 2 Poluzuj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, odkręcając je o kilka obrotów.
- 3 Zespoły łożyskowe z dostępem do strony przeciwnej do elementu mocującego mogą być oddzielone od tulei wciąganej za pomocą stalowego wybijaka segmentowego lub punktaka i młotka (**b**). Zespoły bez dostępu do strony przeciwnej do elementu mocującego mogą być oddzielone od tulei wciąganej poprzez kilka zdecydowanych uderzeń młotka przyłożonych do tulei montażowej przylegającej do nakrętki łożyskowej tulei wciąganej (**c**).

UWAGA: Do wałów o średnicy ≤ 55 mm stosuj Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **strona 72**).

- 4 Odkręć nakrętkę łożyskową i zdejmij podkładkę zabezpieczającą w obu zespołach łożyskowych.
- 5 Usuń śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ściągnij oba zespoły z tulei i zdejmij z wału.
- 6 Zdejmij tuleję z wału. Aby ułatwić zdejmowanie, rozszerz tuleję wkładając mały plastikowy klin lub śrubokręt w szczelinę tulei.



Ilustr. 41



Ilustr. 42

Demontaż zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra

Przed przystąpieniem do demontażu zespołów łożysk kulkowych SKF ConCentra (→ **ilustr. 43**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 270** i wykonaj następujące czynności (→ **ilustr. 44**):

- 1 Poluzuj wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu mocującym w obu zespołach łożyskowych odkręcając je o kilka obrotów (**a**).
- 2 Poluzuj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża w obu zespołach łożyskowych, ale ich nie usuwaj.
- 3 Przesuwaj montażowy pierścień boczny aż tuleja schodkowa SKF ConCentra zostanie zluźwana:
 - uderzając młotkiem w koniec wału (**b**)
 - uderzając młotkiem w tuleję montażową przyłożoną do pierścienia montażowego (**c**).

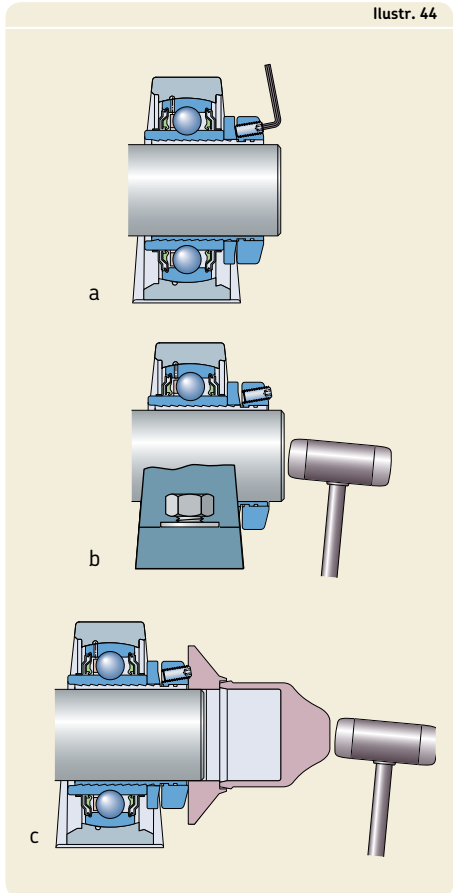
UWAGA: Do wałów o średnicy ≤ 55 mm stosuj Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **strona 72**).

- 4 Wyjmij śruby mocujące do podłoża i zdejmij zespoły łożyskowe z wału.

Ilustr. 43



Ilustr. 44



Demontaż zespołów łożysk wałeczkowych SKF ConCentra

Kiedy demontujesz zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą (→ **ilustr. 45**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 270** i wykonaj następujące czynności (→ **ilustr. 46**):

- 1 Odkręć i wyjmij śruby mocujące do podłoża.
Jeśli to możliwe, najpierw podnieś kompletne złożenie łożyskowe, tj. wał, oba zespoły łożyskowe i dołączone elementy, przed zdemontowaniem zespołów łożyskowych (**a**).
- 2 Umieść podparcie pod wał.
- 3 Rozpocznij od zespołu z łożyskiem ustalającym.
- 4 Poluzuj wkręty mocujące (dociskowe) w pierścieniu mocującym odkręcając je o kilka obrotów (**b**).
- 5 Stojąc przodem do pierścienia mocującego ciągnij zespół łożyskowy trzymając za podstawę, aż nastąpi jego zluźnienie na wale (**c**). Energia z napiętej wstępnie sprężyny ułatwia zluźnianie na wale. Jednak, jeśli to konieczne, użyj gumowego młotka do uderzania w pierścień po przeciwnej stronie zespołu (**d**).
- 6 Zdejmij zespół łożyskowy z wału.
- 7 Aby zdemontować zespół z łożyskiem swobodnym powtórz **kroki 4** do **6**.

Demontaż zespołów łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym

Kiedy demontujesz zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra z oprawą stojącą (→ **ilustr. 47**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 270** i wykonaj następujące czynności:

- 1 Poluzuj dwa wkręty mocujące (dociskowe) w cylindrycznym pierścieniu mocującym w obu zespołach łożyskowych odkręcając je o kilka obrotów.
- 2 Odkręć i wyjmij śruby mocujące do podłoża.
– W przypadku zespołów z oprawą naciagową odłącz śrubę regulacyjną w otworze oprawy każdego zespołu.

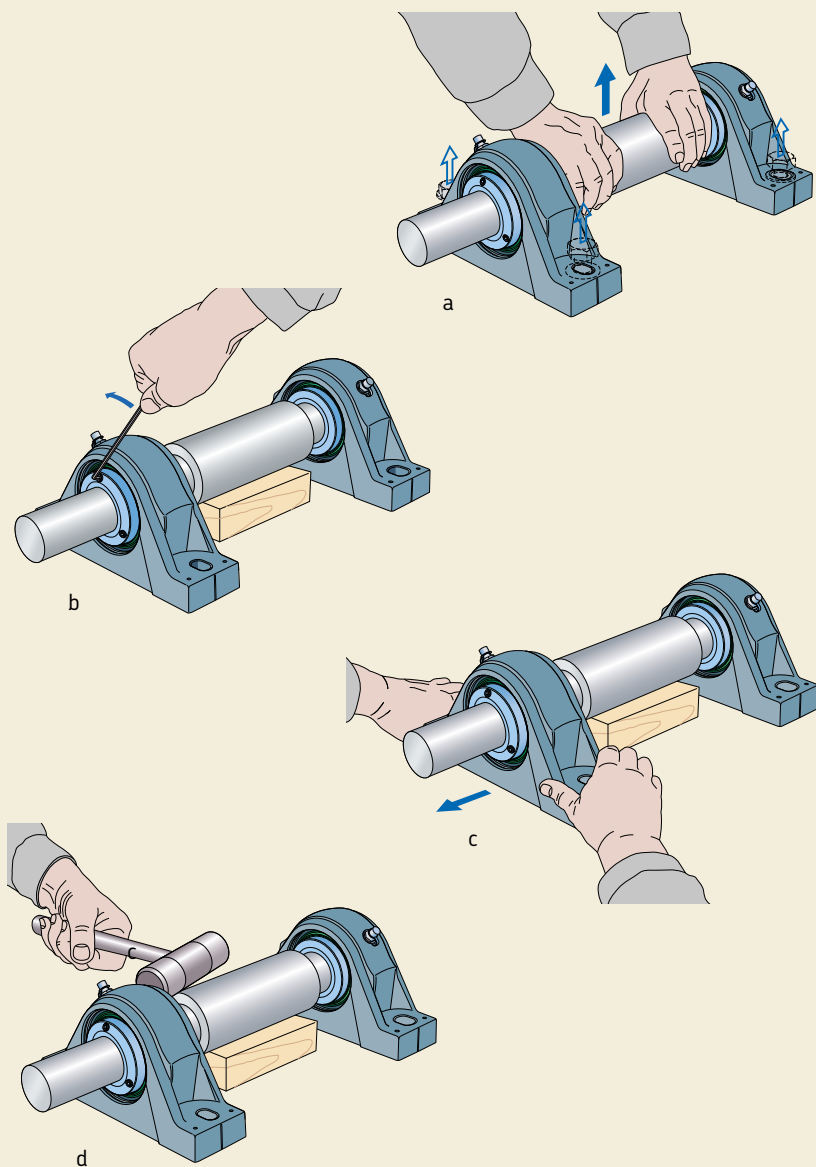
Ilustr. 45



Ilustr. 47



- 3 Zdejmij zespoły łożyskowe z wału. Jeśli to konieczne, użyj gumowego młotka i lekko uderzaj w zespół łożyskowy, aż nastąpi jego zluźnienie na wale.
– W przypadku zespołów z oprawą naciagową wyciągnij złożenie wał/zespoły łożyskowe z ram do naciągania i zdejmij zespoły łożyskowe z wału.



Demontaż opraw łożyskowych

Oprawy łożyskowe, używane w różnorodnych aplikacjach przemysłowych, są dostępne w szerokim zakresie konstrukcji i rozmiarów. Informacje o tym, jak demontować i rozkładać na elementy najbardziej popularne oprawy stożące i kołnierzowe (→ **ilustr. 48**) można znaleźć w niniejszym podrozdziale. Aby uzyskać instrukcje demontażu nie zamieszczonych tutaj opraw, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

O czym należy pamiętać

Jeżeli oprawa ma być użyta ponownie, zawsze wykonuj jej demontaż ostrożnie, biorąc pod uwagę następujące aspekty:

- Trzymaj razem elementy każdej oprawy. Pokrywy górne i podstawy poszczególnych opraw nie są zamienne z taki samymi elementami z innych opraw. Pokrywa górna i podstawa opraw SKF SNL, SONL i SAF są znakowane numerem seryjnym.
- Przenoś ostrożnie wszystkie metalowe części uszczelnień jednolitych.
- Nie uderzaj oprawy bezpośrednio młotkiem.

PRZESTROGA

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia poważnych urazów, przed przystąpieniem do pracy należy przeprowadzić wszystkie wymagane procedury lockout/tagout (założenie blokad zabezpieczających i umieszczenie przywieszek ostrzegawczych).

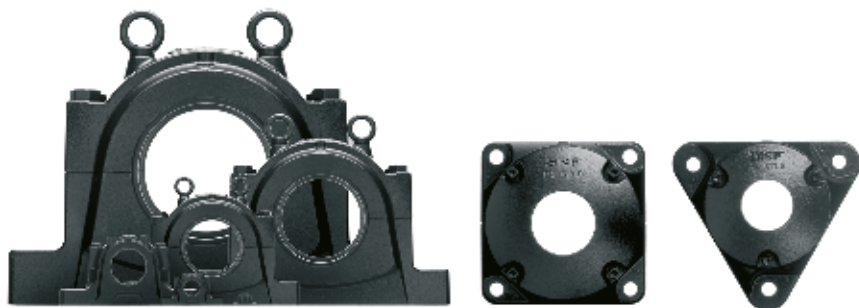
Przygotowania do demontażu

Poświęcenie czasu na przygotowania może ułatwić demontaż. Jeżeli są dostępne rysunki złożeniowe, zapoznaj się z nimi i zobacz, jak wygląda węzeł łożyskowy. Następnie, przed rozpoczęciem pracy, wykonaj następujące czynności:

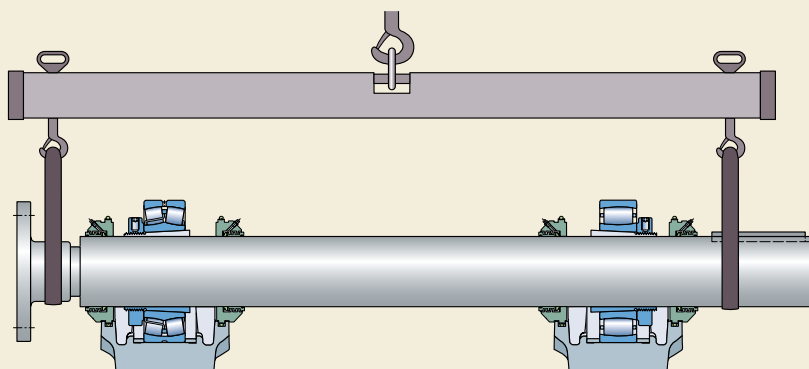
- Odłącz zasilanie od urządzenia.
- Oczyść dokładnie oprawę i obszar otaczający.
- Podeprzyj wał np. za pomocą wciągnika wielokrążkowego.
- W przypadku opraw stojących dzielonych upewnij się, że są dostępne odpowiednie narzędzia do wyjęcia wału z podstawy (podstaw) opraw (→ **ilustr. 49**).
- Przygotuj odpowiednie pojemniki do pobrania próbek środka smarnego i zebrania zużytego środka smarnego.

Przed ponownym użyciem sprawdź oprawę pod kątem występowania pęknięć. Jeżeli oprawa zostanie uznana za nadającą się do ponownego zastosowania, pokryj wszystkie niemalowane powierzchnie warstwą smaru lub oleju, w celu ochrony przed korozją.

Ilustr. 48



Ilustr. 49



Demontaż opraw stojących dzielonych

Kiedy demontujesz standardowe oprawy stojące dzielone (→ **ilustr. 50**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 278** i wykonaj następujące czynności (→ **ilustr. 51**):

- 1 Usuń wszystkie pomocnicze instalacje połączone do oprawy, np. przewody dostarczające środek smarny lub inne elementy.
- 2 Odkręć i usuń śruby lub nakrętki mocujące do podłoża w obu oprawach.

UWAGA: Jeśli to możliwe, przenieś kompletne złozenie (wał, oprawy i inne elementy) do czystego, przestronnego miejsca.

- 3 Odkręć i wyjmij śruby pokrywy górnej w obu oprawach.
- 4 Zdejmij pokrywę górną (**a**).

UWAGA: Wszystkie obecnie produkowane oprawy SKF mają wykonane wycięcia w podstawie i pokrywie górnej, w które można włożyć śrubokręt lub pręt do podważania.

- 5 Jeżeli ma to zastosowanie, usuń nadmiar smaru plastycznego i uszczelnienia dzielone z pokryw górnych opraw (**b**).
- 6 Wyjmij kompletne złozenie wału z podstaw opraw (**c**).
- 7 Wyjmij pozostałe połówki uszczelnienia lub pokrywę zamykającą i pierścienie ustalające (jeśli są stosowane) (**d**).

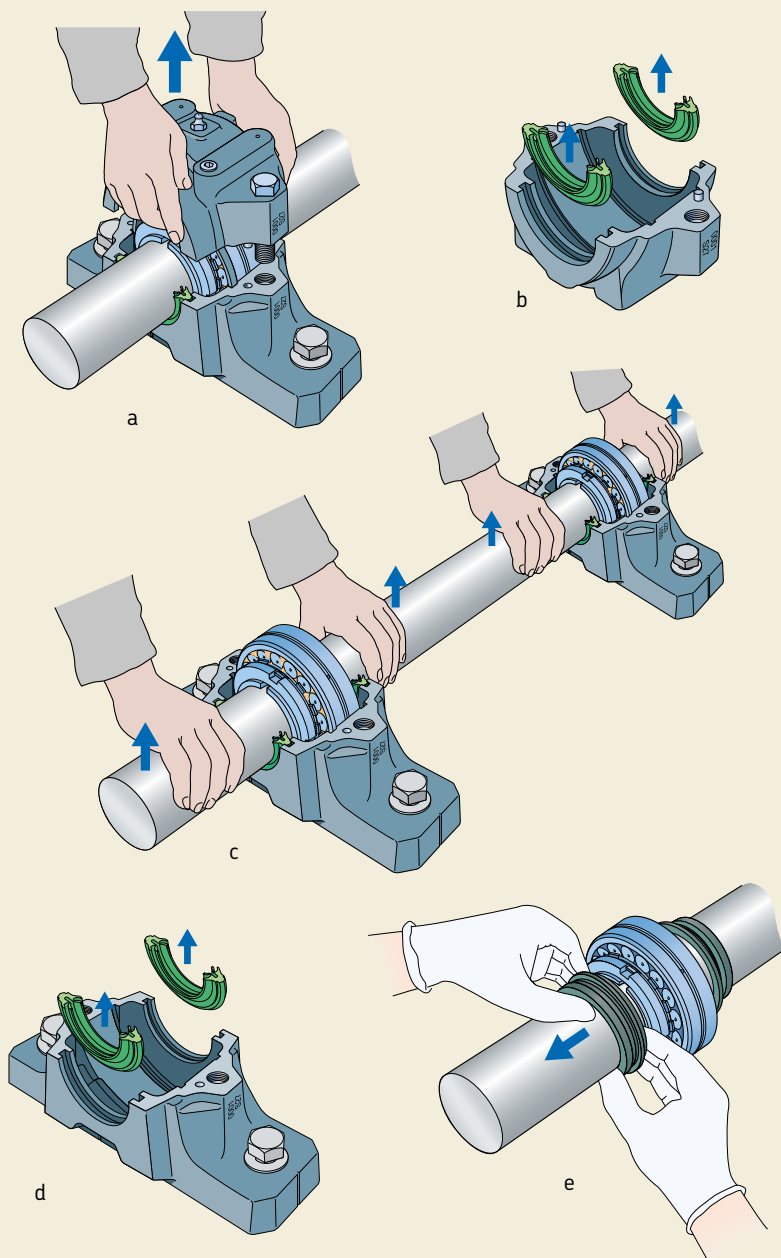
OSTRZEŻENIE: Nie używaj ponownie żadnych uszczelnień stykowych.

- 8 Usuń nadmiar smaru plastycznego z podstawy oprawy.
- 9 Zdejmij z wału uszczelnienia jednolite (jeśli jest stosowane) (**e**). Pierścienie uszczelniające typu V mogą zostać przecięte.
- 10 Zdemonstuj łożyska z wału.
- 11 Zdejmij z wału drugi pierścień uszczelniający lub podkładkę uszczelniającą (jeśli są stosowane).

UWAGA: Upewnij się, że wszystkie elementy każdej oprawy są przechowywane razem.

Ilustr. 50





Demontaż opraw kołnierzowych

Kiedy demontujesz standardowe oprawy kołnierzowe (→ **ilustr. 52**), uważnie przeczytaj wytyczne zamieszczone w podrozdziale *O czym należy pamiętać*, rozpoczynającym się na **stronie 278** i wykonaj następujące czynności (→ **ilustr. 53**):

- 1 Odkręć i wyjmij śruby pokrywy w obu oprawach.
- 2 Zdejmij pokrywę i wyjmij pierścienie ustalające, jeśli są stosowane.
- 3 Usuń ewentualny nadmiar smaru plastycznego z pokrywy i z oprawy, aby osłonić element zabezpieczający na tulei wciąganej.
- 4 Wprostuj ząbek podkładki zabezpieczającej zagięty w rowek na powierzchni zewnętrznej nakrętki i odkręć nakrętkę łożyskową o kilka obrotów (a).
- 5 Poluzuj śruby lub nakrętki mocujące do podłoża, ale ich nie usuwaj.
- 6 Oddziel łożysko od tulei wciąganej
 - uderzając młotkiem w koniec wału (b)
 - uderzając młotkiem w tuleję montażową przyłożoną do pierścienia montażowego (c)

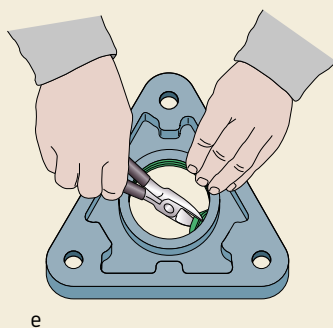
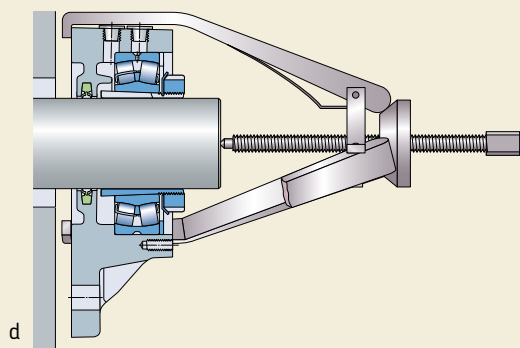
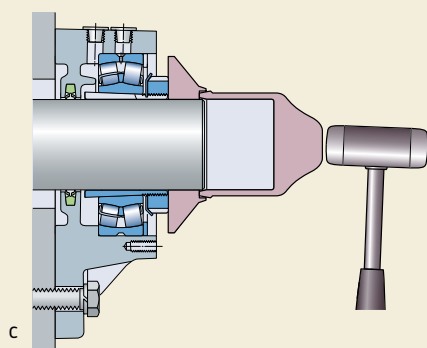
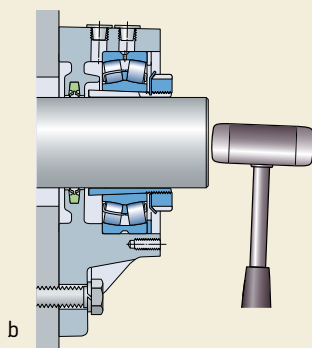
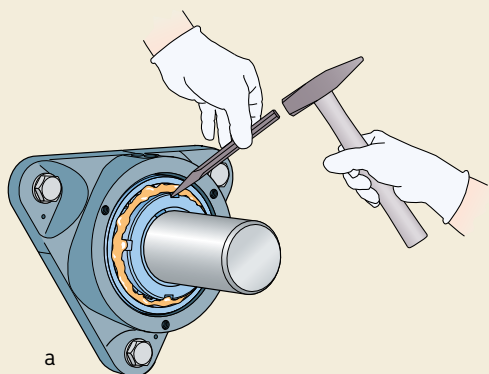
UWAGA: Do wałów o średnicy ≤ 55 mm stosuj Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **strona 72**).

- 7 Odkręć nakrętkę łożyskową i zdejmij podkładkę zabezpieczającą po obu stronach.
- 8 Odkręć i usuń śruby lub nakrętki mocujące do podłoża.
- 9 Oddziel oprawę od powierzchni osadzenia i ściągnij oprawę, łożysko i tuleję wciąganą z wału.
- 10 Użyj ściągacza, jeżeli potrzebna jest dodatkowa siła do zdjęcia łożyska z wału (d).
- 11 Przetnij i usuń uszczelkę znajdującą się w rowku uszczelnienia (e).
- 12 Usuń nadmiar smaru plastycznego z oprawy znajdujący się za łożyskiem.
- 13 Zdemonstuj łożysko zgodnie z instrukcjami podanymi w podrozdziale *Demontaż łożysk z opraw niedzielonych*, rozpoczynającym się na **stronie 267**.

UWAGA: Upewnij się, że wszystkie elementy każdej oprawy są przechowywane razem.

Ilustr. 52





Zdejmowanie uszczelnień

Generalnie istnieją dwa różne rodzaje uszczelnień zabezpieczających węzły łożyskowe: uszczelnienia bezstykowe i stykowe.

Zdejmowanie uszczelnień bezstykowych

Uszczelnienia bezstykowe (→ **ilustr. 54**) prawie zupełnie nie generują tarcia, dzięki czemu mogą mieć bardzo długą trwałość. W większości wypadków te uszczelnienia nadają się do ponownego użycia. Dlatego należy je zdejmować bardzo ostrożnie, za pomocą odpowiednich narzędzi. Nigdy nie uderzaj uszczelnień bezstykowych młotkiem, ani nie używaj śrubokręta lub ostrego punktaka podczas demontażu.

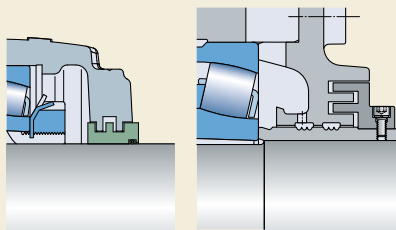
Przed zdjęciem tych uszczelnień sprawdź, czy nie występują jakieś uszkodzenia wału, które mogłyby spowodować uszkodzenie uszczelnienia podczas jego ściągania i w razie potrzeby dokonaj naprawy.

Zdejmowanie uszczelnień stykowych

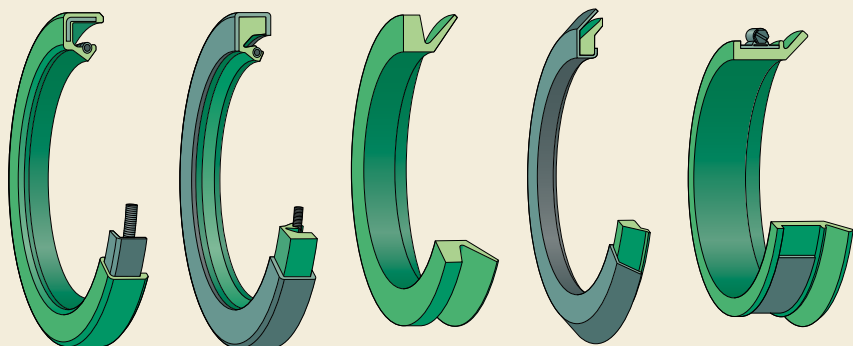
Uszczelnienia stykowe (→ **ilustr. 55**), które są zazwyczaj osadzone w oprawie i ślizgają się po powierzchni współpracującej, takiej jak wał lub pierścień dystansowy, wywierając zdefiniowany nacisk promieniowy, z biegiem czasu ulegną zużyciu. Z tego powodu nigdy nie powinny być używane ponownie.

Jednakże, jeśli musi zostać przeanalizowana przyczyna uszkodzenia uszczelnienia, uszczelnienia należy zdemontować z należytą ostrożnością.

Ilustr. 54



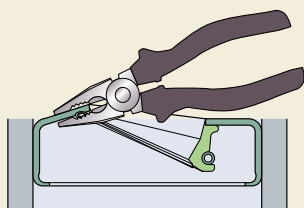
Ilustr. 55



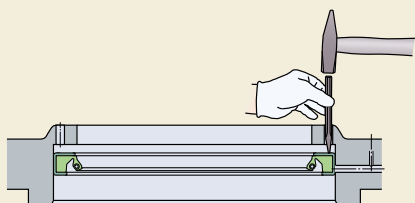
Uszczelnienia promieniowe wałów mogą być zdejmowane za pomocą:

- młotka i punktaka, jeśli występ w oprawie ma otwory odpowietrzające (→ **ilustr. 56**)
- śrubokręta, jeśli przednia lub tylna powierzchnia czołowa uszczelnienia jest dostępna (→ **ilustr. 57**)
- szczypiec do uchwycenia za obudowę uszczelnienia (→ **ilustr. 58**)
- tulei montażowej, np. Zestawu narzędzi do montażu łożysk SKF (→ **ilustr. 59**)
- haka do zaczepienia za obudowę uszczelnienia od środka (→ **ilustr. 60**)

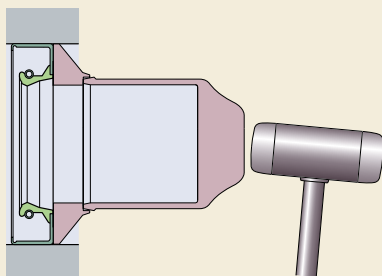
Ilustr. 58



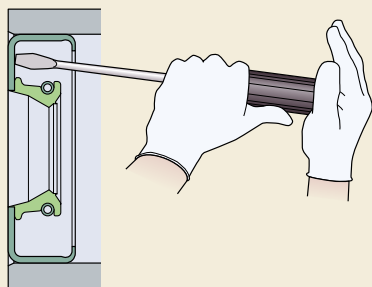
Ilustr. 56



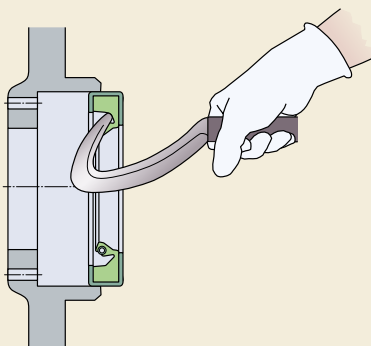
Ilustr. 59



Ilustr. 57



Ilustr. 60



Demontaż

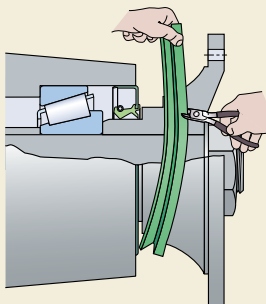
Pierścienie uszczelniające typu V mogą być zdejmowane za pomocą:

- rozciągania ich nad innymi elementami (→ **ilustr. 61**)
- przecinania ich nożyczkami (→ **ilustr. 62**)

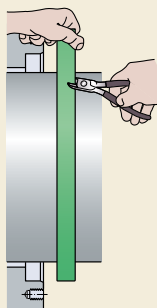
Duże wykonane w całości z kauczuku uszczelnienia promieniowe wałów mogą być zdejmowane za pomocą:

- rozciągania ich lub przecinania nożyczkami (→ **ilustr. 63**)
- rozłączenia złącza sprężyny w przypadku uszczelnień dzielonych (→ **ilustr. 64**)

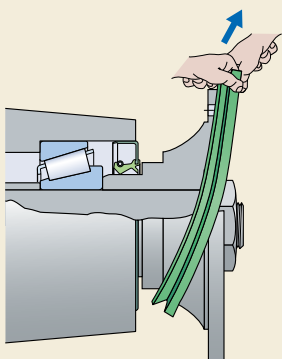
Ilustr. 62



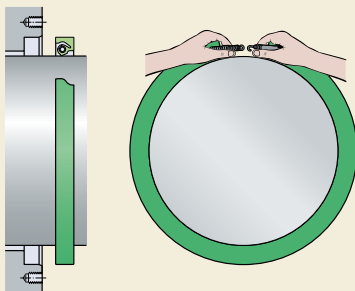
Ilustr. 63



Ilustr. 61



Ilustr. 64





Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Wstęp	290
Demontaż	291
Ślady współpracy	291
Ślady współpracy wynikające z normalnych warunków pracy	292
Ślady współpracy wynikające z nieprawidłowych warunków pracy. . .	296
Uszkodzenia łożysk	298
Przedekspluatacyjne przyczyny uszkodzeń	300
Nieprawidłowe pasowania na wale i w oprawie	300
Uszkodzenia spowodowane wadliwym gniazdem łożyska na wale lub w oprawie	302
Niewspółosiowość statyczna	304
Nieprawidłowe sposoby montażu. . .	305
Przepływ prądu przez łożysko spowodowany nadmiernym napięciem.	307
Uszkodzenia w transporcie i podczas magazynowania	308
Ekspluatacyjne przyczyny uszkodzeń . .	309
Zmęczenie materiału (zapoczątkowane pod powierzchnią).	309
Nieskuteczne smarowanie	310
Nieskuteczne uszczelnienia	314
Drgania (fałszywe odciski Brinella). .	319
Niewspółosiowość podczas pracy. . .	320
Przepływ prądu elektrycznego przez łożysko	321

Wstęp

Łożyska toczne są jednymi z najważniejszych elementów w dzisiejszych nowoczesnych maszynach. Kiedy łożysko ulega awarii, dochodzi do przestoju maszyny, który może być kosztowny. Wybór odpowiedniego łożyska do określonej aplikacji jest tylko pierwszym krokiem w kierunku niezawodnej pracy urządzenia. Parametry robocze maszyny, takie jak obciążenia, prędkości, temperatura, dokładność pracy oraz wymagania operacyjne, są potrzebne do wybrania najbardziej odpowiedniego rodzaju i rozmiaru łożyska z zakresu dostępnych produktów.

Przewidywana obliczeniowa trwałość każdego łożyska jest wyznaczana na podstawie ośmiu założeń:

- 1 Łożysko jest wysokiej jakości i nie ma defektów fabrycznych.
- 2 W danej aplikacji znajduje się właściwe łożysko.
- 3 Wymiary elementów powiązanych z łożyskiem, takich jak gniazdo na wale i w oprawie, są prawidłowe.
- 4 Łożysko jest prawidłowo zamontowane.
- 5 Właściwy środek smarny, w odpowiedniej ilości, jest na czas dostarczany do łożyska.
- 6 Węzeł łożyskowy jest we właściwy sposób zabezpieczony (uszczelniony).
- 7 Łożyskowanie jest dopasowane do warunków pracy.
- 8 Prowadzona jest odpowiednia obsługa konserwacyjna.

Jeżeli wszystkie te warunki zostaną spełnione, łożysko powinno osiągnąć swą trwałość obliczeniową. Niestety, jest to możliwe raczej hipotetycznie. Często występują okoliczności, które uniemożliwiają uzyskanie „idealnych” warunków pracy.

Powszechnym błędem, z jakim można się spotkać wśród użytkowników, jest przyjęcie założenia, że skoro łożysko uległo uszkodzeniu, to oznacza, że nie miało wystarczającej nośności. Używając takiego uzasadnienia, wielu ludzi decyduje się na kosztowne modernizacje, mające na celu zwiększenia nośności łożyska, a w końcu znowu dochodzi do przedwczesnej awarii łożyska.

Analiza uszkodzenia łożyska daje wgląd w pracę maszyny i sposób, w jaki doszło do awarii. Dowody muszą zostać zebrane i zinterpretowane w prawidłowy sposób, w celu ustalenia przyczyny pierwotnej problemu. Wiedza, umiejętności i doświadczenie są wymagane do oddzielenia użytecznych informacji od błędnych, mylących wskazówek. Z tego powodu SKF oferuje usługi profesjonalnej analizy uszkodzeń łożysk.

W celu uzyskania dodatkowych informacji o usługach SKF w zakresie analizy uszkodzeń łożysk skontaktuj się z przedstawicielem SKF lub z Autoryzowanym Dystrybutorem SKF.

Zidentyfikowanie przyczyny pierwotnej uszkodzenia łożyska jest pierwszym krokiem do uzyskania niezawodnej pracy urządzeń. Jednym z najtrudniejszych zadań jest określenie początkowych symptomów uszkodzenia (przyczyny pierwotnej) i odfiltrowanie objawów wtórnych, które wynikły z uszkodzenia pierwotnego. Niniejszy rozdział poradnika daje Ci narzędzia do przeprowadzania wstępnej oceny przyczyn uszkodzenia łożyska.

Demontaż

Podczas demontażu SKF zaleca wykonanie następujących czynności:

- Rób zdjęcia.
To może pomóc w twych późniejszych badaniach. Na przykład sfotografuj rozłożenie, ilość i stan smaru w łożysku i wokół niego.
- Zbierz próbki środka smarnego do analizy.
W przypadku aplikacji smarowanych smarem plastycznym pobierz próbki z różnych miejsc.

UWAGA: Zapoznaj się z informacjami w rozdziale *Demontaż*, rozpoczynającym się na **stronie 252**.

Ślady współpracy

Nowe łożysko wygląda bardzo ładnie (→ **ilustr. 1**). Jego elementy mają wymiary wykonane z najwyższą dokładnością, w odchyłkach wynoszących czasami ułamki mikrometra. Wymiary zostały wielokrotnie sprawdzone podczas procesu produkcji. Obszary, które były szlifowane, tak jak powierzchnie pierścienia wewnętrznego i zewnętrznego oraz elementów tocznych są błyszczące.

Podczas badania łożyska, które pracowało przez jakiś czas, można zaobserwować szereg zmian, takich jak:

- matowe obszary na bieżniach i elementach tocznych, czasami powierzchnie są bardzo połyskujące (→ **ilustr. 2**)
- przebarwienia na powierzchni otworu pierścienia zewnętrznego i na powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego
- zużycie koszyka
- korozja cierna na powierzchni otworu pierścienia zewnętrznego lub na powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego

Jeżeli zużycie lub uszkodzenie łożyska jest niewielkie, jego dokładne badanie może dostarczyć informacji o tym, co się działo z łożyskiem podczas pracy.

Podczas inspekcji kluczowym zagadnieniem jest znalezienie charakterystycznych „wzorów” – śladów współpracy. Wzór może być „normalny” lub może wskazywać na występowanie

Ilustr. 1



Ilustr. 2



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

problemu. Ślady współpracy, jakie zdołasz znaleźć całkiem często mogą zidentyfikować przyczynę pierwotną problemu.

Wiele powszechnie spotykanych i typowych śladów współpracy jest przedstawionych w tym rozdziale.

Ślady współpracy wynikające z normalnych warunków pracy

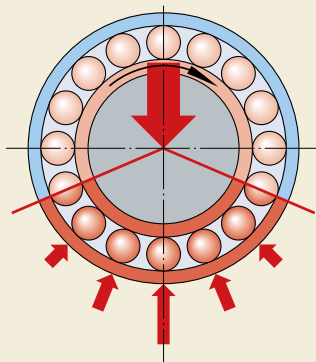
Ilustracje 3 i 4 pokazują, jak stałe obciążenie promieniowe jednokierunkowe przyłożone do łożyska, w którym wiruje pierścień wewnętrzny, jest rozłożone na nieruchomym pierścieniu zewnętrznym przez elementy toczne.

Duża strzałka na pozycji godziny 12 przedstawia działające obciążenie, a seria małych strzałek od pozycji godziny 4 do pozycji godziny 8 pokazuje, jak obciążenie jest rozdzielone lub przenoszone przez elementy toczne w łożysku.

Ponieważ obraca się pierścień wewnętrzny, każdy punkt na tym pierścieniu wchodzi do strefy obciążenia. W rezultacie na całym obwodzie bieżni pierścienia wewnętrznego będzie pasek o jednakowej szerokości położony na środku bieżni. Jest on określany jako strefa obciążenia wirującego pierścienia wewnętrznego.

Pierścień zewnętrzny jest nieruchomy, dlatego strefa obciążenia jest ograniczona do miejsca, gdzie elementy toczne przenoszą obciążenie.

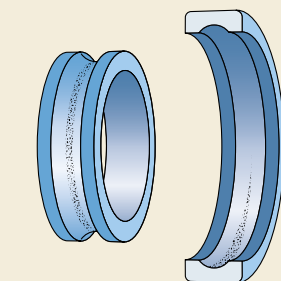
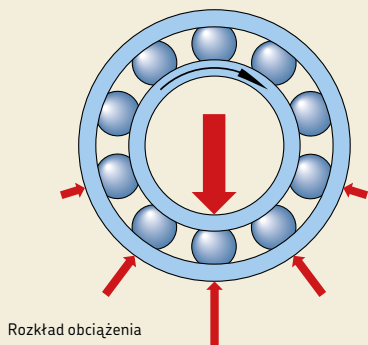
Ilustr. 3



- Strefa obciążenia ($\approx 150^\circ$)
- W czasie ruchu obrotowego znajdzie się w strefie obciążenia
- Luz w łożysku, strefa odciążona
- Obciążenie (wał) i rozkład obciążenia (oprawa)

Ten obszar jest określany jako strefa obciążenia nieruchomego pierścienia zewnętrznego. Rozkład obciążenia w strefie obciążenia pierścienia zewnętrznego zmienia się. Największe obciążenia występują w miejscu zgodnym z kierunkiem działania obciążenia i zmniejszają się poza tym punktem. W większości aplikacji strefa obciążenia wynosi około 150° .

Ilustr. 4

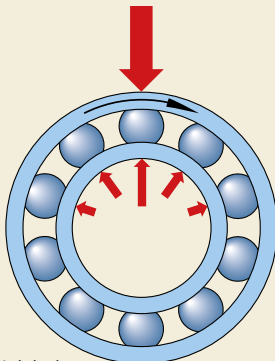


Ilustr. 5 pokazuje, jak stałe obciążenie promieniowe jednokierunkowe przyłożone do łożyska, w którym wiruje pierścień zewnętrzny, jest rozłożone na nieruchomym pierścieniu wewnętrznym przez elementy toczne.

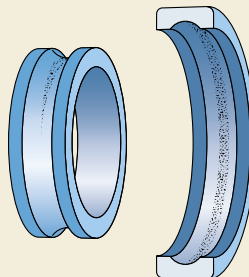
Ponieważ obraca się pierścień zewnętrzny, każdy punkt na tym pierścieniu wchodzi do strefy obciążenia. W rezultacie na całym obwodzie bieżni pierścienia zewnętrznego będzie pasek o jednakowej szerokości położony na środku bieżni.

Rozkład obciążenia w strefie obciążenia pierścienia wewnętrznego zmienia się. Największe naciski występują w miejscu zgodnym z kierunkiem działania obciążenia i zmniejszają się poza tym punktem. W większości aplikacji strefa obciążenia wynosi około 150° .

Ilustr. 5



Rozkład obciążenia



Ślady współpracy

Takie ślady współpracy pojawiają się także, gdy pierścień wewnętrzny wiruje w fazie z obciążeniem (tj. gdy występuje niewyważenie lub obciążenie mimośrodowe) a pierścień zewnętrzny jest nieruchomy. Mimo, że pierścień wewnętrzny obraca się, obciążenie jest nieruchome względem niego, natomiast obciążenie wiruje względem pozostającego w spoczynku pierścienia zewnętrznego (→ **ilustr. 6**).

Ilustr. 7 pokazuje efekt działania stałego obciążenia osiowego jednokierunkowego na łożysko kulkowe zwykłe.

Na całym obwodzie bieżni pierścienia wykonującego ruch obrotowy będzie pasek przesunięty poprzecznie względem środka bieżni.

Na bieżni pierścienia nieruchomego pasek będzie przesunięty poprzecznie względem środka bieżni w przeciwną stronę niż w przypadku pierścienia wirującego. Przy odpowiedniej wielkości obciążenia osiowego, pasek na pierścieniu stacjonarnym będzie na całym obwodzie bieżni.

Ilustr. 8 pokazuje skutek działania obciążenia złożonego – połączenia stałego obciążenia promieniowego jednokierunkowego i stałego obciążenia osiowego jednokierunkowego na łożysko kulkowe zwykłe, w którym wiruje pierścień wewnętrzny a pierścień zewnętrzny jest nieruchomy.

Strefa obciążenia na całym obwodzie bieżni pierścienia wewnętrznego jest przesunięta poprzecznie względem środka bieżni.

Strefa obciążenia pierścienia zewnętrznego jest przesunięta poprzecznie względem środka bieżni w przeciwnym kierunku. Długość strefy obciążenia jest większa niż w przypadku, gdyby na łożysko działało tylko obciążenie promieniowe, ale nie musi występować na 360°.

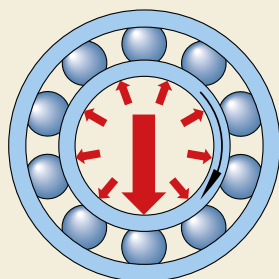
W przypadku łożysk dwurzędowych obciążenia złożone będą powodowały powstawanie stref obciążenia o nierównej długości. Rząd przenoszący obciążenie osiowe będzie miał dłuższą strefę obciążenia na pierścieniu nieruchomym. Jeżeli obciążenie osiowe jest wystarczająco duże, jeden rząd elementów tocznych może zostać całkowicie odciążony.

Pod działaniem obciążenia ściśle promieniowego, jedynie mała część (około 150°) pierścienia zewnętrznego będzie miała ślady współpracy (→ **ilustr. 3 i 4, strona 292**).

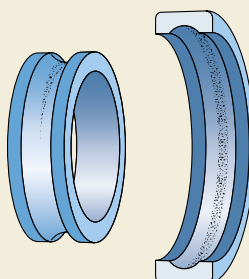
Pod działaniem obciążenia ściśle osiowego, na całym obwodzie bieżni pierścienia zewnętrznego będą ślady współpracy przesunięte poprzecznie względem środka bieżni (→ **ilustr. 7**).

Pod działaniem obciążenia złożonego, ślad współpracy będzie gdzieś pomiędzy śladami współpracy dla przypadku obciążenia ściśle promieniowego i ściśle osiowego, w zależności od wielkości obciążenia promieniowego względem obciążenia osiowego (→ **ilustr. 8**).

Ilustr. 6

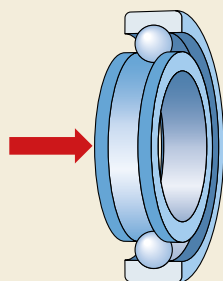


Rozkład obciążenia

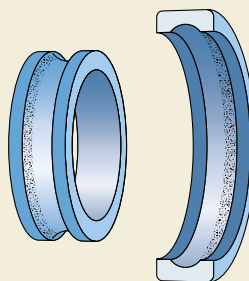


Ślady współpracy

Ilustr. 7

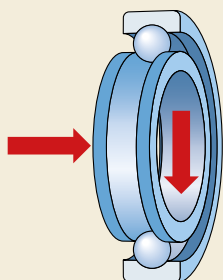


Rozkład obciążenia

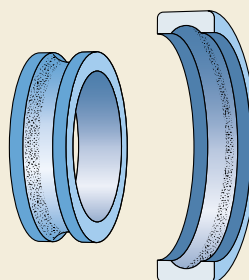


Ślady współpracy

Ilustr. 8



Rozkład obciążenia



Ślady współpracy

Ślady współpracy wynikające z nieprawidłowych warunków pracy

Ilustr. 9 pokazuje strefy obciążenia, które powstały na skutek działania stałego obciążenia promieniowego jednokierunkowego, gdy nieruchomy pierścień zewnętrzny jest ustawiony niewspółosiowo względem wirującego pierścienia wewnętrznego.

Na całym obwodzie bieżni pierścienia wewnętrznego będzie pasek o jednakowej szerokości położony na środku bieżni.

Na bieżni pierścienia zewnętrznego będzie pasek idący od jednego brzegu pierścienia zewnętrznego do drugiego. Wygląd śladu współpracy i jego długość zależą od wielkości niewspółosiowości, obciążenia i luzu w łożysku. Pasek może znajdować się gdziekolwiek na bieżni – na obszarze od 150° do 360°.

Taka sytuacja może wystąpić, gdy wał ugina się lub kiedy łożyska są zamontowane w oddzielnych oprawkach, których otwory nie są współśrodkowe.

Ilustr. 10 pokazuje strefy obciążenia, które powstały na skutek działania stałego obciążenia promieniowego jednokierunkowego, gdy nieruchomy pierścień zewnętrzny jest zaciśnięty promieniowo (zaciśnięcie spowodowane owalnością).

W takich warunkach, na całym obwodzie bieżni pierścienia wewnętrznego będzie pasek o jednakowej szerokości położony na środku bieżni.

Na pierścieniu zewnętrznym będą dwie strefy obciążenia położone na przeciwległych obszarach bieżni. Do zaciśnięcia promieniowego pierścienia zewnętrznego dochodzi z jednego z następujących powodów:

- Oprawa jest zamontowana na niepłaskiej powierzchni.
- Dwie półki oprawy dzielonej nie są do siebie dopasowane.
- Gniazdo w oprawie jest nieokrągłe (owalne) z powodu błędów produkcyjnych, a w takim przypadku możliwe jest występowanie dwóch lub więcej stref obciążenia.

Występowanie kilku stref obciążenia znacznie zwiększa siły wewnętrzne działające w łożysku i podnosi temperaturę roboczą, co prowadzi do przedwczesnego uszkodzenia łożyska.

Ilustr. 11 pokazuje strefy obciążenia w łożysku z wewnętrznym napięciem wstępnym, przenoszącym stałe obciążenie promieniowe jednokierunkowe, kiedy obraca się pierścień wewnętrzny a pierścień zewnętrzny jest nieruchomy.

W takich warunkach, na całym obwodzie bieżni pierścienia wewnętrznego będzie pasek o jednakowej szerokości położony na środku bieżni.

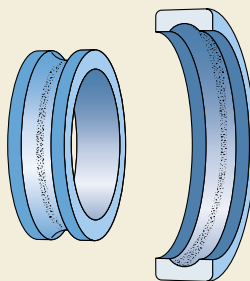
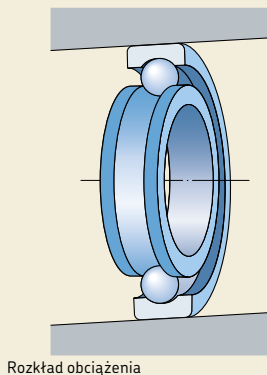
Pierścień zewnętrzny także będzie miał strefę obciążenia 360°, ale ślad współpracy zwykle będzie szerszy w miejscu, gdzie dochodzi do złożenia przyłożonego obciążenia i wewnętrznego napięcia wstępnego.

Taka sytuacja może być rezultatem zbyt ciasnego pasowania na wale i/lub w oprawie. Jeżeli wcisk jest nadmierny, łożysko może zostać obciążone wstępnie siłami wewnętrznymi wywołanymi przez ściśnięcie elementów tocznych między dwoma pierścieniami łożyska. Do takiego samego problemu może prowadzić zbyt mały luz początkowy łożyska.

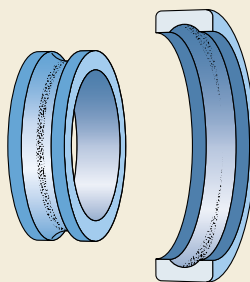
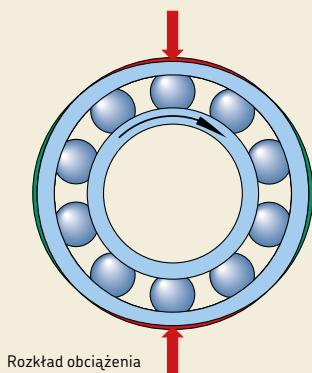
Inną możliwą przyczyną wystąpienia takich warunków jest nadmierna różnica temperatur między wałem a oprawą. To także może znacząco zredukować luz wewnętrzny w łożysku. Do zmniejszenia luzu mogą przyczynić się także materiały wału i oprawy o różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej.

UWAGA: Zapoznaj się z podrozdziałem *Zalecane pasowania i tolerancje*, na **stronie 35**.

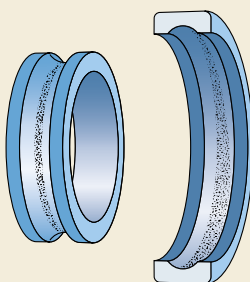
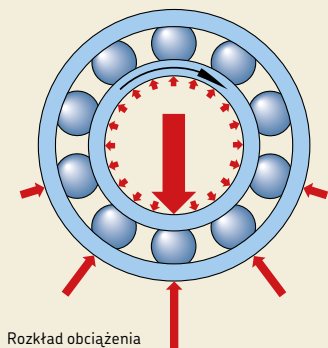
Ilustr. 9



Ilustr. 10



Ilustr. 11



Uszkodzenia łożysk

W związku ze wzrostem uwagi poświęcanej zapobieganiu powtarzającym się uszkodzeniom łożysk, Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) stworzyła metodologię klasyfikowania uszkodzeń łożysk (ISO 15243:2004). Ta norma określa sześć głównych grup rodzajów uszkodzeń i szesnaście podgrup, wszystkie odnoszą się do uszkodzeń, do których doszło podczas użytkowania, czyli od momentu opuszczenia fabryki. Klasyfikacja opiera się głównie na charakterystycznych cechach, które są widoczne na elementach tocznych, bieżniach i innych funkcjonalnych powierzchniach łożyska. Norma identyfikuje także mechanizmy związane z powstaniem każdego typu uszkodzenia.

Większość uszkodzeń łożysk może zostać powiązana zarówno z jedną z sześciu głównych grup uszkodzeń jak i jedną z podgrup przedstawionych w **tabeli 1**. Definicje rodzajów uszkodzeń są przedstawione w **tabeli 2**.

Większość uszkodzeń będących skutkiem działania przedstawionych mechanizmów może zostać łatwo wykryta i zdiagnozowana, jeżeli kontrola stanu maszyn jest częścią kompleksowego programu utrzymania ruchu. Przy użyciu analizy drganiowej można wykryć pierwsze oznaki uszkodzenia łożyska, co pozwala personelowi działu utrzymania ruchu na podjęcie działań naprawczych we właściwym czasie. Dzięki temu można znacznie ograniczyć kosztowne, niespodziewane przestoje i uniknąć katastrofalnych awarii, które powodują uszkodzenia sąsiadujących z łożyskiem elementów. Istnieje także możliwość zbadania uszkodzenia łożyska w jego wczesnym etapie, aby określić przyczynę pierwotną uszkodzenia i podjąć odpowiednie kroki zapobiegające ponownemu wystąpieniu problemu.

UWAGA: Zapoznaj się z rozdziałem *Kontrola*, rozpoczynającym się na **stronie 216**.

Większość uszkodzeń łożysk może zostać zaklasyfikowana do dwóch kategorii: uszkodzenia przedeksploatacyjne i eksploatacyjne. Do uszkodzeń przedeksploatacyjnych dochodzi przed lub podczas montażu łożyska, podczas gdy uszkodzenia eksploatacyjne pojawiają się w czasie pracy łożyska.

Przyczyny uszkodzeń przedeksploatacyjnych:

- nieprawidłowe pasowanie na wale i w oprawie
- uszkodzone gniazdo łożyska na wale i w oprawie
- niewspółosiowość statyczna
- nieprawidłowe sposoby montażu
- przepływ prądu elektrycznego przez łożysko (nadmierne napięcie)
- transport, obsługa i przechowywanie

Przyczyny uszkodzeń eksploatacyjnych:

- zmęczenie materiału
- nieodpowiednie smarowanie
- nieskuteczne uszczelnienia
- drgania (fałszywe odciski Brinella)
- niewspółosiowość podczas pracy
- przepływ prądu elektrycznego przez łożysko (upływ prądu)

Tabela 1

Klasyfikacja ISO rodzajów uszkodzeń łożysk

Grupa główna	Podgrupa
Zmęczenie materiału	Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią Zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni
Zużycie	Zużycie ścierne Zużycie przylgowe
Korozja	Korozja od wilgoci Korozja w wyniku tarcia Korozja cierna Fałszywe odciski Brinella
Erozja elektryczna	Nadmierne napięcie Upływ prądu
Odsztańcenie plastyczne	Przeciążenie Wgniecenie cząstek zanieczyszczeń Wgniecenie w wyniku nieprawidłowej obsługi
Pęknięcie i przetłamanie	Pęknięcie wymuszone Pęknięcie zmęczeniowe Pęknięcie termiczne

Tabela 2

Definicje i objaśnienia rodzajów uszkodzeń łożysk

Rodzaj uszkodzenia	Definicja i/lub objaśnienie
Zmęczenie materiału	Zmiana w strukturze materiału spowodowana przez powtarzające się naprężenia występujące w miejscach styku między elementami tocznymi a bieżniami. Zmęczenie objawia się w postaci łuszczenia – odłupywania się cząstek materiału od powierzchni. Czas od rozpoczęcia łuszczenia do osiągnięcia stanu zaawansowanego zmienia się w zależności od prędkości i obciążenia.
Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią	Zapoczątkowanie mikropeknięć pod powierzchnią bieżni. Kiedy te mikropeknięcia rozprzestrzenia się do powierzchni następuje łuszczenie.
Zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni	Mikropeknięcia powierzchniowe. Uszkodzenia wierzchołków mikronierówności (chropowatości) powierzchni metalu w miejscu styku tocznego spowodowane niewystarczającym smarowaniem.
Zużycie	Postępujące usuwanie materiału, będące rezultatem wzajemnego oddziaływania dwóch stykających się powierzchni wykonujących w czasie pracy ruch ślizgowy lub toczny/ślizgowy.
Zużycie ścierne	Wynik niewystarczającego smarowania lub wnikięcia zanieczyszczeń do łożyska.
Zużycie przylgowe	Przenoszenie materiału z jednej powierzchni na drugą z równoczesnym generowaniem ciepła w czasie tarcia, czasami połączone z odpuszczaniem lub powtórным hartowaniem powierzchni.
Korożja	Pogarszanie się stanu powierzchni metalu w rezultacie utleniania lub reakcji chemicznej na powierzchni metalu.
Korożja od wilgoci	Utlenianie powierzchni w obecności wilgoci.
Korożja w wyniku tarcia	Reakcja chemiczna uaktywniona przez względne mikroruchy między współpracującymi powierzchniami w pewnych warunkach tarcia.
Korożja cierna	Utlenianie i zużycie wierzchołków mikronierówności powierzchni w warunkach występowania mikroruchów oscylacyjnych.
Fałszywe odciski Brinella	Tworzenie się płytyk wgłębień w rezultacie mikroruchów spowodowanych przez cykliczne drgania, gdy maszyna jest w stanie spoczynku. Na bieżniach pojawiają się równomiernie rozłożone wgłębienia w odległościach odpowiadających rozstawowi elementów tocznych.
Erozja elektryczna	Uszkodzenie stykających się powierzchni (usuwanie materiału) spowodowane przepływem prądu elektrycznego.
Nadmierne napięcie	Iskrzenie i miejscowe nagrzewanie spowodowane przepływem prądu w miejscu styku, wynikające z nieskutecznej izolacji.
Upływ prądu	Tworzenie się płytyk kraterów w wyniku przepływu prądu o małym natężeniu. Kratery są położone blisko siebie. Z biegiem czasu rozwijają się rowki równoległe do osi obrotu, które są równomiernie rozłożone.
Odształcenie plastyczne	Odształcenie trwałe, które pojawia się, gdy granica plastyczności materiału zostaje przekroczona.
Przeciążenie	Przeciążenie spowodowane działaniem obciążeń statycznych lub uderowych, prowadzące do odształcenia plastycznego (prawdziwe odciski Brinella).
Wgniecenie cząstek zanieczyszczeń	Cząstki zanieczyszczeń, po których przetaczają się elementy toczne tworzą w miejscach styku wgniecenia w bieżniach i elementach tocznych. Wielkość i kształt wgnieceń zależą od własności fizycznych cząstek zanieczyszczeń.
Wgniecenie w wyniku nieprawidłowej obsługi	Powierzchnie łożyska są wgniecione lub nacięte poprzez twarde, ostre przedmioty.
Pęknięcie	Wytrzymałość materiału na rozciąganie zostaje przekroczona i następuje całkowite oddzielenie części elementu.
Pęknięcie wymuszone	Pęknięcie będące rezultatem koncentracji naprężeń przekraczającej wytrzymałość materiału na rozciąganie.
Pęknięcie zmęczeniowe	Pęknięcie będące rezultatem częstego przekraczania granicy wytrzymałości zmęczeniowej materiału.
Pęknięcie termiczne	Pęknięcia będące efektem ciepła powstającego przy wysokim tarcu. Zwykle są prostopadłe do kierunku ruchu ślizgowego.

Przedeksploatacyjne przyczyny uszkodzeń

Nieprawidłowe pasowania na wale i w oprawie

Efektom nieprawidłowego pasowania na wale lub w oprawie może być albo nadmierny luz albo zbyt duże napięcie wstępne łożyska, które mogą doprowadzić do wystąpienia jednej z następujących sytuacji:

- pętlanie pierścienia (pierścień obraca się w miejscu osadzenia)
- korozja cierna
- pęknięcie pierścieni
- zmniejszenie nośności
- wywołanie obciążeń wewnętrznych
- nadmierne temperatury pracy

Dlatego, prawidłowe pasowanie jest krytyczne dla trwałości eksploatacyjnej łożyska i pracy całego urządzenia.

Jeżeli pierścień łożyska wiruje, a obciążenie jest stałe i działa w jednym kierunku, wymagane jest pasowanie ciasne pierścienia. Stopień wcisku jest uzależniony od wielkości obciążenia oraz rodzaju i rozmiaru łożyska. Zazwyczaj im większe obciążenie działa na łożysko, tym wymagane jest ciaśniejsze pasowanie.

Jeżeli pierścień łożyska jest nieruchomy, a obciążenie jest stałe i działa w jednym kierunku, pierścień jest zwykle osadzany z pasowaniem luźnym. Zalecane pasowania można znaleźć w **Dodatku A**, rozpoczynającym się

na **stronie 334**. Wartości odchyłek i wynikowe pasowania są wymienione w **Dodatku B**, rozpoczynającym się na **stronie 338**.

Występowanie obciążeń uderowych lub ciągłych drgań wymaga zastosowania ciaśniejszego pasowania pierścienia, który wiruje względem obciążenia.

W przypadku pierścienia łożyska z wirującą strefą obciążenia, łożysk lekko obciążonych lub łożysk pracujących z bardzo małymi prędkościami, można zastosować mniej ciasne pasowanie lub w niektórych przypadkach pasowanie luźne.

Czasami nie da się zmontować zespołu maszyny, jeśli zostaną zastosowane zalecane pasowania. W takim przypadku skontaktuj się z działem technicznym SKF.

Rozważ dwa przykłady: W kole przednim samochodu kierunek obciążenia jest stały, tj. powierzchnia drogi zawsze wywiera siłę skierowaną ku górze na koło. Tak więc wirujący pierścień zewnętrzny ma pasowanie ciasne w piąście koła, natomiast nieruchomy pierścień wewnętrzny ma pasowanie luźne na osi.

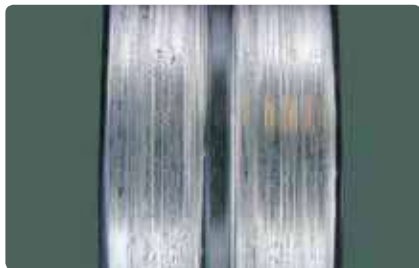
Łożyska w konwencjonalnym silniku elektrycznym mają pierścienie zewnętrzne nieruchome względem obciążenia i są pasowane luźno w oprawie, ale pierścienie wewnętrzne wirują względem obciążenia i są montowane z pasowaniem ciasnym.

Istnieją przypadki, gdy zarówno pierścień wewnętrzny jak i zewnętrzny łożyska należy zamontować z pasowaniem ciasnym. Dotyczy to na przykład łożysk walcowych i łożysk toroidalnych CARB, które mogą kompensować wydłużenie osiowe wału wewnątrz łożyska,

Ilustr. 12

Zużycie ścierne spowodowane pętlaniem pierścienia zewnętrznego

Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Ilustr. 13

Zużycie poprzez polerowanie powierzchni spowodowane pętlaniem pierścienia zewnętrznego

Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



w odróżnieniu od sytuacji, gdy razem z wałem przesuwają się luźno pasowane w swoim gnieździe pierścienie łożyska. Ciasne pasowanie obu pierścieni łożyska może także występować w aplikacjach, gdzie występują wysokie obciążenia udarowe.

Nieprawidłowe pasowania na wale lub w oprawie lub pasowania, które są niepotrzebnie luźne, mogą spowodować, że pierścienie wewnętrzny lub zewnętrzny zaczną się obracać w miejscu osadzenia. Ten względny ruch nazywany jest pętlaniem pierścienia. Przemieszczenia względne wywołują tarcie i mogą spowodować zużycie lub zatarcia. Uszkodzenie nie zawsze jest ograniczone do powierzchni gniazda łożyska, ale może mieć wpływ na powierzchnie czołowe pierścienia (pierścieni).

Ilustr. 12 przedstawia zużycie ściernie, natomiast **ilustr. 13** jest pokazane zużycie poprzez polerowanie.

W przypadku zbyt luźnych pasowań może wystąpić różnica prędkości między stykającymi się powierzchniami. Czasami luźnego pasowania nie da się uniknąć, na przykład w przypadku łożysk stożkowych czterorzędowych osadzanych na czopach walców w walcarkach. Zazwyczaj pierścienie wewnętrzny ma pasowanie luźne z powodu montażu/demontażu. Z powodu pasowania luźnego występuje różnica prędkości między pierścieniem wewnętrznym i gniazdem na wale (pętlanie) oraz między powierzchnią czołową pierścienia wewnętrznego i jego oparciem. Te różnice prędkości w strefie styku spowodują wydzielanie ciepła. W niektórych przypadkach miejscowe nagrzewanie może być tak intensywne, że dojdzie do przeniesienia materiału z pierścienia łożyska na powierzchnię, względem której występuje poślizg lub na odwrót (zacieranie) (→ **ilustr. 14**). Ciepło może także wywołać pęknięcia termiczne w materiale (→ **ilustr. 14**), które ostatecznie spowodują pęknięcie pierścienia (pęknięcie termiczne).

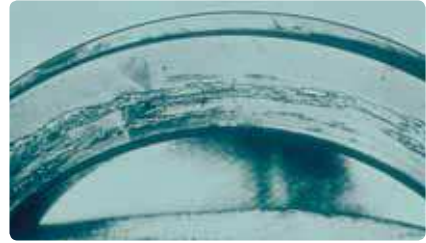
Pasowanie ciasne między pierścieniem wewnętrznym a wałem wywołuje naprężenia obwodowe (rozciągające) w pierścieniu. Jeżeli nacisk jest zbyt duży, wynikowe naprężenia obwodowe mogą przekroczyć wytrzymałość pierścienia i spowodować jego przełamanie (→ **ilustr. 15**).

Łożyskowania zazwyczaj składają się z łożyska ustalającego i łożyska swobodnego. Łożysko swobodne ma za zadanie kompensować

Ilustr. 14

Różnice prędkości w miejscu styku między łożyskiem a pierścieniem dystansowym spowodowały zatarcia (ślady obwodowe). Powstałe ciepło wywołało pęknięcia termiczne w pierścieniu łożyska (prostopadłe do śladów zatarć).

Klasyfikacja ISO: Zużycie przyłgowe i pęknięcie termiczne



Ilustr. 15

Pęknięcie pierścienia spowodowane nadmiernym naciskiem

Klasyfikacja ISO: Pęknięcie wymuszone



Ilustr. 16

Pasowanie w oprawie, które jest zbyt ciasne dla łożyska swobodnego wywołuje wysokie obciążenia osiowe, drastycznie zmniejszające trwałość eksploatacyjną łożyska.

Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią (z powodu zbyt dużych obciążeń) lub zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni (wynikające z problemów ze smarowaniem)



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

wydłużenie termiczne wału, albo w obrębie łożyska, albo poprzez przesuwanie się razem z wałem w swoim gnieździe w oprawie. Aby pierścień zewnętrzny mógł się przesuwać w oprawie, musi on być osadzony z pasowaniem luźnym. Jeśli pasowanie jest zbyt ciasne lub gdy pierścień zewnętrzny zostanie zakleszczony w oprawie, pierścień nie będzie mógł poruszyć. To wywoła wysokie obciążenia osiowe w systemie łożyskowym. Te siły osiowe mogą doprowadzić do wystąpienia jednej z następujących sytuacji: przedwczesne zmęczenie materiału, nadmierne grzanie, niewystarczające smarowanie, nadmierne zużycie lub tarczenie zapoczątkowane na powierzchni (→ **ilustr. 16**). W rezultacie drastycznie spada trwałość eksploatacyjna łożyska.

Uszkodzenia spowodowane wadliwym gniazdem łożyska na wale lub w oprawie

Wzory stosowane do obliczenia trwałości łożyska przyjmują pewne podstawowe założenia. Jednym z tych założeń jest spełnianie przez gniazdo na wale i w oprawie wymagań odnośnie geometrii. Niestety, istnieją czynniki, które mogą negatywnie wpłynąć na elementy wykonane zgodnie z najbardziej wymagającymi specyfikacjami. Na przykład, gniazda na wale i w oprawie mogą być zdeformowane, tj. stożkowe, nieokrągłe (owalne), nieprostopadłe lub odkształcone termicznie. Taka sama sytuacja może wystąpić, gdy wykonane prawidłowo miejsce osadzenia łożyska w oprawie zostało zniekształcone w momencie mocowania na ramie maszyny lub na powierzchni osadcej.

Podczas gdy podrozdział *Nieprawidłowe pasowania na wale i w oprawie*, rozpoczynający się na **stronie 300**, zajmuje się nieprawidłowo dobranymi prasowaniami, niniejszy podrozdział dotyczy zniekształconych gniazd łożyskowych i uszkodzeń, jakie mogą spowodować.

Koroza cierna występuje, gdy pasowanie jest zbyt luźne i dochodzi do względnego ruchu między pierścieniem łożyska a wałem lub oprawą. Ten ruch względny, który jest zazwyczaj spowodowany przez niedokładności kształtu lub ugięcie wału, powoduje odrywanie małych cząstek materiału od powierzchni gniazda na wale lub w oprawie. Te cząstki ulegają szybkiemu utlenieniu, gdy są wystawione na działanie powietrza.

Ilustr. 17

„Silna” koroza cierna występuje często w mocno obciążonych aplikacjach. Koroza cierna jest w strefie obciążenia gniazda pierścienia zewnętrznego.

Klasyfikacja ISO: Koroza cierna



Ilustr. 18

Koroza cierna jako efekt nieprawidłowego pasowania na wale

Klasyfikacja ISO: Koroza cierna



Ilustr. 19

Koroza cierna wynikająca albo z niedoskonałego gniazda na wale (błędna obróbka) albo z ugięcia wału

Klasyfikacja ISO: Koroza cierna



W efekcie korozji czarnej pierścienie łożyska mogą nie być równomiernie podparte, co będzie miało szkodliwy wpływ na rozkład obciążenia w łożysku. Korozja czarna pojawia się jako rdza na powierzchni zewnętrznego pierścienia zewnętrznego (→ **ilustr. 17**) lub na powierzchni otworu pierścienia wewnętrznego (→ **ilustr. 18 i 19**). Tlenek żelaza ma większą objętość niż czyste żelazo. Dlatego geometria łożyska może ulec zmianie; ślady współpracy na bieżni mogą zostać wyraźnie zaznaczone w odpowiadających im miejscach.

Korozja czarna jest powszechnie spotykana w zastosowaniach, gdzie występują warunki pracy powodujące oksydowanie gniazd łożyskowych pod obciążeniem. Taka sytuacja ma często miejsce w silnie obciążonych aplikacjach.

UWAGA: Korozja czarna Fe_3O_4 , zwana także magnetytem (→ **ilustr. 17**), może być czarna – lub Fe_2O_3 , zwana także hematytem, jest czerwona lub czerwono-brązowa (→ **ilustr. 18 i 19**).

Z upływem czasu, skutkiem nieprawidłowego styku będzie zaawansowana korozja czarna. Skorodowane obszary działają także jak karby powodujące pękanie (→ **ilustr. 20 i 21**).

Gniazda łożyskowe, które są wklęsłe, wypukłe lub stożkowe powodują, że pierścienie łożyskowe ma niewystarczający styk z powierzchnią osadzenia wzdłuż swojej szerokości. Z tego powodu pierścienie ugina się pod obciążeniem i często dochodzi do pęknięć zmęczeniowych na obwodzie bieżni.

Ilustr. 22 przedstawia pierścień zewnętrzny łożyska kulkowego wahliwego, który był zamontowany w nieokrągłym (owalnym) otworze oprawy oraz jego odbicie w lustrze. Nieruchomy pierścień zewnętrzny był zaciśnięty w dwóch miejscach – oddalonych o 180° – przez co w tych dwóch obszarach doszło do napięcia wstępnego łożyska. To obciążenie wstępne wywołało nadmierne siły, których skutkiem było przedwczesne zmęczenie materiału i łuszczenie zapoczątkowane pod powierzchnią.

Napięcie wstępne spowodowało także generowanie ciepła i pogorszenie warunków smarowania. Zwróć uwagę na silną korozję czarną (w odległości 180°) na powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego, pokrywającą się z dwoma strefami obciążenia.

Ilustr. 20

Korozja czarna może doprowadzić do pęknięcia pierścienia. Pierścień pęka w swoim najszabszym punkcie – rowku smarownym.
Klasyfikacja ISO: Korozja czarna i pęknięcie wymuszone



Ilustr. 21

Pierścień zewnętrzny tego łożyska nie był prawidłowo podparty w gnieździe oprawy. Korozja czarna doprowadziła do wysokich naprężeń w pierścieniu zewnętrznym i ostatecznie jej rezultatem było pęknięcie wymuszone pierścienia.
Klasyfikacja ISO: Korozja czarna i pęknięcie wymuszone



Ilustr. 22

Pierścień zewnętrzny tego łożyska kulkowego wahliwego jest umieszczony na przeciwko lustru. Można zauważyć dwie strefy obciążenia i łuszczenie oddalone o 180° . Uszkodzenie było skutkiem nieokrągłego gniazda oprawy.
Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią



Niewspółosiowość statyczna

Niewspółosiowość statyczna, powszechna przyczyna przegrzania i/lub przedwczesnego łuszczenia występuje, gdy ma miejsce jedna z następujących sytuacji:

- Pierścień wewnętrzny jest dosunięty do występu oporowego na wale, który nie jest prostopadły względem gniazda łożyska.
- Pierścień zewnętrzny jest dosunięty do występu oporowego w oprawie, który nie jest prostopadły względem otworu oprawy.
- Otwory dwóch opraw nie są współosiowe.
- Pierścień łożyska nie został prawidłowo dosunięty do występu oporowego i jest zamontowany w niewłaściwej pozycji w swoim gnieździe.
- Pierścień zewnętrzny łożyska swobodnego jest zakleszczony w swoim gnieździe.

Łożyska wahlne nie są w stanie skompenso-
wać wszystkich błędów niewspółosiowości.
Na przykład, gdy wirujący pierścień wewnętrz-
ny łożyska wahlowego nie jest prostopadły
względem swojego gniazda na wale, będzie się
on chybał wykonując ruch obrotowy. Może to
spowodować problemy ze smarowaniem oraz
przedwczesne zużycie i/lub szybkie zmęczenie
materiału zapoczątkowane na powierzchni.

Łożyska kulkowe wzdłużne mogą wykazy-
wać ślady wczesnego zużycia zmęczeniowego,
gdy zostaną zamontowane na powierzchniach
osadzenia, które nie są prostopadłe do wału.
W takich przypadkach jedynie jeden mały od-
cinek (łuk) nieruchomego pierścienia przenosi

całe obciążenie. Kiedy wirujący pierścień
łożyska kulkowego wzdłużnego jest zamonto-
wany na nieprostopadłym występie wału,
będzie się on chybał wykonując ruch obroto-
wy. Chwiejący się wirujący pierścień powoduje
obciążenie jedynie małej części nieruchomego
pierścienia i dochodzi do przedwczesnego zmę-
czenia materiału

W przypadku dwóch opraw podpierających
ten sam wał, które nie mają wspólnej osi,
jedynie łożyska kulkowe wahlne lub łożyska
wałeczkowe wahlne będą mogły funkcjono-
wać bez wywoływania momentów zginają-
cych, których efektem w razie stosowania
łożysk innych typów byłoby ugięcie wału
i niewspółosiowość. Łożyska kulkowe zwykle
i łożyska kulkowe skośne a także łożyska wal-
cowe i stożkowe mogą kompensować jedynie
bardzo małe niewspółosiowości. Niewspóło-
siowość w tych łożyskach zazwyczaj powoduje
obciążenia krawędziowe, których efektem
może być przedwczesne zmęczenie materiału.

Dwurzędowe łożysko kulkowe skośne poka-
zane na **ilustr. 23** było ustawione niewspóło-
siowo. W efekcie powstały dwie strefy obcią-
żenia oddalone o 180°. Wysokie wywołane
obciążenia doprowadziły do nieskutecznego
smarowania. Zarówno wysokie obciążenia jak
i problemy ze smarowaniem były przyczyną
przedwczesnego uszkodzenia łożyska, które
rozpoczęło się jako łuszczenie powierzchni.

Łożysko stożkowe pokazane na **ilustr. 24**
było zamontowane w ustawionej niewspółosio-
wo oprawie. Obciążenie było przenoszane jedy-
nie przez mały obszar na brzegu pierścienia.

Ilustr. 23

Ustawione niewspółosiowo łożysko kulkowe skośne dwurzędowe: Skutkiem niewspółosiowości były dwie strefy obciążenia oddalone o 180°. Wysokie obciążenia, wywołane przez nie naprężenia i problemy ze smarowaniem doprowadziły do przedwczesnego uszkodzenia łożyska.

Klasyfikacja ISO: zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni



Ilustr. 24

Niewspółosiowe ustawienie oprawy wywołało obciążenia krawędziowe w tym łożysku stożkowym. Rezultat: przedwczesne uszkodzenie łożyska.

Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią



Wynikowe bardzo wysokie naprężenia działające w tym miejscu doprowadziły do zmęczenia materiału i przedwczesnego łuszczenia zapoczątkowanego pod powierzchnią.

Nieprawidłowe sposoby montażu

Stosowanie niewłaściwych praktyk oraz zaniedbania przed i podczas montażu często prowadzą do uszkodzenia i przedwczesnego zmęczenia materiału lub awarii łożyska.

Jedną z przyczyn pierwotnych awarii łożysk wynikających z przedwczesnego zmęczenia materiału jest uszkodzenie spowodowane uderzeniem w czasie przenoszenia, montażu, przechowywania i/lub pracy łożyska.

W takich przypadkach uderzenie przekracza wytrzymałość materiału (dochodzi do przeciążenia materiału), który odkształca się plastycznie. Uszkodzenie zaczyna się w punkcie odkształcenia i ostatecznie kończy się przedwczesnym zniszczeniem łożyska.

Ilustr. 25 pokazuje, jak siła montażowa przyłożona do nieodpowiedniego pierścienia przechodzi przez elementy toczne. Taka sytuacja może także wystąpić, jeśli łożysko jest narażone na działanie nienormalnych obciążeń, kiedy nie pracuje. Ponieważ obciążenie udarowe jest obciążeniem osiowym, na pierścieniach można znaleźć wgniecenia przesunięte wzdłużnie względem środka łożyska. Odległość między wgnieceniami jest taka sama jak rozmieszczenie elementów tocznych.

Ilustr. 26 przedstawia uszkodzenie pierścienia wewnętrznego dwurzędowego łożyska kulkowego skośnego. W tym przypadku siła

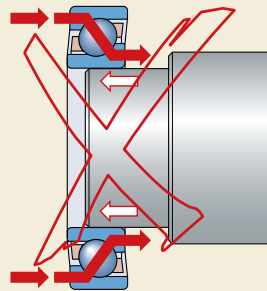
montażowa była przyłożona przez pierścień zewnętrzny. Powstałe odkształcenia trwałe są w postaci równomiernie rozmieszczonych wgnieceń, których położenie koresponduje z odległościami między kulkami.

Ilustr. 27 przedstawia wynikowe uszkodzenie łożyska kulkowego zwykłego, które pracowało przez pewien czas.

Inną przyczyną przedwczesnych uszkodzeń zmęczeniowych jest obecność zanieczyszczeń w łożysku lub w oprawie. Zanieczyszczenia mogą zostać wprowadzone w czasie montażu lub być pozostałością z uszkodzonego wcześniej zamontowanego łożyska. Zanieczyszczenia mogą także znaleźć się w oprawie po procesie jej produkcji.

Ilustr. 25

Siła montażowa przyłożona do nieodpowiedniego pierścienia
Klasyfikacja ISO: Przeciążenie



Ilustr. 26

Uszkodzenie spowodowane uderzeniem podczas montażu
Klasyfikacja ISO: Przeciążenie



Ilustr. 27

Zmęczenie materiału będące skutkiem uszkodzenia spowodowanego uderzeniem podczas montażu
Klasyfikacja ISO: Przeciążenie



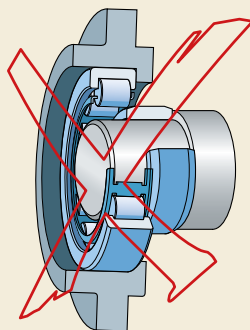
Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Efekt uwięzienia wióra między powierzchnią zewnętrzną łożyska i otworem oprawy również doprowadzi do przedwczesnego uszkodzenia łożyska.

Łożyska walcowe mogą zostać łatwo uszkodzone podczas montażu. Do takiej sytuacji może dojść, na przykład, po osadzeniu na wale pierścienia wewnętrznego łożyska konstrukcji NU, a pierścienia zewnętrznego ze złożeniem koszyka i wałeczków – w oprawie. Jeżeli podczas składania obu zespołów wał zostanie ustawiony skośnie i nie będzie obracany, wałeczki mogą zarysować bieżnię pierścienia wewnętrznego (→ **ilustr. 28**), powodując wgniecenia w kształcie długich, poprzecznych smug. Zwróć uwagę, że rozmięszczenie (→ **ilustr. 29**) uszkodzeń odpowiada odległościom między wałeczkami.

UWAGA: Można uniknąć takiego uszkodzenia: Dobrze nasmaruj wszystkie elementy i obracaj pierścień wewnętrzny podczas montażu. W przypadku większych łożysk powinna być stosowana tuleja montażowa (→ **ilustr. 30**).

Ilustr. 28

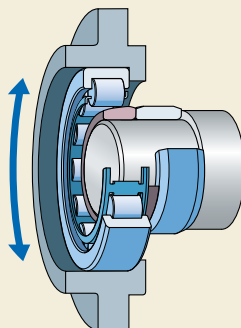


Ilustr. 29

Uszkodzenie montażowe łożyska walcowego
Klasyfikacja ISO: Wgniecenie w wyniku nieprawidłowej obsługi



Ilustr. 30



Przepływ prądu przez łożysko spowodowany nadmiernym napięciem

W pewnych warunkach prąd elektryczny przepływa przez łożysko szukając uziemienia. Na przykład, podczas naprawiania wału mogą powstać nadmierne różnice potencjałów elektrycznych (napięcie elektryczne) w efekcie nieprawidłowego uziemienia sprzętu spawalniczego. Ponieważ podczas przepływu prądu tworzy się łuk elektryczny między jednym pierścieniem łożyska a elementem tocznym oraz między elementem tocznym a drugim pierścieniem łożyska, dochodzi do poważnego uszkodzenia. **Ilustr. 31** przedstawia uszkodzenie w wyniku nadmiernego napięcia elektrycznego na bieżni pierścienia zewnętrznego i na powierzchni elementu tocznego w dużym łożysku barytkowym.

Uszkodzenie może wystąpić podczas postoju, ale zazwyczaj zdarza się podczas pracy łożyska. Jednakże ten typ uszkodzenia jest klasyfikowany jako uszkodzenie przedeksploatacyjne.

Ilustr. 31

Uszkodzenie dużego łożyska barytkowego spowodowane przepływem prądu elektrycznego w wyniku nadmiernego napięcia elektrycznego. Po lewej: uszkodzenie bieżni pierścienia zewnętrznego; po prawej: korespondujące uszkodzenie elementu tocznego

Klasyfikacja ISO: Nadmierne napięcie



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Uszkodzenia w transporcie i podczas magazynowania

Do uszkodzeń kojarzonych zazwyczaj z transportem należą prawdziwe odciski Brinella (przeciążenie) spowodowane obciążeniami uderowymi lub fałszywe odciski Brinella wywołane drganiami.

Prawdziwe odciski Brinella są wynikiem uderzenia. Uderzenie może wystąpić w rezultacie nieprawidłowego obchodzenia się z łożyskiem lub pojawienia się obciążeń uderowych w aplikacji. Zależnie od wielkości uszkodzenia, prawdziwe odciski Brinella spowodują (w różnym stopniu) wzrost poziomu hałasu i drgań oraz zmniejszenie trwałości eksploatacyjnej łożyska. Aby zidentyfikować uszkodzenie jako prawdziwe odciski Brinella należy sprawdzić, czy odległości między uszkodzonymi miejscami są zgodne z rozstawem elementów tocznych. Ponieważ prawdziwe odciski Brinella są skutkiem uderzenia, w powiększeniu mogą być widoczne oryginalne ślady po szlifowaniu. **Ilustr. 32** przedstawia stukrotne powiększenie uszkodzenia spowodowanego uderzeniem (powodującym przeciążenie).

Uszkodzenie w wyniku fałszywych odcisków Brinella także charakteryzuje się śladami rozmieszczonymi w odległościach odpowiadających rozstawowi elementów tocznych. Jednakże, ponieważ są one wywołane drganiami, ślady po szlifowaniu zniknęły, jak to pokazano na **ilustr. 33**. Fałszywe odciski Brinella również prowadzą do wzrostu poziomu hałasu i drgań zależnie od stopnia uszkodzenia łożyska.

Podczas przechowywania opakowanie łożyska powinno pozostawać w dobrym stanie, w przeciwnym przypadku stan łożyska może ulec pogorszeniu. Dotyczy to także łożysk już zamontowanych w podzespołach (→ **ilustr. 34**). łożyska powinny być zabezpieczone w odpowiedni sposób.

Ilustr. 32

Ślad uderzenia, który spowodował przeciążenie (prawdziwe odciski Brinella) – powiększenie 100 x
Klasyfikacja ISO: Przeciążenie



Ilustr. 33

Ślady fałszywych odcisków Brinella – powiększenie 100 x
Klasyfikacja ISO: Fałszywe odciski Brinella



Ilustr. 34

Uszkodzenie wynikające z nieprawidłowego składowania
Klasyfikacja ISO: Korozja od wilgoci



Eksploatacyjne przyczyny uszkodzeń

Zmęczenie materiału (zapoczątkowane pod powierzchnią)

Podczas pracy obciążenie jest przenoszone z jednego pierścienia łożyskowego na drugi poprzez elementy toczne. Za każdym razem, gdy element toczny wchodzi do strefy obciążenia, obciążenie przenoszone w miejscu styku zmienia się od zera do maksimum i z powrotem do zera. To prowadzi do powstawania naprężeń szczątkowych w materiale. W zależności od obciążenia, temperatury i ilości cykli naprężeń, te naprężenia będą prowadzić do zmian strukturalnych w materiale a ich skutkiem będzie tworzenie się pęknięć pod powierzchnią materiału. Ostatecznie pęknięcia te będą przemieszczać się do powierzchni i dojdzie do łuszczenia (→ ilustr. 35).

Łożysko jest uszkodzone jak tylko pojawi się początek łuszczenia. Nie oznacza to, że łożysko nie może dalej pracować. Rozmiar złuszczeń będzie się stopniowo powiększał (→ ilustr. 36) i będzie rosła ich ilość, co spowoduje wzrost poziomu hałasu i drgań w urządzeniu. Maszyna powinna zostać zatrzymana i naprawiona zanim dojdzie do katastroficznej awarii łożyska.

Aby uniknąć przedwczesnych uszkodzeń łożysk spowodowanych zmęczeniem materiału zapoczątkowanym pod powierzchnią, muszą być spełnione trzy główne warunki:

- czysta stal łożyskowa – łożysko najlepszej jakości
- dobre warunki smarowania (brak zanieczyszczeń)
- prawidłowy rozkład obciążenia na elementy toczne i wzdłuż linii styku elementu tocznego z bieżnią

Ilustr. 35

Łuszczenie w łożysku

Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią



Ilustr. 36

Zaawansowane łuszczenie spowodowane zmęczeniem materiału zapoczątkowanym pod powierzchnią

Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią



Nieskuteczne smarowanie

Jednym z głównych założeń przyjmowanych przy obliczaniu przewidywanej trwałości łożyska jest prawidłowe smarowanie łożyska. Oznacza to, że właściwy środek smarny, w odpowiedniej ilości, jest na czas dostarczany do łożyska. Wszystkie łożyska wymagają odpowiedniego smarowania, aby niezawodnie pracować. Środek smarny rozdziela elementy toczne, koszyk i bieżnię, zarówno w strefach styku tocznego jak i ślizgowego. Bez skutecznego smarowania dochodzi do kontaktu metal – metal między elementami tocznymi i bieżnią – oraz innymi stykającymi się powierzchniami, co powoduje uszkodzenie tych powierzchni.

Termin „uszkodzenie związane ze smarowaniem” jest zbyt często używany do zasugerowania, że w łożysku nie było oleju lub smaru. Mimo, że sporadycznie może wystąpić taka sytuacja, analiza uszkodzenia łożyska nie jest tak prosta. Wiele przypadków uszkodzeń jest rezultatem niewystarczającej lepkości środka smarnego, zbyt dużej lepkości środka smarnego, nadmiernego smarowania, niedostatecznej ilości środka smarnego, zanieczyszczeń w środku smarnym lub zastosowania niewłaściwego środka smarnego w określonej aplikacji. Dlatego dokładne zbadanie własności środka smarnego, ilości środka smarnego dostarczanego do łożyska oraz warunków pracy jest właściwe dla każdej analizy uszkodzenia mającego związek ze smarowaniem.

Kiedy smarowanie jest nieskuteczne, nastąpi uszkodzenie w postaci zmęczenia materiału zapoczątkowanego na powierzchni. To uszkodzenie może się szybko rozwijać i prowadzić do awarii, które często trudno odróżnić od awarii spowodowanych zmęčeniami materiału zapoczątkowanym pod powierzchnią. Dojdzie do łuszczenia, które często niszczy dowody nieefektywnego smarowania. Jednakże, jeśli uszkodzenie zostanie wykryte odpowiednio wcześniej, będą widoczne ślady wskazujące na prawdziwą przyczynę uszkodzenia.

Etapy uszkodzenia spowodowanego niedostatecznym smarowaniem (mikropęknięciami powierzchniowymi) są pokazane na **ilustr. 37**. Pierwszym widocznym objawem problemu jest zwykle wygładzenie lub falistość powierzchni. Potem drobne pęknięcia rozwijają się, aż dojdzie do łuszczenia.

Ilustr. 37

Etapy rozwijania się łuszczenia (mikropęknięć powierzchniowych) spowodowanego nieskutecznym smarowaniem
Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni



Etap 1: Na powierzchni dochodzi do wygładzania mikronierówności lub pojawia się falistość.



Etap 2: Następuje rozwój mikropęknięć powierzchniowych. Następnie pojawiają się mikrołuszczenia.



Etap 3: Po oderwaniu od powierzchni cząstekach materiału przetaczają się elementy toczne i pojawia się prawdziwe łuszczenie.



Etap 4: Jeśli łożysko pracuje w tym stanie zbyt długo, łuszczenie występuje na całej bieżni; nie można już zauważyć uszkodzenia pierwotnego.

Ilustr. 38 przedstawia bieżnię pierścienia wewnętrznego dużego łożyska barytkowego. Z powodu niewystarczającego smarowania wystąpiło zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni. Rozpoczęło się już łuszczenie na brzegach powierzchni styku.

Ilustr. 39 pokazuje pierścień zewnętrzny łożyska barytkowego. Tutaj łuszczenie jest zaawansowane.

Ilustr. 38

Mikropęknięcia powierzchniowe na brzegach powierzchni styku na bieżni pierścienia wewnętrznego w dużym łożysku barytkowym

Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni



Ilustr. 39

Zaawansowane łuszczenie spowodowane mikropęknięciami powierzchniowymi na bieżni pierścienia zewnętrznego łożyska barytkowego

Klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Inna forma uszkodzenia zapoczątkowanego na powierzchni jest zwana zacieraniem (zużycie przylgowe). Zacieranie (poślizg) może wystąpić, gdy występuje jedna z następujących sytuacji:

- stosunkowo wysokie prędkości
- niewystarczające obciążenie
- środek smary jest zbyt sztywny
- nadmierny luz
- niedostateczna ilość środka smarnego w strefie obciążenia

Gdy elementy toczne są narażone na wysokie przyspieszenia przy wchodzeniu do strefy obciążenia, może dojść do poślizgu. Ciepło generowane przez te ślizgające się powierzchnie może być tak duże, że dojdzie do roztopienia powierzchni w miejscach styku metal-metal. Ten proces zgrzewania powoduje przenoszenie materiału z jednej powierzchni na drugą, co prowadzi także do wyższego tarcia i miejscowej koncentracji naprężeń przy wysokim ryzyku, że dojdzie do pęknięć i przedwczesnej awarii łożyska. **Ilustr. 40** przedstawia pierścien zewnętrzny łożyska barytkowego. Na obu bieżniach widać zatarcia. Zwróć uwagę na dwa ślady zużycia w strefie obciążenia. Inny przykład zatarcia jest pokazany na **ilustr. 41**.

Zatarcia mogą także wystąpić w aplikacjach, gdzie obciążenie jest zbyt niskie w stosunku do prędkości obrotowej. Ślizganie się elementów tocznych prowadzi do gwałtownego wzrostu temperatury, co może wywoływać miejscowe roztopianie i przenoszenie materiału z jednej powierzchni na drugą (→ **ilustr. 42**).

Do zacierania może również dojść na obszarach takich jak obrzeża ustalające i powierzchnie czołowe elementów tocznych w łożyskach walcowych i stożkowych, pierścien prowadzący i powierzchnie czołowe barytek w łożyskach barytkowych oraz strona oporowa barytek i bieżni łożysk barytkowych wzdłużnych (→ **ilustr. 42**).

Ilustr. 40

Zatarcie na bieżni pierścienia zewnętrznego łożyska barytkowego w miejscu, gdzie elementy toczne wchodzą w strefę obciążenia
Klasyfikacja ISO: Zużycie przylgowe



Ilustr. 41

Zatarcie na jednej bieżni nieruchomego pierścienia wewnętrznego łożyska barytkowego
Klasyfikacja ISO: Zużycie przylgowe



Ilustr. 42

Zatarcie na stronie oporowej barytki łożyska barytkowego wzdłużnego
Klasyfikacja ISO: Zużycie przylgowe



Zużycie w całym łożysku także jest efektem nieskutecznego smarowania. **Ilustr. 43** przedstawia taki rodzaj uszkodzenia.

Większość koszyków metalowych nie jest utwardzana. Przy nieskutecznym smarowaniu zużycie często rozpoczyna się w gniazdach koszyka (→ **ilustr. 44 i 45**).

Ilustr. 43

Zużycie spowodowane nieskutecznym smarowaniem w łożysku barytkowym
Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Ilustr. 44

Zużycie spowodowane nieskutecznym smarowaniem: masywny koszyk mosiężny łożyska walcowego
Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Ilustr. 45

Zaawansowane zużycie spowodowane nieskutecznym smarowaniem: masywny koszyk stalowy łożyska kulowego skośnego jednorzędowego
Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Nieskuteczne uszczelnienia

Niniejszy podrozdział dotyczy uszkodzeń łożysk spowodowanych nieskutecznym uszczelnieniem.

Kiedy zanieczyszczenia dostaną się do wnętrza łożyska, jego trwałość eksploatacyjna zostanie skrócona. Dlatego nadzwyczaj ważna jest ochrona łożysk za pomocą albo wbudowanych w łożysko uszczelnień lub blaszek ochronnych albo za pomocą uszczelnień zewnętrznych. W szczególnie mocno zanieczyszczonych środowiskach korzystne może być zastosowanie obu typów uszczelnień.

Gdy stałe cząstki zanieczyszczeń wnikną do łożyska środek smarny może stracić swoją skuteczność i może wystąpić zużycie. Jest to przyspieszający proces, ponieważ nadal będzie się pogarszał stan środka smarnego a zużycie zniszczy mikrogeometrię łożyska. Szybkość tego procesu w dużym stopniu jest uzależniona od typu zanieczyszczeń i od tego, czy cząstki pochodzące ze zużycia pozostają w łożysku czy też są usuwane (wymiana smaru). Przez większą część czasu skutkiem zużycia są matowe powierzchnie (→ **ilustr. 46 do 48**).

Ilustr. 46 przedstawia pierścień zewnętrzny łożyska barytkowego z dwoma pasami zużycia w strefie obciążenia. Widoczna jest także falistość powierzchni spowodowana drganiami podczas pracy. **Ilustr. 47** pokazuje pierścień wewnętrzny łożyska barytkowego w aplikacji z wirującym pierścieniem zewnętrznym. Zużycie jest zaawansowane na obu bieżniach i rozpoczęło się łuszczenie. **Ilustr. 48** przedstawia pierścień wewnętrzny dużego łożyska barytkowego w zastosowaniu z obracającym się pierścieniem zewnętrznym. Zużycie jest bardzo rozwinięte i rozpoczęło się łuszczenie. Na każdej bieżni są dwie strefy zużycia. Najpierw doszło do zużycia w jednej strefie obciążenia. Potem, z powodu pełzania pierścienia wewnętrznego (obrotu), zużycie rozpoczęło się w drugiej strefie obciążenia.

Ilustr. 46

Zużycie na pierścieniu zewnętrznym łożyska barytkowego

Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Ilustr. 47

Zaawansowane zużycie na nieruchomym pierścieniu wewnętrznym łożyska barytkowego

Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Ilustr. 48

Bardzo zaawansowane zużycie na nieruchomym pierścieniu wewnętrznym dużego łożyska barytkowego

Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Czasami cząstki będące efektem zużycia lub inne zanieczyszczenia stałe będą działały jak środek polerski a powierzchnie styku staną się niezwykle potyskujące. Stopień tego procesu zależy od wielkości cząstek zanieczyszczeń, ich twardości oraz czasu (→ **ilustr. 49 i 50**).

Ilustr. 49

Zużycie w wyniku polerowania w łożysku baryłkowym
Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Ilustr. 50

Zużycie w wyniku polerowania na pierścieniu wewnętrznym dużego łożyska baryłkowego
Klasyfikacja ISO: Zużycie ścierne



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Zanieczyszczenia stałe, które dostaną się do wnętrza łożyska powodują wgniecenia w bieżniach, gdy przetoczą się po nich elementy toczne. Uszkodzenie bieżni zależy od rodzaju zanieczyszczenia. Bardzo twarde cząstki, takie jak Al_2O_3 (materiał z tarczy szlifierskiej) powodują wgniecenia z ostrymi narożami, które wywołują wysokie naprężenia w miejscu uszkodzenia. Miękkie zanieczyszczenia, jak kawałek cienkiego papieru lub nitka z tkaniny bawełnianej także mogą spowodować szkodliwe wgniecenia.

Każde wgniecenie jest potencjalnie miejscem, w którym rozpocznie się przedwczesne zużycie zmęczeniowe.

Ilustr. 51 przedstawia wgniecenie, które powstało po przetoczeniu się elementów tocznych po kawałku metalowego drutu w bardzo dużym łożysku baryłkowym.

Ilustr. 52 pokazuje wgniecenia w bardzo dużym łożysku baryłkowym. Znaczna ilość wgnieceń może w znacznym stopniu skrócić trwałość eksploatacyjną łożyska.

Ilustr. 53 przedstawia łożysko kulkowe zwykłe z wgnieceniami spowodowanymi zanieczyszczeniami. Łuszczenie rozpoczęło się w dwóch miejscach zaznaczonych kółkami i rozwijało się od tych miejsc.

Ilustr. 51

Wgniecenie pochodzące od kawałka metalowego drutu w bardzo dużym łożysku baryłkowym
Klasyfikacja ISO: Wgniecenie cząstek zanieczyszczeń



Ilustr. 52

Wgniecenie cząstek zanieczyszczeń w dużym łożysku baryłkowym
Klasyfikacja ISO: Wgniecenie cząstek zanieczyszczeń



Ilustr. 53

Łuszczenie w łożysku kulkowym zwykłym spowodowane wgnieceniami
Klasyfikacja ISO: Wgniecenie cząstek zanieczyszczeń



Korozja jest kolejnym problemem, który występuje jako efekt nieskutecznego uszczelnienia, zwłaszcza w stanie spoczynku.

Woda, kwas i wiele środków czyszczących powodują pogorszenie stanu środka smarnego, czego skutkiem jest korozja.

Kiedy woda, kwas lub środek czyszczący dostanie się do węzła łożyskowego, negatywnie wpływa na zdolność ochrony powierzchni stalowych przed utlenianiem. W rezultacie, gdy maszyna jest w stanie spoczynku, łatwo tworzy się głęboko osadzona rdza. Z biegiem czasu, nadmierna wilgoć wytworzy kwas w środku smarnym i wytrawi powierzchnie na czarno, jak to pokazano na **ilustr. 54**.

W obecności wody i z powodu efektu kapilarnego, obszar położony wokół strefy styku elementu tocznego może skorodować (→ **ilustr. 55**). Ta korozja występuje w postaci szaro-czarnych smug w poprzek bieżni, których położenie jest zwykle zgodne z odległościami między elementami tocznymi (→ **ilustr. 56**).

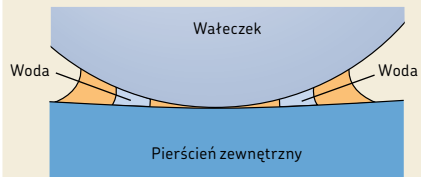
Ilustr. 54

Kwas wytworzony przez wilgoć w łożysku baryłkowym
Klasyfikacja ISO: Korozja od wilgoci



Ilustr. 55

Z powodu efektu kapilarnego, obszar położony wokół strefy styku elementu tocznego może skorodować.
Klasyfikacja ISO: Korozja od wilgoci



Ilustr. 56

Smugi korozyjne spowodowane przez wodę w środku smarnym
Klasyfikacja ISO: Korozja od wilgoci



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Kiedy woda, kwas lub środki czyszczące spowodują pogorszenie zdolności środka smarnego do ochrony powierzchni stalowych a postój maszyny się przedłuży, skorodować mogą całe powierzchnie pierścieni i elementów tocznych (→ **ilustr. 57 i 58**).

Ilustr. 57

Rdza na pierścieniu zewnętrznym łożyska barytkowego spowodowana wilgocią podczas długiego postoju
Klasyfikacja ISO: Korozja od wilgoci



Ilustr. 58

Rdza na elemencie tocznym łożyska barytkowego spowodowana wilgocią podczas długiego postoju
Klasyfikacja ISO: Korozja od wilgoci



Drgania (fałszywe odciski Brinella)

Drgania, występujące głównie podczas postoju maszyny, są kolejną przyczyną uszkodzeń łożysk. W przypadku urządzeń pomocniczych i urządzeń pozostających w stanie spoczynku, uszkodzenie w wyniku drgań może być spowodowane przez stojące w pobliżu maszyny, które pracują. W zależności od tego, jak blisko pracującego urządzenia (pracujących urządzeń) znajduje się jednostka pozostająca w bezruchu, wibracje wywołane przez pracujący sprzęt powodują różnej wielkości drgania elementów tocznych w łożysku maszyny nieruchomej. W łożysku dochodzi do kombinacji uszkodzeń w wyniku korozji i zużycia, które powodują tworzenie się płytkich wgłębień w bieżniach; stopień uszkodzenia zależy od intensywności i częstotliwości drgań, stanu środka smarnego i wielkości obciążenia.

Wgłębienia, których rozstaw odpowiada odległościom między elementami tocznymi, są często przebarwione (czerwonawe) lub połyskujące (kuliste wgłębienia w przypadku łożysk kulkowych, linie w przypadku łożysk wałeczkowych).

Wielkość i czas trwania drgań oraz luz wewnętrzny w łożysku mają wpływ na uszkodzenie. Łożyska wałeczkowe są bardziej podatne na ten typ uszkodzenia niż łożyska kulkowe.

Ilustr. 59 przedstawia rezultat uszkodzenia w wyniku drgań w łożysku kulkowym wahlwym zamontowanym w urządzeniu pozostającym w stanie spoczynku. **Ilustr. 60** pokazuje podobny efekt w łożysku toroidalnym CARB, które było zastosowane w urządzeniu pozostającym w bezruchu przez długi czas.

Ilustr. 61 przedstawia fałszywe odciski Brinella na pierścieniu zewnętrznym łożyska wałeczkowego. Łożysko było zamontowane w silniku elektrycznym urządzenia pomocniczego. Urządzenie było wielokrotnie uruchamiane i zatrzymywane. Podczas każdego postoju dochodziło do uszkodzenia spowodowanego drganiami. Można zauważyć szereg zespołów „rowków” w odległościach odpowiadających rozstawowi elementów tocznych. Trzy strzałki wskazują najcięższe uszkodzenie – w odległościach odpowiadających rozstawowi wałeczków – które wystąpiło podczas długiego przestoju.

Ilustr. 59

Uszkodzenie spowodowane drganiami w łożysku kulkowym wahlwym w urządzeniu pozostającym w stanie spoczynku
Klasyfikacja ISO: Fałszywe odciski Brinella



Ilustr. 60

Uszkodzenie spowodowane drganiami w łożysku CARB w urządzeniu pozostającym w stanie spoczynku przez długi czas
Klasyfikacja ISO: Fałszywe odciski Brinella



Ilustr. 61

Uszkodzenie spowodowane drganiami w łożysku wałeczkowym w urządzeniu pomocniczym
Klasyfikacja ISO: Fałszywe odciski Brinella



Niewspółosiowość podczas pracy

Przyczyny niewspółosiowości podczas pracy obejmują ugięcia wału spowodowane wysokimi obciążeniami lub zmianami amplitudy obciążenia podczas pracy (obciążenie od niewyważenia). Kiedy występuje niewspółosiowość robocza, strefy obciążenia nie są równoległe do rowków bieżni (→ **ilustr. 9** na **stronie 297**). W rezultacie zostają wywołane obciążenia osiowe, które mogą być niebezpieczne, gdyż mogą prowadzić do pęknięcia zmęczeniowego. **Ilustr. 62** przedstawia pierścień zewnętrzny dwurzędowego łożyska walcowego z pełną liczbą wałeczków typu NNCF. Obrzeże pierścienia zewnętrznego jest prawie całkowicie oderwane z powodu zmęczenia materiału będącego efektem obciążeń osiowych wywołanych ugięciem wału.

Ilustr. 62

Pęknięcie zmęczeniowe obrzeża pierścienia zewnętrznego w dwurzędowym łożysku walcowym z pełną liczbą wałeczków
Klasyfikacja ISO: Pęknięcie zmęczeniowe



Przepływ prądu elektrycznego przez łożysko

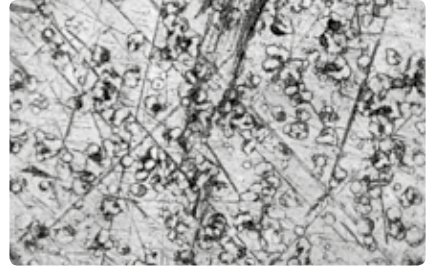
W celu uzyskania informacji na temat uszkodzeń łożysk spowodowanych przepływem prądu wywołanym nadmiernym napięciem elektrycznym zapoznaj się z podrozdziałem *Przepływ prądu przez łożysko spowodowany nadmiernym napięciem* na **stronie 307**.

Jednakże do uszkodzeń prądowych może dojść nawet wtedy, gdy natężenie prądu jest stosunkowo niskie. Elektryczne prądy błądzące mogą zostać wywołane przez jedną z następujących przyczyn: przemienniki częstotliwości, asymetria strumienia, konstrukcja silnika, niesymetryczne okablowanie, uziemienie i maszyna napędzana. Początkowo dochodzi do uszkodzenia powierzchni w postaci płytkich kraterów położonych blisko siebie i tak małych, że można je dostrzec dopiero w powiększeniu (→ **ilustr. 63 i 64**).

Przecięcie materiału i powiększenie obrazu około pięćset razy pokazuje zmiany w materiale (→ **ilustr. 65**). Biały obszar wskazuje, że doszło do ponownego zahartowania materiału – do twardości wynoszącej zwykle 66 do 68 HRC. Ten materiał jest bardzo twardy i kruchy. Poniżej obszaru zahartowanego jest czarna warstwa, wyżarzona przez ciepło, która jest bardziej miękka niż otaczająca ją materiał łożyska (56 do 57 HRC).

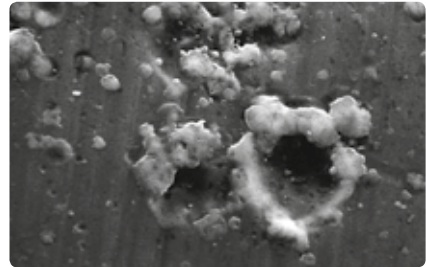
Ilustr. 63

Upływ prądu: Można zauważyć małe kratery w powiększeniu 500 x
Klasyfikacja ISO: Upływ prądu



Ilustr. 64

Kratery (powiększenie 1000 x)
Klasyfikacja ISO: Upływ prądu



Ilustr. 65

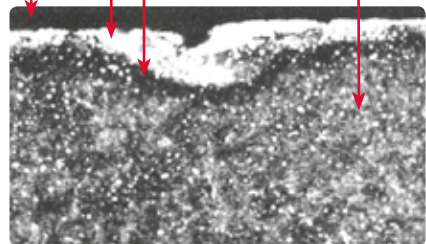
Zmiany w materiale: Przekrój poprzeczny przez łożysko w powiększeniu 500 x
Klasyfikacja ISO: Upływ prądu

Materiał ponownie zahartowany
66 – 68 HRC (biały)

Materiał normalny
58 – 62 HRC

Bieżnia

Materiał wyżarzony
56 – 57 HRC (czarny)



Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Wielkość uszkodzenia zależy od szeregu czynników: rodzaju łożyska, natężenia prądu, czasu trwania, obciążenia łożyska, luzu w łożysku, prędkości i środka smarnego. Po pewnym czasie z kraterów powstaną rowki (zwane także sfałowaniem powierzchni) (→ **ilustr. 66 i 67**), równoległe do osi obrotu. Te rowki mogą mieć znaczną głębokość i wywoływać hałas oraz drgania podczas pracy. Ostatecznie łożysko ulegnie awarii na skutek zmęczenia metalu. Oprócz rowkowania na pierścieniach i elementach tocznych łożyska, istnieją jeszcze dwa objawy wskazujące na uszkodzenia spowodowane elektrycznymi prądami błądzącymi: ciemnoszare matowe przebarwienia elementów tocznych (→ **ilustr. 68**), razem z ciemnoszarą matową powierzchnią strefy obciążenia. Smar na poprzeczkach koszyka i wokół nich będzie czarny (zwęglony) (→ **ilustr. 69**).

Uszkodzenie prądowe może być także spowodowane elektrycznością statyczną wydzielaną przez naładowane pasy lub będącą efektem procesu produkcji obejmującego skórę, papier, tkaninę lub gumę. Te prądy błądzące przepływają przez wał i łożysko do uziemienia. Kiedy prąd przeniknie przez film smarny, między elementami tocznymi a bieżniami dochodzi do powstania mikroskopijnych wyładowań łukowych.

UWAGA: Aby uniknąć problemów związanych z uszkodzeniami spowodowanymi upływem prądu, SKF zaleca stosowanie łożysk, które zapewniają izolację: łożysk hybrydowych lub łożysk typu INSOCOAT. Detektor wyładowań elektrycznych z SKF może pomóc w wykryciu występowania prądów wyładowczych w łożyskach tocznych.

Ilustr. 66

Rowki (sfałowania powierzchni) we wczesnym etapie w łożysku barytkowym
Klasyfikacja ISO: Upływ prądu



Ilustr. 67

Rowki w zaawansowanym stanie w łożysku kulkowym zwykłym
Klasyfikacja ISO: Upływ prądu



Ilustr. 68

Po lewej: kulka o matowej powierzchni będącej efektem upływu prądu
Po prawej: normalna kulka

Klasyfikacja ISO: Upływ prądu



Ilustr. 69

Przypalony smar na poprzeczkach koszyka
Klasyfikacja ISO: Upływ prądu





Wsparcie techniczne

Wstęp	326
--------------------	------------

Szkolenia	326
SKF Reliability Maintenance Institute ..	326
Szkolenia w ośrodkach szkoleniowych	326
Szkolenia dostosowane do potrzeb klienta	326
SKF Reliability Maintenance Institute w trybie online	327
SKF @ptitude Exchange	327
SKF @ptitude Decision Support	327

Przegląd strategii obsługi maszyn	328
Analiza SKF Potrzeb Klienta (SKF Client Needs Analysis)	328
Kompleksowe rozwiązania utrzymania ruchu	329

Gospodarka energetyczna i ochrona środowiska	329
Usługi SKF Monitorowania Zużycia Energii	329
Karty informacyjne dla personelu warsztatowego	330

Usługi mechaniczne w zakresie utrzymania ruchu	330
---	------------

Regeneracja i naprawa	331
Usługi SKF regeneracji łożysk	331
Usługi SKF w zakresie napraw i modernizacji wrzecion obrabiarek	331

Autoryzowani Dystrybutorzy SKF	331
Certyfikowani Partnerzy SKF ds. Utrzymania Ruchu	331
Certyfikowane przez SKF Firmy Serwisowe Naprawiające Silniki Elektryczne	331

Wstęp

Aby dodatkowo pomóc swoim klientom w ich wysiłkach w zakresie utrzymania ruchu, SKF oferuje szeroki zakres usług.

Niniejszy rozdział przedstawia przegląd tych usług. Szczegółowe informacje można znaleźć na stronie www.skf.com/services/i/lub www.aptitudexchange.com.

Szkolenia

Przejęcie właściwego szkolenia oznacza, że Ty i Twój pracownicy zdobyliście odpowiednią wiedzę i umiejętności do obsługi maszyn i zarządzania parkiem maszynowym zakładu, przez co mogą zostać obniżone koszty związane z utrzymaniem ruchu oraz zwiększona niezawodność i wydajność.

SKF oferuje różne opcje szkoleń, w zakresie od szkoleń o tematyce dostosowanej do wymagań klienta prowadzonych w jego siedzibie, po kursy dostępne w trybie online, w których można zdobywać wiedzę w dowolnym czasie, w tempie, jakie jest wygodne dla uczącej się osoby.

Dostępna jest szeroka gama kursów szkoleniowych dotyczących niezawodności maszyn, od podstaw aż do poziomu eksperckiego.

Niezależnie od tego, w jakiej działasz branży przemysłowej lub jakich maszyn używasz, SKF może Ci pomóc pokazując, jak usprawnić obsługę posiadanych zasobów produkcyjnych.

SKF Reliability Maintenance Institute

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) (Instytut SKF ds. Niezawodności i Utrzymania Ruchu) oferuje wyczerpujący zestaw szkoleń o różnych poziomach zaawansowania, o tematyce, która dotyczy większości aspektów obsługi konserwacyjnej i niezawodności maszyn, od podstawowej wiedzy o łożyskach i smarowaniu po strategię obsługi maszyn i zarządzanie zasobami.

Szkolenia w ośrodkach szkoleniowych

Tradycyjne „szkolne” kursy RMI, prowadzone przez wykwalifikowanych instruktorów, odbywają się w różnych ośrodkach szkoleniowych SKF, ale na życzenie mogą zostać także przeprowadzone w siedzibie klienta. W czasie takich kursów specjalnie organizowanych w zakładzie, instruktor może prowadzić niektóre zajęcia bezpośrednio na urządzeniach stosowanych w fabryce.



Większość szkoleń obejmuje także test certyfikacyjny. Uczestnicy, którzy zadadzą test otrzymują certyfikat SKF ukończenia kursu.

Szkolenia dostosowane do potrzeb klienta

SKF może stworzyć programy szkoleniowe dostosowane do potrzeb poszczególnych firm, zgodnie z ich specjalnymi wymaganiami. W celu zorganizowania szkoleń obejmujących rozwój umiejętności personelu lub obsługę urządzeń, specjaliści RMI mogą przeprowadzić analizy poziomu zaawansowania pracowników i na tej podstawie ocenić zakres potrzebnego szkolenia, opracować harmonogram nauczania i przygotować potrzebne materiały szkoleniowe.

SKF Reliability Maintenance Institute w trybie online

SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) działa także w trybie online (przez internet) i oferuje coraz szerszy zakres kursów szkoleniowych poziomu podstawowego o różnorodnej tematyce. Dzięki temu zainteresowane osoby mogą samodzielnie ustalać tempo nauki, tak jak jest im wygodnie. RMI online umożliwia uczącym się wzajemną współpracę oraz korzystanie z pomocy instruktora. Funkcja „zapytaj eksperta” daje uczestnikowi kursu bezpośredni dostęp do szerokiej sieci ekspertów SKF specjalizujących się w różnych dziedzinach, co zwiększa do maksimum skuteczność szkolenia.

Podobnie do kursów organizowanych w ośrodkach szkoleniowych, szkolenia prowadzone w trybie online mają strukturę odzwierciedlającą proces Optymalizacji Wydajności Zasobów z SKF (Asset Efficiency Optimization). Po zakończeniu kursu każdy uczestnik może ocenić, czego się nauczył, przystępując do testu. Wszyscy, którzy z powodzeniem zaliczą test są nagradzani certyfikatem.

SKF @ptitude Exchange

SKF @ptitude Exchange jest dostępnym w trybie online źródłem wiedzy eksperckiej w zakresie utrzymania ruchu i niezawodności, skupionym na trzech kluczowych obszarach:

- Zarządzanie zasobami, np. optymalizacja utrzymania ruchu i logistyki
- Mechaniczna obsługa konserwacyjna maszyn, np. wyważanie, osiowanie i smarowanie

- Inżynieria niezawodności, np. prognozowane utrzymanie ruchu, analiza drgań i techniki kontrolne

Strona internetowa SKF @ptitude Exchange spełnia funkcję biblioteki SKF Reliability Maintenance Institute, dostarczając dużą ilość wysokiej jakości informacji technicznych, pozwalających pogłębić wiedzę zdobytą na kursie. Publikacje, artykuły, poradniki i wiele innych materiałów jest dostępnych dla zarejestrowanych użytkowników po uiszczeniu opłaty, jak również mają oni możliwość korzystania z różnych programów i interaktywnych serwisów obejmujących:

- SKF Bearing Inspector, program pomagający w analizie uszkodzeń łożysk
- LubeSeLect, program do doboru środka smarnego
- LuBase, baza danych technicznych środków smarnych
- SKF.com/mount, program do tworzenia szczegółowych instrukcji montażu łożysk, opraw i zespołów łożyskowych
- @ptitude Exchange Forum, forum dyskusji ze specjalistami w dziedzinie utrzymania ruchu i niezawodności

Do korzystania z niektórych programów potrzebna jest subskrypcja.

SKF @ptitude Decision Support

SKF @ptitude Decision Support jest systemem zarządzania wiedzą, który wykorzystuje najnowsze rozwiązania techniczne do zbierania danych pochodzących z różnych źródeł do jednej łatwej w użyciu aplikacji służącej do zarządzania niezawodnością. System ten ułatwia użytkownikowi podejmowanie właściwych decyzji w odpowiednim czasie, w oparciu o uporządkowane informacje i zdobytą wiedzę.

Przegląd strategii obsługi maszyn

Jak i gdzie mogę usprawnić pracę zakładu? Czy powinienem bardziej dostosować mój zakład do wzorców występujących w tej branży przemysłowej? Jak mogę sprawdzać, czy następuje ciągła poprawa procesu utrzymania ruchu w moim zakładzie?

To dobre pytania. Ale znalezienie właściwych odpowiedzi i wprowadzenie strategii obejmujących te zagadnienia może być zniechęcające. Przy codziennych wyzwaniach na produkcji i ograniczeniach czasowych, zidentyfikowanie obszarów, gdzie możliwa jest poprawa i osiągnięcie zamierzonego celu może wydawać się niemożliwe. Ale SKF może pomóc.

Aby osiągnąć sukces, musisz mieć pewność, że twoja strategia obsługi maszyn i jej realizacja są ze sobą ściśle powiązane w celu uzyskania oczekiwanych korzyści. Konsultant SKF może dostarczyć narzędzia, techniki, przeprowadzić szkolenia i udzielać wskazówek, które pozwolą tobie i twojemu personelowi osiągnąć cel.

SKF może przeprowadzić przegląd stosowanej w twoim zakładzie strategii utrzymania ruchu, przedstawić porównanie skuteczności obecnie stosowanej strategii do standardów panujących w tym przemyśle i przygotować raport, który wskaże ci dalsze kierunki działania. Kiedy zdecydujesz, jakie wprowadzić ulepszenia i w jaki sposób je wdrożyć, SKF może służyć pomocą na każdym etapie realizacji, dostarczając wiedzę, technologię i szkolenia, które są potrzebne twojej załodze do osiągnięcia zamierzonego planu.

Alternatywnie, SKF może przygotować i wdrożyć program obsługi maszyn w twoim imieniu, zabezpieczając wiedzę ekspercką, siłę roboczą i sprzęt potrzebny do uzyskania wspólnie uzgodnionych wyników.

Analiza SKF Potrzeb Klienta (SKF Client Needs Analysis)

Punktem startowym oceny efektywności twojej obecnej strategii utrzymania ruchu może być wykonanie przez SKF usługi zwanej Analizą Potrzeb Klienta. Ten proces kontrolny może skupiać się albo na ocenie twojej strategii



obsługi maszyn, albo/i na sprawach związanych ze sprawnością energetyczną i ochroną środowiska naturalnego.

Zintegrowana ocena strategii zarządzania zasobami oparta na niezawodności i ryzyku rozpoczyna się od zrozumienia, gdzie znajdujesz się w chwili obecnej i gdzie powinieneś być, aby osiągnąć optymalne działanie. Analiza SKF Potrzeb Klienta umożliwia to zrozumienie, łącząc w sobie doświadczenie SKF w obsłudze maszyn opartej na niezawodności z twoją wiedzą na temat warunków panujących w zakładzie. Celem jest dostarczenie użytecznych informacji, które pomogą ci skoncentrować się na wiarygodnych możliwościach poprawy działania.

Analiza SKF Potrzeb Klienta daje obraz obecnej sytuacji panującej w twojej fabryce, a także rozpatruje specyficzne dla twojej gałęzi przemysłu aspekty obsługi maszyn i niezawodności, w celu stworzenia niepowtarzalnej, opartej na potrzebach analizy.

Kiedy SKF dowie się, jak działa obecnie twój proces utrzymania ruchu i zapewnienia niezawodności, jest w stanie pomóc w opracowaniu planu działania do sprostania najbardziej pilnym wyzwaniom.

Kompleksowe rozwiązania utrzymania ruchu

Podstawą programu kompleksowego rozwiązania problemu utrzymania ruchu (Integrated Maintenance Solution – IMS) jest podpisanie umowy, na mocy której SKF jest odpowiedzialny za stworzenie i wdrożenie strategii zarządzania zasobami produkcyjnymi twojego zakładu przy założeniu osiągnięcia celu, jakim jest zwiększenie niezawodności i rentowności fabryki. Po zawarciu umowy SKF staje się integralną częścią twojego zespołu operacyjnego. SKF dostarcza łożyska, uszczelnienia i środki smarne oraz kieruje utrzymaniem ruchu maszyn. SKF współpracuje z tobą, łącząc swoje doświadczenie i umiejętności eksperckie w zakresie zarządzania zasobami oraz wiedzę na temat maszyn wirujących, aby obniżyć całkowity koszt własności twoich zasobów.

Korzyści są następujące:

- wzrost niezawodności i czasu sprawności maszyn
- zarządzanie całkowitym kosztem własności i kontrola kosztów utrzymania ruchu
- podniesienie jakości obsługi maszyn, niezawodności pracy i umiejętności pracowników
- uniknięcie nakładów kapitałowych na technologię i zapasy
- osiągnięcie terminowych dostaw i kontrola wydatków na elementy potrzebne do obsługi konserwacyjnej, napraw i eksploatacji (MRO).
- korzystanie z zasobów technicznych SKF

Gospodarka energetyczna i ochrona środowiska

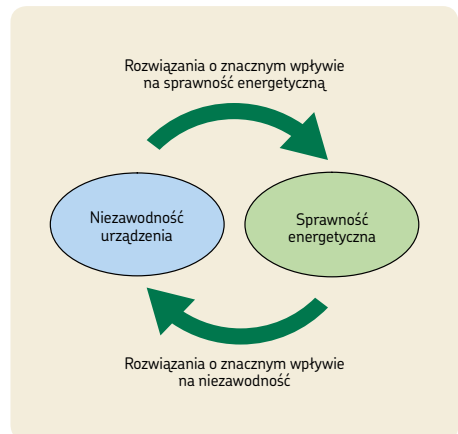
Sprawność energetyczna może być wskaźnikiem niezawodności parku maszynowego zakładu, na przykład pomp. Jednakże, o ile sprawność energetyczną można wykorzystać do oceny niezawodności maszyn, to nie da się jej użyć do przewidywania i wykrywania niepoprawnego działania urządzeń. W rezultacie, programy monitorowania zużycia energii oraz kontroli stanu maszyn wzajemnie się uzupełniają i dają maksimum korzyści i oszczędności kosztów, gdy są stosowane równolegle.



Usługi SKF Monitorowania Zużycia Energii

SKF oferuje usługi monitorowania zużycia energii dla systemów sprężonego powietrza i systemów pompujących. Obie te usługi mogą ci pomóc w zidentyfikowaniu możliwości zmniejszenia rachunków za energię oraz polepszyć skuteczność działań w zakresie ochrony środowiska. Typowe korzyści obejmują:

- ograniczenie kosztów – poprzez identyfikację możliwości optymalizacji systemu i ograniczenia zużycia energii
- eksperckie zarządzanie programem – profesjonalne zbieranie danych i analizy z zaleceniami, jakie należy podjąć działania, aby polepszyć sprawność systemu



- najlepsze praktyki – połączenie technik diagnostycznych SKF (dostarczanych przez SKF Condition Monitoring) i kontroli na bazie tras inspekcyjnych z zaakceptowanymi w przemyśle najlepszymi praktykami stosowanymi do monitorowania i obliczania zużycia energii i emisji CO₂
- wdrożenie sprawdzonych narzędzi i metodologii strategii niezawodności w oparciu o pracę operatora, w celu zaangażowania operatorów maszyn i zespołu utrzymania ruchu w działania związane z gospodarką energetyczną
- integracja – łączenie danych na temat poboru energii z istniejącymi programami badania stanu maszyn w celu klasyfikowania i analizowania danych oraz tworzenia raportów
- elastyczne zasoby – wykonywanie zadań przez personel zakładu przeszkolony przez SKF lub prace realizowane przez SKF w ramach kontraktu serwisowego

Karty informacyjne dla personelu warsztatowego

Amerykański Departament ds. Energii (United States Department of Energy) obliczył, że przeprowadzony na szeroką skalę program podnoszący wiedzę społeczną na temat gospodarki energetycznej może dać oszczędności w zużyciu energii w wysokości 5% bez znacznych inwestycji kapitałowych.

Karty informacyjne z SKF dla personelu warsztatowego dają kierownikom działającym na produkcji możliwość i narzędzia, aby wciągnąć swoje zespoły w dyskusję na temat energii i ochrony środowiska w sposób, który zachęci pracowników do zgłaszania własnych uwag i wniosków odnośnie oszczędności energii przy okazji każdego spotkania.

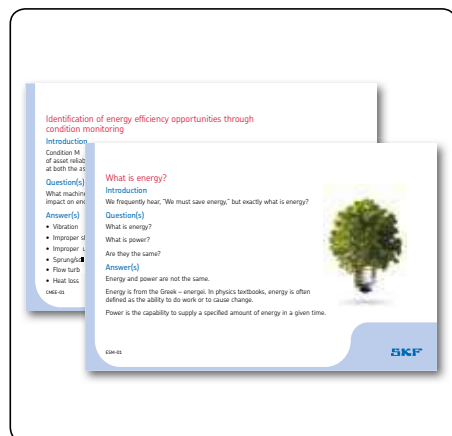
Tak, jak jest to przyjęte w wielu firmach, że każde zebranie rozpoczyna się dyskusją na temat bezpieczeństwa, karty informacyjne dla personelu warsztatowego mogą być okazją do „minuty dla spraw energii” na wszystkich spotkaniach. Karty przedstawiają specjalne tematy związane z energią i ochroną środowiska za pomocą normalnej, nietechnicznej terminologii, dzięki czemu zagadnienia są zrozumiałe dla wszystkich.

Karty nie są przeznaczone do stosowania jako materiał do obszernego szkolenia, ale raczej do regularnego przypominania pracownikom o sprawach oszczędności energii i ochrony środowiska.

Usługi mechaniczne w zakresie utrzymania ruchu

Ponieważ urządzenia przemysłowe stają się coraz bardziej skomplikowane pod kątem ich obsługi konserwacyjnej, ze względu na postęp techniczny oraz wymagania odnośnie ochrony środowiska i bezpieczeństwa pracy, coraz więcej firm potrzebuje pomocy w działaniach związanych z utrzymaniem ruchu maszyn. SKF oferuje szeroką gamę usług mechanicznych w zakresie obsługi konserwacyjnej maszyn, które pomagają klientom w osiągnięciu celów stawianych przed działem utrzymania ruchu. Te usługi obejmują:

- instalowanie maszyn
- precyzyjne osiowanie
- pomiary 3D
- obróbkę maszynową u klienta
- precyzyjne wyważanie
- montaż i demontaż łożysk
- rozwiązania w zakresie smarowania



Regeneracja i naprawa

Usługi SKF regeneracji łożysk

Regeneracja może wydłużyć trwałość eksploatacyjną twoich łożysk, redukując koszty utrzymania ruchu oraz ograniczając wpływ na środowisko. SKF posiada światową sieć nowoczesnych centrów serwisowych, dających dostęp klientom do światowej klasy usług regeneracji łożysk. SKF używa tej samej jakości materiałów, metod i maszyn do przywracania łożysk do stanu użytkowego, jakie są stosowane podczas produkcji łożysk, dzięki czemu masz pewność, że twoje łożyska i współpracujące elementy, takie jak oprawy, są obrabiane z zachowaniem takiego samego poziomu jakości, procesu roboczego i wiedzy, niezależnie od miejsca na świecie, w jakim się znajdujesz. Aby ustalić, czy twoje łożysko nadaje się do regeneracji, skontaktuj się z lokalnym przedstawicielem SKF.

Usługi SKF w zakresie napraw i modernizacji wrzecion obrabiarek

SKF jest największym światowym dostawcą usług regeneracji wrzecion obrabiarek, wykonującym w szerokim zakresie wysoko specjalizowane serwisy – od modernizacji technicznych po analizę stanu wrzeciona, wykonywanie napraw i wymianę.

Autoryzowani Dystrybutorzy SKF

SKF bardzo dba o rozwój i wspieranie sieci swoich Dystrybutorów, aby mogli być oni coraz bardziej wartościowym partnerem dla swoich klientów. Oznacza to, że użytkownicy produktów SKF mogą polegać na szybkich dostawach, popartych szeroką wiedzą poradach oraz różnorodnych usługach oferowanych przez Dystrybutora SKF.

Globalna sieć Dystrybutorów SKF zapewnia dostępność produktów i usług SKF praktycznie na całym świecie. Połączenie ogólnoswiatowej wiedzy SKF i doświadczenia lokalnych Dystrybutorów jest potężnym źródłem wsparcia dla wszystkich związanych z utrzymaniem ruchu i niezawodnością urządzeń przemysłowych.

Aby znaleźć miejscowego Autoryzowanego Dystrybutora SKF, odwiedź stronę internetową SKF w swoim kraju lub sprawdź na www.skf.com.



Certyfikowani Partnerzy SKF ds. Utrzymania Ruchu

Certyfikowani Partnerzy SKF ds. Utrzymania Ruchu są Autoryzowanymi Dystrybutorami SKF, którzy przeszli zaawansowane szkolenie w zakresie niezawodności maszyn. Mogą oni pomóc w monitorowaniu pracy urządzeń, przewidywać awarie maszyn oraz odkrywać możliwości uzyskania zmniejszenia kosztów.

Certyfikowane przez SKF Firmy Serwisowe Naprawiające Silniki Elektryczne

Certyfikowane przez SKF Firmy Serwisowe Naprawiające Silniki Elektryczne mają wiedzę, zasoby i dokładne procedury, które pomagają w uzyskaniu dłuższej, bardziej niezawodnej pracy silnika elektrycznego przy równoczesnej poprawie jego osiągnięć i dochodowości. Aby uzyskać prestiżowy tytuł Certyfikowanej przez SKF Firmy Serwisowej Naprawiającej Silniki Elektryczne, warsztaty dokonujące napraw silników elektrycznych muszą spełniać określone, wysokie wymagania.

Dodatki

Dodatek A: Zalecane pasowania	334
A-1 Pasowania dla pełnych wałów stalowych (dla łożysk poprzecznych z otworem walcowym)	334
A-2 Pasowania dla pełnych wałów stalowych (dla łożysk wzdłużnych)	336
A-3 Pasowania dla dzielonych opraw żeliwnych i stalowych (dla łożysk poprzecznych) ..	336
A-4 Pasowania dla dzielonych i dzielonych opraw żeliwnych i stalowych (dla łożysk poprzecznych)	337
A-5 Pasowania dla opraw żeliwnych i stalowych (dla łożysk wzdłużnych)	337
Dodatek B: Tolerancje wału i oprawy	338
B-1 Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)	338
B-2 Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)	350
B-3 Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)	360
B-4 Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)	372
B-5 Zmodyfikowane odchyłki średnicy wału do stosowania do łożysk o wymiarach calowych.	382
B-6 Zmodyfikowane odchyłki średnicy otworu oprawy do stosowania do łożysk o wymiarach calowych.	383
B-7 Tolerancje średnicy i kształtu wału dla łożysk montowanych na tulejach	384
Dodatek C: Klasy tolerancji ISO	385
Dodatek D: Dokładność gniazd łożyskowych	386
D-1 Dokładność kształtu i położenia gniazd łożyskowych	386
D-2 Chropowatość powierzchni gniazd łożyskowych	387
D-3 Wymiary zaokrągleń przejścia	387
Dodatek E: Luz wewnętrzny łożyska	388
E-1 Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulowych zwykłych	388
E-2 Luz wewnętrzny osiowy łożysk kulowych skośnych jednorzędowych do uniwersalnej zabudowy w zespole	389
E-3 Napięcie wstępne łożysk kulowych skośnych jednorzędowych do uniwersalnej zabudowy w zespole	389
E-4 Luz wewnętrzny osiowy łożysk kulowych skośnych dwurzędowych	390
E-5 Luz wewnętrzny osiowy łożysk kulowych skośnych jednorzędowych dwukierunkowych	391
E-6 Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulowych wahliwych	392
E-7 Luz wewnętrzny promieniowy łożysk walcowych i łożysk igiełkowych	393
E-8 Luz wewnętrzny osiowy łożysk walcowych typu NUP	394
E-9 Luz wewnętrzny osiowy łożysk walcowych typu NJ + HJ	395

E-10	Luz wewnętrzny osiowy zespołu dopasowanych łożysk stożkowych jednorzędowych o wymiarach metrycznych	396
E-11	Luz wewnętrzny promieniowy łożysk baryłkowych z otworem walcowym	397
E-12	Luz wewnętrzny promieniowy łożysk baryłkowych z otworem stożkowym	398
E-13	Luz wewnętrzny promieniowy łożysk toroidalnych CARB z otworem walcowym	399
E-14	Luz wewnętrzny promieniowy łożysk toroidalnych CARB z otworem stożkowym	400
E-15	Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulkowych samonastawnych (łożysk Y)	401
Dodatek F: Zalecane wartości zmniejszenia luzu promieniowego, przemieszczenia osiowego oraz kąta dokręcenia nakrętki łożyskowej 402		
F-1	Montaż łożysk kulkowych wahlowych z otworem stożkowym	402
F-2	Montaż łożysk baryłkowych z otworem stożkowym	403
F-3	Montaż łożysk toroidalnych CARB z otworem stożkowym	404
Dodatek G: Zalecenia odnośnie przygotowania elementów współpracujących z łożyskiem do metody wtrysku olejowego 405		
G-1	Zalecane wymiary kanałów doprowadzających i rowków rozprowadzających olej	405
G-2	Konstrukcja i zalecane wymiary nagwintowanych otworów do podłączenia zasilania olejowego	405
Dodatek H: Wartości wytyczne do metody SKF Drive-up 406		
H-1	Wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk kulkowych wahlowych	406
H-2	Wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk baryłkowych	407
H-3	Wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk toroidalnych CARB	412
Dodatek I: Równoważniki lepkości i klasy lepkości ISO 414		
I-1	Równoważniki lepkości	414
I-2	Klasy lepkości ISO	415
Dodatek J: Przegląd narzędzi i produktów SKF do montażu łożysk 416		
Dodatek K: Przegląd urządzeń SKF do osiowania 419		
Dodatek L: Przegląd narzędzi i produktów SKF do smarowania 420		
Dodatek M: Smary łożyskowe SKF i tabela doboru smarów 423		
Dodatek N: Przegląd przyrządów SKF do podstawowej diagnostyki 432		
Dodatek O: Przegląd narzędzi i produktów SKF do demontażu łożysk 435		
Dodatek P: Tabela przeliczników jednostek 437		

Pasowania dla pełnych wałów stalowych (dla łożysk poprzecznych z otworem walcowym)

Warunki pracy	Przykłady	Średnica wału, mm		łożyska stożkowe	łożyska CARB i łożyska baryłkowe	Pole tolerancji
		łożyska kulkowe ¹⁾	łożyska walcowe			
Obciążenie wirujące względem pierścienia wewnętrznego lub kierunek obciążenia nieokreślony						
Małe i zmienne obciążenia (P ≤ 0,05 C)	Przenośniki, lekko obciążone łożyska przekładni zębatych	≤ 17 (17) do 100 (100) do 140 –	– ≤ 25 (25) do 60 (60) do 140	– ≤ 25 (25) do 60 (60) do 140	– – – –	js5 (h5) ²⁾ j6 (j5) ²⁾ k6 m6
Normalne i duże obciążenia (P > 0,05 C)	Ogólna budowa maszyn, silniki elektryczne, turbiny, pompy, przekładnie zębate, maszyny do obróbki drewna, siłownie wiatrowe	≤ 10	–	–	–	js5
		(10) do 17	–	–	–	j5 (js5) ²⁾
		(17) do 100	–	–	< 25	k5 ³⁾
		–	≤ 30	≤ 40	–	k6
		(100) do 140	(30) do 50	–	25 do 40	m5
		(140) do 200	–	(40) do 65	–	m6
		–	(50) do 65	–	(40) do 60	n5 ⁴⁾
		(200) do 500	(65) do 100 (100) do 280	(65) do 200 (200) do 360	(60) do 100 (100) do 200	n6 ⁴⁾ p6 ⁵⁾
–	–	–	–	p7 ⁴⁾		
–	> 500	(280) do 500	(360) do 500	(200) do 500	r6 ⁴⁾	
–	–	> 500	> 500	> 500	r7 ⁴⁾	
Duże i bardzo duże obciążenia oraz obciążenia udarowe przy ciężkich warunkach pracy (P > 0,1 C)	łożyska kół ciężkich pojazdów szynowych, silniki trakcyjne, walcarki	–	(50) do 65	–	(50) do 70	n5 ⁴⁾
		–	(65) do 85	(50) do 110	–	n6 ⁴⁾
		–	(85) do 140	(110) do 200	(70) do 140	p6 ⁶⁾
		–	(140) do 300	(200) do 500	(140) do 280	r6 ⁷⁾
		–	(300) do 500	–	(280) do 400	s6 _{min.}
–	> 500	> 500	> 400	s7 _{min.}	IT6/2 ⁶⁾ ⁸⁾ IT7/2 ⁶⁾ ⁸⁾	
Wysokie wymagania dokładności obrotu przy małych obciążeniach (P ≤ 0,05 C) ¹⁰⁾	Obrabiarki	8 do 240	–	–	–	js4
		–	25 do 40	25 do 40	–	js4 (j5) ⁹⁾
		–	(40) do 140	(40) do 140	–	k4 (k5) ⁹⁾
		–	(140) do 200 (200) do 500	(140) do 200 (200) do 500	–	m5 n5
Obciążenie nieruchome względem pierścienia wewnętrznego						
Wymagany łatwy przesuw osiowy pierścienia wewnętrznego na wale	Koła na nieobracających się osiach					g6 ¹¹⁾
Łatwy przesuw osiowy pierścienia wewnętrznego na wale nie jest wymagany	Rolki napinające, koła linowe					h6
Obciążenie ściśle osiowe	Wszelkie rodzaje łożyskowań	≤ 250	–	≤ 250	≤ 250	j6
		> 250	–	> 250	> 250	js6

- ¹⁾ Dla normalnie i silnie obciążonych łożysk kulkowych ($P > 0,05 C$), często zachodzi potrzeba zastosowania luzu wewnętrznego większego niż normalny jeżeli stosowane są tolerancje wałka podane w powyższej tabeli. Czasami warunki pracy wymagają ciśniejszych pasowań, aby zabezpieczyć pierścienie wewnętrzne łożysk przed obrotem (pefzaniem) względem wału. W celu uzyskania optymalnego luzu po zabudowie, zwykle stosowane są łożyska z luzem powiększonym. Tolerancje wału są wówczas następujące:
- k4 dla wałów o średnicy od 10 do 17 mm
 - k5 dla wałów o średnicy od 17 do 25 mm
 - m5 dla wałów o średnicy od 25 do 140 mm
 - n6 dla wałów o średnicy od 140 do 300 mm
 - p6 dla wałów o średnicy od 300 do 500 mm
- W celu uzyskania dodatkowych informacji skontaktuj się z działem technicznym SKF.
- ²⁾ Tolerancje podane w nawiasach dotyczą łożysk ze stali nierdzewnej.
- ³⁾ Dla łożysk ze stali nierdzewnej o średnicy od 17 do 30 mm obowiązuje pole tolerancji j5.
- ⁴⁾ Może zachodzić konieczność stosowania łożysk z luzem większym niż normalny.
- ⁵⁾ Dla $d \leq 150$ mm zaleca się stosować łożyska z luzem większym niż normalny. Dla $d > 150$ mm może zachodzić konieczność stosowania łożysk z luzem większym niż normalny.
- ⁶⁾ Zaleca się stosować łożyska z luzem większym niż normalny.
- ⁷⁾ Może zachodzić konieczność stosowania łożysk z luzem większym niż normalny. Dla łożysk walcowych zaleca się luz większy niż normalny.
- ⁸⁾ Wartości odchyłek można znaleźć w *Interaktywnym Katalogu Technicznym SKF* dostępnym w trybie online na stronie www.skf.com lub skorzystać z pomocy działu technicznego SKF.
- ⁹⁾ Tolerancje podane w nawiasach dotyczą łożysk stożkowych. Dla lekko obciążonych układów łożysk stożkowych, których napięcie wstępne jest ustalane za pomocą pierścienia wewnętrznego należy przyjąć pole tolerancji js5 lub js6.
- ¹⁰⁾ W przypadku wysokich wymagań dokładności obrotu konieczne jest stosowanie łożysk o wyższej klasie dokładności niż normalna. Pola tolerancji średnicy otworu i średnicy zewnętrznej tych łożysk są zawężone, co ma wpływ na uzyskiwane pasowania. Aby uzyskać odpowiednie wartości, skontaktuj się z działem technicznym SKF.
- ¹¹⁾ Dla dużych łożysk można przyjąć pole tolerancji f6 dla zapewnienia możliwości łatwego przesuwu osiowego.

Pasowania dla pełnych wałów stalowych (dla łożysk wzdłużnych)

Warunki pracy	Średnica wału, mm	Pole tolerancji
---------------	-------------------	-----------------

Obciążenia ściśle osiowe

łożyska kulkowe wzdłużne	–	h6
łożyska walcowe wzdłużne	–	h6 (h8)
Złożenia walcowe wzdłużne koszyka i elementów tocznych	–	h8

Obciążenia złożone – osiowe i promieniowe – działające na łożyska baryłkowe wzdłużne

Obciążenie nieruchome względem pierścienia wewnętrznego	≤ 250 > 250	j6 js6
Obciążenie wirujące względem pierścienia wewnętrznego lub kierunku obciążenia nieokreślony	≤ 200 (200) do 400 > 400	k6 m6 n6

Pasowania dla niedzielonych opraw żeliwnych i stalowych (dla łożysk poprzecznych)

Warunki pracy	Przykłady	Pole tolerancji ¹⁾	Przesuw osiowy pierścienia zewnętrznego
---------------	-----------	-------------------------------	---

Obciążenie wirujące względem pierścienia zewnętrznego

Duże obciążenia łożysk w oprawach cienkościennych, silne obciążenia udarowe (P > 0,1 C)	Piasty kół z łożyskami wałeczkowymi, łożyska stopy korbowodu	P7	Nieprzesuwny
Normalne i duże obciążenia (P > 0,05 C)	Piasty kół z łożyskami kulkowymi, łożyska stopy korbowodu, koła bieżne żurawi	N7	Nieprzesuwny
Małe i zmienne obciążenia (P ≤ 0,05 C)	Rollki taśmociągów, koła linowe, rollki napinaczy	M7	Nieprzesuwny

Kierunek obciążenia nieokreślony

Silne obciążenia udarowe	Silniki elektryczne trakcyjne	M7	Nieprzesuwny
Normalne i duże obciążenia (P > 0,05 C), przesuw osiowy pierścienia zewnętrznego niekonieczny	Silniki elektryczne, pompy, łożyska korbowodów	K7	Z reguły nieprzesuwny

Dokładna lub cichobieżna praca²⁾

łożyska kulkowe	Małe silniki elektryczne	J6 ³⁾	Przesuwny
łożyska stożkowe	Regulowane przez p. zewnętrzny	JS5	–
	Pierścień zewn. ustalany osiowo	K5	–
	Obciążenie wirujące p. zewn.	M5	–

¹⁾ Dla łożysk kulkowych o średnicy zewnętrznej D ≤ 100 mm, często preferowana, a dla łożysk cienkościennych serii średnic 7, 8 i 9 wręcz zalecana, jest klasa dokładności IT6. Dla tych serii łożysk zalecana tolerancja walcowości odpowiada klasie IT4.

²⁾ Dla łożysk precyzyjnych wykonanych w klasie dokładności P5 lub wyższej obowiązują inne zalecenia. W celu uzyskania dodatkowych informacji skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

³⁾ Gdy wymagana jest łatwa przesuwalność, wybierz pole tolerancji H6.

Dodatek A-4

Pasowania dla dzielonych i niedzielonych opraw żeliwnych i stalowych (dla łożysk poprzecznych)

Warunki pracy	Przykłady	Pole tolerancji ¹⁾	Przesuw osiowy pierścienia zewnętrznego
Kierunek obciążenia nieokreślony			
Małe i normalne obciążenia ($P \leq 0,1 C$) wymagany przesuw osiowy pierścienia zewnętrznego	Silniki i generatory elektryczne średniej wielkości, pompy, łożyska korbodów	J7	Z reguły przesuwany, ale może wystąpić pewna (wywołana) siła osiowa
Obciążenie nieruchome względem pierścienia zewnętrznego			
Wszystkie rodzaje obciążeń	Ogólna budowa maszyn, koła pojazdów szynowych	H7 ²⁾	Z reguły przesuwany
Małe i normalne obciążenia ($P \leq 0,1 C$) przy lekkich warunkach pracy	Ogólna budowa maszyn	H8	Przesuwany
Rozszerzalność cieplna wału	Cylindry suszące, duże maszyny elektryczne z łożyskami barytkowymi	G7 ³⁾	Przesuwany

¹⁾ Dla łożysk kulkowych o średnicy zewnętrznej $D \leq 100$ mm, często preferowana, a dla łożysk cienkościennych serii średnic 7, 8 i 9 wręcz zalecana, jest klasa dokładności IT6. Dla tych serii łożysk zalecana tolerancja walcowości odpowiada klasie IT4.

²⁾ Dla dużych łożysk ($D > 250$ mm) i różnicy temperatur między pierścieniem zewnętrznym a oprawą większej niż 10°C , należy stosować pole tolerancji G7 zamiast H7.

³⁾ Dla dużych łożysk ($D > 250$ mm) i różnicy temperatur między pierścieniem zewnętrznym a oprawą większej niż 10°C , należy stosować pole tolerancji F7 zamiast G7.

Dodatek A-5

Pasowania dla opraw żeliwnych i stalowych (dla łożysk wzdłużnych)

Warunki pracy	Pole tolerancji	Uwagi
Obciążenia ściśle osiowe		
Łożyska kulkowe wzdłużne	H8	Dla mniej dokładnych łożyskowań luz promieniowy może dochodzić do 0,001D
Łożyska walcowe wzdłużne	H7 (H9)	
Złożenia walcowe wzdłużne koszyka i elementów tocznych	H10	
Łożyska barytkowe wzdłużne przy zastosowaniu innego łożyska do promieniowego ustalenia wału	–	Pierścień zewnętrzny powinien być założony z odpowiednim luzem promieniowym, żeby na łożysko wzdłużne nie działało żadne obciążenie promieniowe
Obciążenia złożone – osiowe i promieniowe – działające na łożyska barytkowe wzdłużne		
Obciążenie nieruchome względem pierścienia zewnętrznego	H7	W celu uzyskania dodatkowych informacji skorzystaj z <i>Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF</i> dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com
Obciążenie wirujące względem pierścienia zewnętrznego	M7	

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)

Wał Średnica nominalna d	do (wł.) ponad	Łożysko Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}	dolna	górna	Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
					Pola tolerancji									
					Odchyłki (średnica czopa wału)									
					Teoretyczny wcisk (-)/luz (+) Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
mm		μm			μm									
–	3	–8	0		–6	–10	–6	–12	–2	–6	–2	–8	0	–4
					–2	+10	–2	+12	–6	+6	–6	+8	–8	+4
					–1	+9	0	+10	–5	+5	–4	+6	–7	+3
3	6	–8	0		–10	–15	–10	–18	–4	–9	–4	–12	0	–5
					+2	+15	+2	+18	–4	+9	–4	+12	–8	+5
					+3	+14	+4	+16	–3	+8	–2	+10	–7	+4
6	10	–8	0		–13	–19	–13	–22	–5	–11	–5	–14	0	–6
					+5	+19	+5	+22	–3	+11	–3	+14	–8	+6
					+7	+17	+7	+20	–1	+9	–1	+12	–6	+4
10	18	–8	0		–16	–24	–16	–27	–6	–14	–6	–17	0	–8
					+8	+24	+8	+27	–2	+14	–2	+17	–8	+8
					+10	+22	+10	+25	0	+12	0	+15	–6	+6
18	30	–10	0		–20	–29	–20	–33	–7	–16	–7	–20	0	–9
					+10	+29	+10	+33	–3	+16	–3	+20	–10	+9
					+12	+27	+13	+30	–1	+14	0	+17	–8	+7
30	50	–12	0		–25	–36	–25	–41	–9	–20	–9	–25	0	–11
					+13	+36	+13	+41	–3	+20	–3	+25	–12	+11
					+16	+33	+17	+37	0	+17	+1	+21	–9	+8
50	80	–15	0		–30	–43	–30	–49	–10	–23	–10	–29	0	–13
					+15	+43	+15	+49	–5	+23	–5	+29	–15	+13
					+19	+39	+19	+45	–1	+19	–1	+25	–11	+9
80	120	–20	0		–36	–51	–36	–58	–12	–27	–12	–34	0	–15
					+16	+51	+16	+58	–8	+27	–8	+34	–20	+15
					+21	+46	+22	+52	–3	+22	–2	+28	–15	+10
120	180	–25	0		–43	–61	–43	–68	–14	–32	–14	–39	0	–18
					+18	+61	+18	+68	–11	+32	–11	+39	–25	+18
					+24	+55	+25	+61	–5	+26	–4	+32	–19	+12
180	250	–30	0		–50	–70	–50	–79	–15	–35	–15	–44	0	–20
					+20	+70	+20	+79	–15	+35	–15	+44	–30	+20
					+26	+64	+28	+71	–9	+29	–7	+36	–24	+14
250	315	–35	0		–56	–79	–56	–88	–17	–40	–17	–49	0	–23
					+21	+79	+21	+88	–18	+40	–18	+49	–35	+23
					+29	+71	+30	+79	–10	+32	–9	+40	–27	+15
315	400	–40	0		–62	–87	–62	–98	–18	–43	–18	–54	0	–25
					+22	+87	+22	+98	–22	+43	–22	+54	–40	+25
					+30	+79	+33	+87	–14	+35	–11	+43	–32	+17
400	500	–45	0		–68	–95	–68	–108	–20	–47	–20	–60	0	–27
					+23	+95	+23	+108	–25	+47	–25	+60	–45	+27
					+32	+86	+35	+96	–16	+38	–13	+48	–36	+18

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)

													
Wał Średnica nominalna d		Łożysko Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
				Pola tolerancji									
				f5	f6					g5	g6		h5
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
ponad		do (wł.)		Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
		dolna		Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	-76	-104	-76	-120	-22	-50	-22	-66	0	-28
				+26	+104	+26	+120	-28	+50	-28	+66	-50	+28
				+36	+94	+39	+107	-18	+40	-15	+53	-40	+18
630	800	-75	0	-80	-112	-80	-130	-24	-56	-24	-74	0	-32
				+5	+112	+5	+130	-51	+56	-51	+74	-75	+32
				+17	+100	+22	+113	-39	+44	-34	+57	-63	+20
800	1 000	-100	0	-86	-122	-86	-142	-26	-62	-26	-82	0	-36
				-14	+122	-14	+142	-74	+62	-74	+82	-100	+36
				0	+108	+6	+122	-60	+48	-54	+62	-86	+22
1 000	1 250	-125	0	-98	-140	-98	-164	-28	-70	-28	-94	0	-42
				-27	+140	-27	+164	-97	+70	-97	+94	-125	+42
				-10	+123	-3	+140	-80	+53	-73	+70	-108	+25
1 250	1 600	-160	0	-110	-160	-110	-188	-30	-80	-30	-108	0	-50
				-50	+160	-50	+188	-130	+80	-130	+108	-160	+50
				-29	+139	-20	+158	-109	+59	-100	+78	-139	+29
1 600	2 000	-200	0	-120	-180	-120	-212	-32	-92	-32	-124	0	-60
				-80	+180	-80	+212	-168	+92	-168	+124	-200	+60
				-55	+155	-45	+177	-143	+67	-133	+89	-175	+35

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Wał		Łożysko		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
Średnica nominalna d		Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Pola tolerancji									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
ponad	do (wł.)	dolna	górna	μm									
mm		μm		μm									
-	3	-8	0	0	-6	0	-14	0	-25	+2	-2	+4	-2
				-8	+6	-8	+14	-8	+25	-10	+2	-12	+2
				-6	+4	-6	+12	-5	+22	-9	+1	-10	0
3	6	-8	0	0	-8	0	-18	0	-30	+3	-2	+6	-2
				-8	+8	-8	+18	-8	+30	-11	+2	-14	+2
				-6	+6	-5	+15	-5	+27	-10	+1	-12	0
6	10	-8	0	0	-9	0	-22	0	-36	+4	-2	+7	-2
				-8	+9	-8	+22	-8	+36	-12	+2	-15	+2
				-6	+7	-5	+19	-5	+33	-10	0	-13	0
10	18	-8	0	0	-11	0	-27	0	-43	+5	-3	+8	-3
				-8	+11	-8	+27	-8	+43	-13	+3	-16	+3
				-6	+9	-5	+24	-5	+40	-11	+1	-14	+1
18	30	-10	0	0	-13	0	-33	0	-52	+5	-4	+9	-4
				-10	+13	-10	+33	-10	+52	-15	+4	-19	+4
				-7	+10	-6	+29	-6	+48	-13	+2	-16	+1
30	50	-12	0	0	-16	0	-39	0	-62	+6	-5	+11	-5
				-12	+16	-12	+39	-12	+62	-18	+5	-23	+5
				-8	+12	-7	+34	-7	+57	-15	+2	-19	+1
50	80	-15	0	0	-19	0	-46	0	-74	+6	-7	+12	-7
				-15	+19	-15	+46	-15	+74	-21	+7	-27	+7
				-11	+15	-9	+40	-9	+68	-17	+3	-23	+3
80	120	-20	0	0	-22	0	-54	0	-87	+6	-9	+13	-9
				-20	+22	-20	+54	-20	+87	-26	+9	-33	+9
				-14	+16	-12	+46	-12	+79	-21	+4	-27	+3
120	180	-25	0	0	-25	0	-63	0	-100	+7	-11	+14	-11
				-25	+25	-25	+63	-25	+100	-32	+11	-39	+11
				-18	+18	-15	+53	-15	+90	-26	+5	-32	+4
180	250	-30	0	0	-29	0	-72	0	-115	+7	-13	+16	-13
				-30	+29	-30	+72	-30	+115	-37	+13	-46	+13
				-22	+21	-18	+60	-17	+102	-31	+7	-38	+5
250	315	-35	0	0	-32	0	-81	0	-130	+7	-16	+16	-16
				-35	+32	-35	+81	-35	+130	-42	+16	-51	+16
				-26	+23	-22	+68	-20	+115	-34	+8	-42	+7
315	400	-40	0	0	-36	0	-89	0	-140	+7	-18	+18	-18
				-40	+36	-40	+89	-40	+140	-47	+18	-58	+18
				-29	+25	-25	+74	-23	+123	-39	+10	-47	+7
400	500	-45	0	0	-40	0	-97	0	-155	+7	-20	+20	-20
				-45	+40	-45	+97	-45	+155	-52	+20	-65	+20
				-33	+28	-28	+80	-26	+136	-43	+11	-53	+8

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Wał		Łożysko		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
Średnica nominalna d		Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Pola tolerancji									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
ponad	do (wł.)	dolna	górna										
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	0	-44	0	-110	0	-175	-	-	+22	-22
				-50	+44	-50	+110	-50	+175	-	-	-72	+22
				-37	+31	-31	+91	-29	+154	-	-	-59	+9
630	800	-75	0	0	-50	0	-125	0	-200	-	-	+25	-25
				-75	+50	-75	+125	-75	+200	-	-	-100	+25
				-58	+33	-48	+98	-45	+170	-	-	-83	+8
800	1 000	-100	0	0	-56	0	-140	0	-230	-	-	+28	-28
				-100	+56	-100	+140	-100	+230	-	-	-128	+28
				-80	+36	-67	+107	-61	+191	-	-	-108	+8
1 000	1 250	-125	0	0	-66	0	-165	0	-260	-	-	+33	-33
				-125	+66	-125	+165	-125	+260	-	-	-158	+33
				-101	+42	-84	+124	-77	+212	-	-	-134	+9
1 250	1 600	-160	0	0	-78	0	-195	0	-310	-	-	+39	-39
				-160	+78	-160	+195	-160	+310	-	-	-199	+39
				-130	+48	-109	+144	-100	+250	-	-	-169	+9
1 600	2 000	-200	0	0	-92	0	-230	0	-370	-	-	+46	-46
				-200	+92	-200	+230	-200	+370	-	-	-246	+46
				-165	+57	-138	+168	-126	+296	-	-	-211	+11

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Wał		Łożysko		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
Średnica nominalna d		Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Pola tolerancji									
				js4		js5		js6		js7		k4	
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
ponad	do (wł.)	dolna	górna										
mm		μm		μm									
–	3	–8	0	+1,5	–1,5	+2	–2	+3	–3	+5	–5	+3	0
				–9,5	+1,5	–10	+2	–11	+3	–13	+5	–11	0
				–8,5	+0,5	–9	+1	–9	+1	–11	+3	–10	–1
3	6	–8	0	+2	–2	+2,5	–2,5	+4	–4	+6	–6	+5	+1
				–10	+2	–10,5	+2,5	–12	+4	–14	+6	–13	–1
				–9	+1	–9	+1	–10	+2	–12	+4	–12	–2
6	10	–8	0	+2	–2	+3	–3	+4,5	–4,5	+7,5	–7,5	+5	+1
				–10	+2	–11	+3	–12,5	+4,5	–15,5	+7,5	–13	–1
				–9	+1	–9	+1	–11	+3	–13	+5	–12	–2
10	18	–8	0	+2,5	–2,5	+4	–4	+5,5	–5,5	+9	–9	+6	+1
				–10,5	+2,5	–12	+4	–13,5	+5,5	–17	+9	–14	–1
				–9,5	+1,5	–10	+2	–11	+3	–14	+6	–13	–2
18	30	–10	0	+3	–3	+4,5	–4,5	+6,5	–6,5	+10,5	–10,5	+8	+2
				–13	+3	–14,5	+4,5	–16,5	+6,5	–20,5	+10,5	–18	–2
				–10,5	+1,5	–12	+2	–14	+4	–17	+7	–16	–4
30	50	–12	0	+3,5	–3,5	+5,5	–5,5	+8	–8	+12,5	–12,5	+9	+2
				–15,5	+3,5	–17,5	+5,5	–20	+8	–24,5	+12,5	–21	–2
				–13,5	+1,5	–15	+3	–16	+4	–20	+8	–19	–4
50	80	–15	0	+4	–4	+6,5	–6,5	+9,5	–9,5	+15	–15	+10	+2
				–19	+4	–21,5	+6,5	–24,5	+9,5	–30	+15	–25	–2
				–15,5	+1,5	–18	+3	–20	+5	–25	+10	–22	–5
80	120	–20	0	+5	–5	+7,5	–7,5	+11	–11	+17,5	–17,5	+13	+3
				–25	+5	–27,5	+7,5	–31	+11	–37,5	+17,5	–33	–3
				–22	+2	–23	+3	–25	+5	–31	+11	–30	–6
120	180	–25	0	+6	–6	+9	–9	+12,5	–12,5	+20	–20	+15	+3
				–31	+6	–34	+9	–37,5	+12,5	–45	+20	–40	–3
				–27	+2	–28	+3	–31	+6	–37	+12	–36	–7
180	250	–30	0	+7	–7	+10	–10	+14,5	–14,5	+23	–23	+18	+4
				–37	+7	–40	+10	–44,5	+14,5	–53	+23	–48	–4
				–32	+2	–34	+4	–36	+6	–43	+13	–43	–9
250	315	–35	0	+8	–8	+11,5	–11,5	+16	–16	+26	–26	+20	+4
				–4	+8	–46,5	+11,5	–51	+16	–61	+26	–55	–4
				–37	+2	–39	+4	–42	+7	–49	+14	–49	–10
315	400	–40	0	+9	–9	+12,5	–12,5	+18	–18	+28,5	–28,5	+22	+4
				–49	+9	–52,5	+12,5	–58	+18	–68,5	+28,5	–62	–4
				–42	+2	–44	+4	–47	+7	–55	+15	–55	–11
400	500	–45	0	+10	–10	+13,5	–13,5	+20	–20	+31,5	–31,5	+25	+5
				–55	+10	–58,5	+13,5	–65	+20	–76,5	+31,5	–70	–5
				–48	+3	–49	+4	–53	+8	–62	+17	–63	–12

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Wał		Łożysko		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
Średnica nominalna d		Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Pola tolerancji									
				js4		js5		js6		js7		k4	
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz(+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz(+)									
ponad	do (wł.)	dolna	górna										
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	-	-	+14	-14	+22	-22	+35	-35	-	-
				-	-	-64	+14	-72	+22	-85	+35	-	-
				-	-	-54	+4	-59	+9	-69	+19	-	-
630	800	-75	0	-	-	+16	-16	+25	-25	+40	-40	-	-
				-	-	-91	+16	-100	+25	-115	+40	-	-
				-	-	-79	+4	-83	+8	-93	+18	-	-
800	1 000	-100	0	-	-	+18	-18	+28	-28	+45	-45	-	-
				-	-	-118	+18	-128	+28	-145	+45	-	-
				-	-	-104	+4	-108	+8	-118	+18	-	-
1 000	1 250	-125	0	-	-	+21	-21	+33	-33	+52	-52	-	-
				-	-	-146	+21	-158	+33	-177	+52	-	-
				-	-	-129	+4	-134	+9	-145	+20	-	-
1 250	1 600	-160	0	-	-	+25	-25	+39	-39	+62	-62	-	-
				-	-	-185	+25	-199	+39	-222	+62	-	-
				-	-	-164	+4	-169	+9	-182	+22	-	-
1 600	2 000	-200	0	-	-	+30	-30	+46	-46	+75	-75	-	-
				-	-	-230	+30	-246	+46	-275	+75	-	-
				-	-	-205	+5	-211	+11	-225	+25	-	-

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Wał		Łożysko		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
Średnica nominalna d		Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Pola tolerancji									
				k5		k6		m5		m6		n5	
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
				Teoretyczny wcisk (-)									
				Prawdopodobny wcisk (-)									
ponad	do (wł.)	dolna	górna										
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44
				-78	0	-94	0	-105	-26	-120	-26	-122	-44
				-68	-10	-81	-13	-94	-36	-107	-39	-112	-54
630	800	-75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50
				-107	0	-125	0	-137	-30	-155	-30	-157	-50
				-95	-12	-108	-17	-125	-42	-138	-47	-145	-62
800	1 000	-100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56
				-136	0	-156	0	-170	-34	-190	-34	-192	-56
				-122	-14	-136	-20	-156	-48	-170	-54	-178	-70
1 000	1 250	-125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66
				-167	0	-191	0	-207	-40	-231	-40	-233	-66
				-150	-17	-167	-24	-190	-57	-207	-64	-216	-83
1 250	1 600	-160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78
				-210	0	-238	0	-258	-48	-286	-48	-288	-78
				-189	-21	-208	-30	-237	-69	-256	-78	-267	-99
1 600	2 000	-200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92
				-260	0	-292	0	-318	-58	-350	-58	-352	-92
				-235	-25	-257	-35	-293	-83	-315	-93	-327	-117

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)

+0													
Wał Średnica nominalna d		Łożysko Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
				Pola tolerancji									
				n6	p6	p7	r6	r7					
									Odchyłki (średnica czopa wału)				
ponad	do (wł.)	dolna	górna	Teoretyczny wcisk (-) Prawdopodobny wcisk (-)									
mm		μm		μm									
50	80	-15	0	+39	+20	+51	+32	+62	+32	-	-	-	-
				-54	-20	-66	-32	-77	-32	-	-	-	-
				-50	-24	-62	-36	-72	-38	-	-	-	-
80	100	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51
				-65	-23	-79	-37	-92	-37	-93	-51	-106	-51
				-59	-29	-73	-43	-85	-44	-87	-57	-99	-58
100	120	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54
				-65	-23	-79	-37	-92	-37	-96	-54	-109	-54
				-59	-29	-73	-43	-85	-44	-90	-60	-102	-61
120	140	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63
				-77	-27	-93	-43	-108	-43	-113	-63	-128	-63
				-70	-34	-86	-50	-100	-51	-106	-70	-120	-71
140	160	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65
				-77	-27	-93	-43	-108	-43	-115	-65	-130	-65
				-70	-34	-86	-50	-100	-51	-108	-72	-122	-73
160	180	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68
				-77	-27	-93	-43	-108	-43	-118	-68	-133	-68
				-70	-34	-86	-50	-100	-51	-111	-75	-125	-76
180	200	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77
				-90	-31	-109	-50	-126	-50	-136	-77	-153	-77
				-82	-39	-101	-58	-116	-60	-128	-85	-143	-87
200	225	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80
				-90	-31	-109	-50	-126	-50	-139	-80	-156	-80
				-82	-39	-101	-58	-116	-60	-131	-88	-146	-90
225	250	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84
				-90	-31	-109	-50	-126	-50	-143	-84	-160	-84
				-82	-39	-101	-58	-116	-60	-135	-92	-150	-94
250	280	-35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94
				-101	-34	-123	-56	-143	-56	-161	-94	-181	-94
				-92	-43	-114	-65	-131	-68	-152	-103	-169	-106
280	315	-35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98
				-101	-34	-123	-56	-143	-56	-165	-98	-185	-98
				-92	-43	-114	-65	-131	-68	-156	-107	-173	-110
315	355	-40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108
				-113	-37	-138	-62	-159	-62	-184	-108	-205	-108
				-102	-48	-127	-73	-146	-75	-173	-119	-192	-121
355	400	-40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114
				-113	-37	-138	-62	-159	-62	-190	-114	-211	-114
				-102	-48	-127	-73	-146	-75	-179	-125	-198	-127
400	450	-45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126
				-125	-40	-153	-68	-176	-68	-211	-126	-234	-126
				-113	-52	-141	-80	-161	-83	-199	-138	-219	-141

Dodatek B-1

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)

+ 0 -													
Wał Średnica nominalna d		Łożysko Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania									
				Pola tolerancji									
				n6	p6		p7		r6		r7		
				Odchyłki (średnica czopa wału)									
ponad		do (wł.)		Teoretyczny wcisk (-)									
				Prawdopodobny wcisk (-)									
mm		μm		μm									
450	500	-45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
				-125	-40	-153	-68	-176	-68	-217	-132	-240	-132
				-113	-52	-141	-80	-161	-83	-205	-144	-225	-147
500	560	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
				-138	-44	-172	-78	-198	-78	-244	-150	-270	-150
				-125	-57	-159	-91	-182	-94	-231	-163	-254	-166
560	630	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
				-138	-44	-172	-78	-198	-78	-249	-155	-275	-155
				-125	-57	-159	-91	-182	-94	-236	-168	-259	-171
630	710	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
				-175	-50	-213	-88	-243	-88	-300	-175	-330	-175
				-158	-67	-196	-105	-221	-110	-283	-192	-308	-197
710	800	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
				-175	-50	-213	-88	-243	-88	-310	-185	-340	-185
				-158	-67	-196	-105	-221	-110	-293	-202	-318	-207
800	900	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				-212	-56	-256	-100	-290	-100	-366	-210	-400	-210
				-192	-76	-236	-120	-263	-127	-346	-230	-373	-237
900	1000	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				-212	-56	-256	-100	-290	-100	-376	-220	-410	-220
				-192	-76	-236	-120	-263	-127	-356	-240	-383	-247
1000	1120	-125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				-257	-66	-311	-120	-350	-120	-441	-250	-480	-250
				-233	-90	-287	-144	-317	-153	-417	-274	-447	-283
1120	1250	-125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				-257	-66	-311	-120	-350	-120	-451	-260	-490	-260
				-233	-90	-287	-144	-317	-153	-427	-284	-457	-293
1250	1400	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				-316	-78	-378	-140	-425	-140	-538	-300	-585	-300
				-286	-108	-348	-170	-385	-180	-508	-330	-545	-340
1400	1600	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				-316	-78	-378	-140	-425	-140	-568	-330	-615	-330
				-286	-108	-348	-170	-385	-180	-538	-360	-575	-370
1600	1800	-200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				-384	-92	-462	-170	-520	-170	-662	-370	-720	-370
				-349	-127	-427	-205	-470	-220	-627	-405	-670	-420
1800	2000	-200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				-384	-92	-462	-170	-520	-170	-692	-400	-750	-400
				-349	-127	-427	-205	-470	-220	-657	-435	-700	-450

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Wał		Łożysko		Odchyłki średnicy wału i wynikające z nich pasowania							
Średnica nominalna d		Tolerancja średnicy otworu Δ _{dmp}		Pola tolerancji							
				s6 _{min.} IT6/2				s7 _{min.} IT7/2			
				Odchyłki (średnica czopa wału)							
				Teoretyczny wcisk (-)							
				Prawdopodobny wcisk (-)							
ponad	do (wł.)	dolna	górna								
mm		μm		μm							
1 000	1 120	-125	0	+553	+487	+572	+467				
				-678	-487	-697	-467				
				-654	-511	-664	-500				
1 120	1 250	-125	0	+613	+547	+632	+527				
				-738	-547	-757	-527				
				-714	-571	-724	-560				
1 250	1 400	-160	0	+679	+601	+702	+577				
				-839	-601	-862	-577				
				-809	-631	-822	-617				
1 400	1 600	-160	0	+759	+681	+782	+657				
				-919	-681	-942	-657				
				-889	-711	-902	-697				
1 600	1 800	-200	0	+866	+774	+895	+745				
				-1 066	-774	-1 095	-745				
				-1 031	-809	-1 045	-795				
1 800	2 000	-200	0	+966	+874	+995	+845				
				-1 166	-874	-1 195	-845				
				-1 131	-909	-1 145	-895				

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania

średnica otworu nominalna D		tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				F7		G6		G7		H5		H6	
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny luz (+)									
				Prawdopodobny luz (+)									
ponad	do (wł.)	górna dolna											
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9
				+13	+36	+5	+22	+5	+28	0	+14	0	+17
				+16	+33	+7	+20	+8	+25	+2	+12	+2	+15
10	18	0	-8	+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11
				+16	+42	+6	+25	+6	+32	0	+16	0	+19
				+19	+39	+8	+23	+9	+29	+2	+14	+2	+17
18	30	0	-9	+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	+0	+13
				+20	+50	+7	+29	+7	+37	0	+18	0	+22
				+23	+47	+10	+26	+10	+34	+2	+16	+3	+19
30	50	0	-11	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16
				+25	+61	+9	+36	+9	+45	0	+22	0	+27
				+29	+57	+12	+33	+13	+41	+3	+19	+3	+24
50	80	0	-13	+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19
				+30	+73	+10	+42	+10	+53	0	+26	0	+32
				+35	+68	+14	+38	+15	+48	+3	+23	+4	+28
80	120	0	-15	+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22
				+36	+86	+12	+49	+12	+62	0	+30	0	+37
				+41	+81	+17	+44	+17	+57	+4	+26	+5	+32
120	150	0	-18	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+101	+14	+57	+14	+72	0	+36	0	+43
				+50	+94	+20	+51	+21	+65	+5	+31	+6	+37
150	180	0	-25	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+108	+14	+64	+14	+79	0	+43	0	+50
				+51	+100	+21	+57	+22	+71	+6	+37	+7	+43
180	250	0	-30	+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29
				+50	+126	+15	+74	+15	+91	0	+50	0	+59
				+60	+116	+23	+66	+25	+81	+6	+44	+8	+51
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32
				+56	+143	+17	+84	+17	+104	0	+58	0	+67
				+68	+131	+26	+75	+29	+92	+8	+50	+9	+58
315	400	0	-40	+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36
				+62	+159	+18	+94	+18	+115	0	+65	0	+76
				+75	+146	+29	+83	+31	+102	+8	+57	+11	+65
400	500	0	-45	+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40
				+68	+176	+20	+105	+20	+128	0	+72	0	+85
				+83	+161	+32	+93	+35	+113	+9	+63	+12	+73
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44
				+76	+196	+22	+116	+22	+142	0	+78	0	+94
				+92	+180	+35	+103	+38	+126	+10	+68	+13	+81
630	800	0	-75	+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50
				+80	+235	+24	+149	+24	+179	0	+107	0	+125
				+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				F7	G6		G7		H5		H6		
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny luz (+)									
				Prawdopodobny luz (+)									
ponad	do (wł.)	górna	dolna										
mm		μm		μm									
800	1000	0	-100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56
				+86	+276	+26	+182	+26	+216	0	+136	0	+156
				+113	+249	+46	+162	+53	+189	+14	+122	+20	+136
1000	1250	0	-125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66
				+98	+328	+28	+219	+28	+258	0	+167	0	+191
				+131	+295	+52	+195	+61	+225	+17	+150	+24	+167
1250	1600	0	-160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78
				+110	+395	+30	+268	+30	+315	0	+210	0	+238
				+150	+355	+60	+238	+70	+275	+21	+189	+30	+208
1600	2000	0	-200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92
				+120	+470	+32	+324	+32	+382	0	+260	0	+292
				+170	+420	+67	+289	+82	+332	+25	+235	+35	+257
2000	2500	0	-250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110
				+130	+555	+34	+394	+34	+459	0	+320	0	+360
				+189	+496	+77	+351	+93	+400	+30	+290	+43	+317

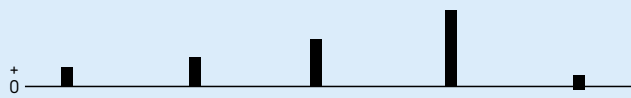
Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania

średnica otworu nominalna D		tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji											
				H7		H8		H9		H10		J6			
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)											
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)											
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)											
ponad	do (wł.)	górna dolna													
mm		μm		μm											
6	10	0	-8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	-4	+5		
				0	+23	0	+30	0	+44	0	+66	-4	+13		
				+3	+20	+3	+27	+3	+41	+3	+63	-2	+11		
10	18	0	-8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	-5	+6		
				0	+26	0	+35	0	+51	0	+78	-5	+14		
				+3	+23	+3	+32	+3	+48	+3	+75	-3	+12		
18	30	0	-9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	-5	+8		
				0	+30	0	+42	0	+61	0	+93	-5	+17		
				+3	+27	+3	+39	+4	+57	+4	+89	-2	+14		
30	50	0	-11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	-6	+10		
				0	+36	0	+50	0	+73	0	+111	-6	+21		
				+4	+32	+4	+46	+5	+68	+5	+106	-3	+18		
50	80	0	-13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	-6	+13		
				0	+43	0	+59	0	+87	0	+133	-6	+26		
				+5	+38	+5	+54	+5	+82	+6	+127	-2	+22		
80	120	0	-15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	-6	+16		
				0	+50	0	+69	0	+102	0	+155	-6	+31		
				+5	+45	+6	+63	+6	+96	+7	+148	-1	+26		
120	150	0	-18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18		
				0	+58	0	+81	0	+118	0	+178	-7	+36		
				+7	+51	+7	+74	+8	+110	+8	+170	-1	+30		
150	180	0	-25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18		
				0	+65	0	+88	0	+125	0	+185	-7	+43		
				+8	+57	+10	+78	+10	+115	+11	+174	0	+36		
180	250	0	-30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	-7	+22		
				0	+76	0	+102	0	+145	0	+215	-7	+52		
				+10	+66	+12	+90	+13	+132	+13	+202	+1	+44		
250	315	0	-35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	-7	+25		
				0	+87	0	+116	0	+165	0	+245	-7	+60		
				+12	+75	+13	+103	+15	+150	+16	+229	+2	+51		
315	400	0	-40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	-7	+29		
				0	+97	0	+129	0	+180	0	+270	-7	+69		
				+13	+84	+15	+114	+17	+163	+18	+252	+4	+58		
400	500	0	-45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	-7	+33		
				0	+108	0	+142	0	+200	0	+295	-7	+78		
				+15	+93	+17	+125	+19	+181	+20	+275	+5	+66		
500	630	0	-50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	-	-		
				0	+120	0	+160	0	+225	0	+330	-	-		
				+16	+104	+19	+141	+21	+204	+22	+308	-	-		
630	800	0	-75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	-	-		
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	-	-		
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	-	-		

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
ponad	do (wł.)	górna	dolna										
mm		μm		μm									
800	1 000	0	-100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	-	-
				0	+190	0	+240	0	+330	0	+460	-	-
				+27	+163	+33	+207	+39	+291	+43	+417	-	-
1 000	1 250	0	-125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	-	-
				0	+230	0	+290	0	+385	0	+545	-	-
				+33	+197	+41	+249	+48	+337	+53	+492	-	-
1 250	1 600	0	-160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	-	-
				0	+285	0	+355	0	+470	0	+660	-	-
				+40	+245	+51	+304	+60	+410	+67	+593	-	-
1 600	2 000	0	-200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	-	-
				0	+350	0	+430	0	+570	0	+800	-	-
				+50	+300	+62	+368	+74	+496	+83	+717	-	-
2 000	2 500	0	-250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	-	-
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	-	-
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	-	-

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
ponad do (wł.)		górna dolna		Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	-7	+8	-3	+3	-4,5	+4,5	-7,5	+7,5	-5	+1
				-7	+16	-3	+11	-4,5	+12,5	-7,5	+15,5	-5	+9
				-4	+13	-1	+9	-3	+11	-5	+13	-3	+7
10	18	0	-8	-8	+10	-4	+4	-5,5	+5,5	-9	+9	-6	+2
				-8	+18	-4	+12	-5,5	+13,5	-9	+17	-6	+10
				-5	+15	-2	+10	-3	+11	-6	+14	-4	+8
18	30	0	-9	-9	+12	-4,5	+4,5	-6,5	+6,5	-10,5	+10,5	-8	+1
				-9	+21	-4,5	+13,5	-6,5	+15,5	-10,5	+19,5	-8	+10
				-6	+18	-2	+11	-4	+13	-7	+16	-6	+8
30	50	0	-11	-11	+14	-5,5	+5,5	-8	+8	-12,5	+12,5	-9	+2
				-11	+25	-5,5	+16,5	-8	+19	-12,5	+23,5	-9	+13
				-7	+21	-3	+14	-5	+16	-9	+20	-6	+10
50	80	0	-13	-12	+18	-6,5	+6,5	-9,5	+9,5	-15	+15	-10	+3
				-12	+31	-6,5	+19,5	-9,5	+22,5	-15	+28	-10	+16
				-7	+26	-3	+16	-6	+19	-10	+23	-7	+13
80	120	0	-15	-13	+22	-7,5	+7,5	-11	+11	-17,5	+17,5	-13	+2
				-13	+37	-7,5	+22,5	-11	+26	-17,5	+32,5	-13	+17
				-8	+32	-4	+19	-6	+21	-12	+27	-9	+13
120	150	0	-18	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+44	-9	+27	-12,5	+30,5	-20	+38	-15	+21
				-7	+37	-4	+22	-7	+25	-13	+31	-10	+16
150	180	0	-25	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+51	-9	+34	-12,5	+37,5	-20	+45	-15	+28
				-6	+43	-3	+28	-6	+31	-12	+37	-9	+22
180	250	0	-30	-16	+30	-10	+10	-14,5	+14,5	-23	+23	-18	+2
				-16	+60	-10	+40	-14,5	+44,5	-23	+53	-18	+32
				-6	+50	-4	+34	-6	+36	-13	+43	-12	+26
250	315	0	-35	-16	+36	-11,5	+11,5	-16	+16	-26	+26	-20	+3
				-16	+71	-11,5	+46,5	-16	+51	-26	+61	-20	+38
				-4	+59	-4	+39	-7	+42	-14	+49	-12	+30
315	400	0	-40	-18	+39	-12,5	+12,5	-18	+18	-28,5	+28,5	-22	+3
				-18	+79	-12,5	+52,5	-18	+58	-28,5	+68,5	-22	+43
				-5	+66	-4	+44	-7	+47	-15	+55	-14	+35
400	500	0	-45	-20	+43	-13,5	+13,5	-20	+20	-31,5	+31,5	-25	+2
				-20	+88	-13,5	+58,5	-20	+65	-31,5	+76,5	-25	+47
				-5	+73	-4	+49	-8	+53	-17	+62	-16	+38
500	630	0	-50	-	-	-14	+14	-22	+22	-35	+35	-	-
				-	-	-14	+64	-22	+72	-35	+85	-	-
				-	-	-4	+54	-9	+59	-19	+69	-	-
630	800	0	-75	-	-	-16	+16	-25	+25	-40	+40	-	-
				-	-	-16	+91	-25	+100	-40	+115	-	-
				-	-	-4	+79	-8	+83	-18	+93	-	-

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz(+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz(+)									
ponad	do (wł.)	górna dolna											
mm		μm		μm									
800	1 000	0	-100	-	-	-18	+18	-28	+28	-45	+45	-	-
				-	-	-18	+118	-28	+128	-45	+145	-	-
				-	-	-4	+104	-8	+108	-18	+118	-	-
1 000	1 250	0	-125	-	-	-21	+21	-33	+33	-52	+52	-	-
				-	-	-21	+146	-33	+158	-52	+177	-	-
				-	-	-4	+129	-9	+134	-20	+145	-	-
1 250	1 600	0	-160	-	-	-25	+25	-39	+39	-62	+62	-	-
				-	-	-25	+185	-39	+199	-62	+222	-	-
				-	-	-4	+164	-9	+169	-22	+182	-	-
1 600	2 000	0	-200	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-
				-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-
				-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
2 000	2 500	0	-250	-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-
				-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-
				-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiały metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
ponad	do (wł.)	górna dolna											
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	-7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15	0
				-7	+10	-10	+13	-10	+4	-12	+5	-15	+8
				-5	+8	-7	+10	-8	+2	-10	+3	-12	+5
10	18	0	-8	-9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18	0
				-9	+10	-12	+14	-12	+4	-15	+4	-18	+8
				-7	+8	-9	+11	-10	+2	-13	+2	-15	+5
18	30	0	-9	-11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21	0
				-11	+11	-15	+15	-14	+4	-17	+5	-21	+9
				-8	+8	-12	+12	-12	+2	-14	+2	-18	+6
30	50	0	-11	-13	+3	-18	+7	-16	-5	-20	-4	-25	0
				-13	+14	-18	+18	-16	+6	-20	+7	-25	+11
				-10	+11	-14	+14	-13	+3	-17	+4	-21	+7
50	80	0	-13	-15	+4	-21	+9	-19	-6	-24	-5	-30	0
				-15	+17	-21	+22	-19	+7	-24	+8	-30	+13
				-11	+13	-16	+17	-16	+4	-20	+4	-25	+8
80	120	0	-15	-18	+4	-25	+10	-23	-8	-28	-6	-35	0
				-18	+19	-25	+25	-23	+7	-28	+9	-35	+15
				-13	+14	-20	+20	-19	+3	-23	+4	-30	+10
120	150	0	-18	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0
				-21	+22	-28	+30	-27	+9	-33	+10	-40	+18
				-15	+16	-21	+23	-22	+4	-27	+4	-33	+11
150	180	0	-25	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0
				-21	+29	-28	+37	-27	+16	-33	+17	-40	+25
				-14	+22	-20	+29	-21	+10	-26	+10	-32	+17
180	250	0	-30	-24	+5	-33	+13	-31	-11	-37	-8	-46	0
				-24	+35	-33	+43	-31	+19	-37	+22	-46	+30
				-16	+27	-23	+33	-25	+13	-29	+14	-36	+20
250	315	0	-35	-27	+5	-36	+16	-36	-13	-41	-9	-52	0
				-27	+40	-36	+51	-36	+22	-41	+26	-52	+35
				-18	+31	-24	+39	-28	+14	-32	+17	-40	+23
315	400	0	-40	-29	+7	-40	+17	-39	-14	-46	-10	-57	0
				-29	+47	-40	+57	-39	+26	-46	+30	-57	+40
				-18	+36	-27	+44	-31	+18	-35	+19	-44	+27
400	500	0	-45	-32	+8	-45	+18	-43	-16	-50	-10	-63	0
				-32	+53	-45	+63	-43	+29	-50	+35	-63	+45
				-20	+41	-30	+48	-34	+20	-38	+23	-48	+30
500	630	0	-50	-44	0	-70	0	-	-	-70	-26	-96	-26
				-44	+50	-70	+50	-	-	-70	+24	-96	+24
				-31	+37	-54	+34	-	-	-57	+11	-80	+8
630	800	0	-75	-50	0	-80	0	-	-	-80	-30	-110	-30
				-50	+75	-80	+75	-	-	-80	+45	-110	+45
				-33	+58	-58	+53	-	-	-63	+28	-88	+23

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Odchyłki (średnica otworu oprawy)									
				Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)									
				Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)									
ponad	do (wł.)	górna	dolna										
mm		μm		μm									
800	1 000	0	-100	-56	0	-90	0	-	-	-90	-34	-124	-34
				-56	+100	-90	+100	-	-	-90	+66	-124	+66
				-36	+80	-63	+73	-	-	-70	+46	-97	+39
1 000	1 250	0	-125	-66	0	-105	0	-	-	-106	-40	-145	-40
				-66	+125	-105	+125	-	-	-106	+85	-145	+85
				-42	+101	-72	+92	-	-	-82	+61	-112	+52
1 250	1 600	0	-160	-78	0	-125	0	-	-	-126	-48	-173	-48
				-78	+160	-125	+160	-	-	-126	+112	-173	+112
				-48	+130	-85	+120	-	-	-96	+82	-133	+72
1 600	2 000	0	-200	-92	0	-150	0	-	-	-158	-58	-208	-58
				-92	+200	-150	+200	-	-	-150	+142	-208	+142
				-57	+165	-100	+150	-	-	-115	+107	-158	+92
2 000	2 500	0	-250	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68
				-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182
				-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiały metryczne)



Oprawa		Łożysko		Odchyłki średnicy otworu oprawy i wynikające z nich pasowania									
Średnica otworu nominalna D		Tolerancja średnicy zewnętrznej Δ _{Dmp}		Pola tolerancji									
						N6	N7	P6	P7				
						Odchyłki (średnica otworu oprawy)							
						Teoretyczny wcisk (-)/luz (+)							
						Prawdopodobny wcisk (-)/luz (+)							
ponad	do (wł.)	górna dolna											
mm		μm		μm									
6	10	0	-8			-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9
						-16	+1	-19	+4	-21	-4	-24	-1
						-14	-1	-16	+1	-19	-6	-21	-4
10	18	0	-8			-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11
						-20	-1	-23	+3	-26	-7	-29	-3
						-18	-3	-20	0	-24	-9	-26	-6
18	30	0	-9			-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14
						-24	-2	-28	+2	-31	-9	-35	-5
						-21	-5	-25	-1	-28	-12	-32	-8
30	50	0	-11			-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17
						-28	-1	-33	+3	-37	-10	-42	-6
						-25	-4	-29	-1	-34	-13	-38	-10
50	80	0	-13			-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21
						-33	-1	-39	+4	-45	-13	-51	-8
						-29	-5	-34	-1	-41	-17	-46	-13
80	120	0	-15			-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24
						-38	-1	-45	+5	-52	-15	-59	-9
						-33	-6	-40	0	-47	-20	-54	-14
120	150	0	-18			-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
						-45	-2	-52	+6	-61	-18	-68	-10
						-39	-8	-45	-1	-55	-24	-61	-17
150	180	0	-25			-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
						-45	+5	-52	+13	-61	-11	-68	-3
						-38	-2	-44	+5	-54	-18	-60	-11
180	250	0	-30			-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33
						-51	+8	-60	+16	-70	-11	-79	-3
						-43	0	-50	+6	-62	-19	-69	-13
250	315	0	-35			-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36
						-57	+10	-66	+21	-79	-12	-88	-1
						-48	+1	-54	+9	-70	-21	-76	-13
315	400	0	-40			-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41
						-62	+14	-73	+24	-87	-11	-98	-1
						-51	+3	-60	+11	-76	-22	-85	-14
400	500	0	-45			-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45
						-67	+18	-80	+28	-95	-10	-108	0
						-55	+6	-65	+13	-83	-22	-93	-15
500	630	0	-50			-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78
						-88	+6	-114	+6	-122	-28	-148	-28
						-75	-7	-98	-10	-109	-41	-132	-44
630	800	0	-75			-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88
						-100	+25	-130	+25	-138	-13	-168	-13
						-83	+8	-108	+3	-121	-30	-146	-35

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d		Uzyskiwane pasowania Pola tolerancji f7		g6 Średnica wału maks. min.		h5 Średnica wału maks. min.		h6 Średnica wału maks. min.		Pasowanie ¹⁾	
maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.	
mm	cale	cale	cale	cale	cale	cale	cale	cale	cale	cale	cale
4	0.1575	0.1572	0.1571	0.1566	9 L	0.1573	0.1570	5 L	0.1575	0.1572	3 L
5	0.1969	0.1966	0.1965	0.1960	1 L	0.1967	0.1964	1 T	0.1969	0.1966	3 T
6	0.2362	0.2359	0.2358	0.2353		0.2360	0.2357		0.2362	0.2360	
7	0.2756	0.2753	0.2751	0.2745		0.2754	0.2750		0.2756	0.2754	
8	0.3150	0.3147	0.3145	0.3139	11 L	0.3148	0.3144	6 L	0.3150	0.3148	4 L
9	0.3543	0.3540	0.3538	0.3532	2 L	0.3541	0.3537	1 T	0.3543	0.3541	3 T
10	0.3937	0.3934	0.3932	0.3926		0.3935	0.3931		0.3937	0.3935	
12	0.4724	0.4721	0.4718	0.4711	13 L	0.4722	0.4717	7 L	0.4724	0.4721	4 L
15	0.5906	0.5903	0.5900	0.5893	3 L	0.5904	0.5899	1 T	0.5906	0.5903	3 T
17	0.6693	0.6690	0.6687	0.6680		0.6691	0.6686		0.6693	0.6690	
20	0.7874	0.7870	0.7866	0.7858	16 L	0.7871	0.7866	8 L	0.7874	0.7870	5 L
25	0.9843	0.9839	0.9835	0.9827	4 L	0.9840	0.9835	1 T	0.9843	0.9839	4 T
30	1.1811	1.1807	1.1803	1.1795		1.1808	1.1803		1.1811	1.1807	
35	1.3780	1.3775	1.3770	1.3760		1.3776	1.3770		1.3780	1.3776	
40	1.5748	1.5743	1.5738	1.5728	20 L	1.5744	1.5738	10 L	1.5748	1.5744	6 L
45	1.7717	1.7712	1.7707	1.7697	5 L	1.7713	1.7707	1 T	1.7717	1.7713	5 T
50	1.9685	1.9680	1.9675	1.9665		1.9681	1.9675		1.9685	1.9681	
55	2.1654	2.1648	2.1642	2.1630		2.1650	2.1643		2.1654	2.1649	
60	2.3622	2.3616	2.3610	2.3598		2.3618	2.3611		2.3622	2.3617	
65	2.5591	2.5585	2.5579	2.5567	24 L	2.5587	2.5580	11 L	2.5591	2.5586	7 L
70	2.7559	2.7553	2.7547	2.7535	6 L	2.7555	2.7548	2 T	2.7559	2.7554	6 T
75	2.9528	2.9522	2.9516	2.9504		2.9524	2.9517		2.9528	2.9523	
80	3.1496	3.1490	3.1484	3.1472		3.1492	3.1485		3.1496	3.1491	
85	3.3465	3.3457	3.3451	3.3437		3.3460	3.3452		3.3465	3.3459	
90	3.5433	3.5425	3.5419	3.5405		3.5428	3.5420		3.5433	3.5427	
95	3.7402	3.7394	3.7388	3.7374		3.7397	3.7389		3.7402	3.7396	
100	3.9370	3.9362	3.9356	3.9342	28 T	3.9365	3.9357	13 L	3.9370	3.9364	9 L
105	4.1339	4.1331	4.1325	4.1311	6 L	4.1334	4.1326	3 T	4.1339	4.1333	8 T
110	4.3307	4.3299	4.3293	4.3279		4.3302	4.3294		4.3307	4.3301	
120	4.7244	4.7236	4.7230	4.7216		4.7239	4.7231		4.7244	4.7238	
130	5.1181	5.1171	5.1164	5.1148		5.1175	5.1166		5.1181	5.1174	
140	5.5118	5.5108	5.5101	5.5085		5.5112	5.5103		5.5118	5.5111	
150	5.9055	5.9045	5.9038	5.9022	33 L	5.9049	5.9040	15 L	5.9055	5.9048	10 L
160	6.2992	6.2982	6.2975	6.2959	7 L	6.2986	6.2977	4 T	6.2992	6.2985	10 T
170	6.6929	6.6919	6.6912	6.6896		6.6923	6.6914		6.6929	6.6922	
180	7.0866	7.0856	7.0849	7.0833		7.0860	7.0851		7.0866	7.0859	
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4765		7.4797	7.4786		7.4803	7.4795	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8702	38 L	7.8734	7.8723	17 L	7.8740	7.8732	8 L
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6576	8 L	8.6608	8.6597	6 T	8.6614	8.6606	12 T
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4450		9.4482	9.4471		9.4488	9.4480	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luzne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-3

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d	maks.		min.		Uzyskiwane pasowania Pola tolerancji f7		g6		h5		h6		Pasowanie ¹⁾	
	maks.		min.		Średnica wału maks.		Średnica wału min.		Średnica wału maks.		Średnica wału min.		Średnica wału maks.	
mm	cale		cale		-		cale		-		cale		-	
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2319	43 L 8 L	10.2355	10.2343	19 L 7 T	10.2362	10.2353	9 L 14 T	10.2362	10.2349	13 L 14 T
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0193		11.0229	11.0217		11.0236	11.0227		11.0236	11.0223	
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8067		11.8103	11.8091		11.8110	11.8101		11.8110	11.8097	
320	12.5984	12.5968	12.5959	12.5937	47 L 9 L	12.5977	12.5963	21 L 9 T	12.5984	12.5974	10 L 16 T	12.5984	12.5970	14 L 16 T
340	13.3858	13.3842	13.3833	13.3811		13.3851	13.3837		13.3858	13.3848		13.3858	13.3844	
360	14.1732	14.1716	14.1707	14.1685		14.1725	14.1711		14.1732	14.1722		14.1732	14.1718	
380	14.9606	14.9590	14.9581	14.9559		14.9599	14.9585		14.9606	14.9596		14.9606	14.9592	
400	15.7480	15.7464	15.7455	15.7433	52 L 9 L	15.7473	15.7459	24 L 10 T	15.7480	15.7470	11 L 18 T	15.7480	15.7466	16 L 18 T
420	16.5354	16.5336	16.5327	16.5302		16.5346	16.5330		16.5354	16.5343		16.5354	16.5338	
440	17.3228	17.3210	17.3201	17.3176		17.3220	17.3204		17.3228	17.3217		17.3228	17.3212	
460	18.1102	18.1084	18.1075	18.1050		18.1094	18.1078		18.1102	18.1091		18.1102	18.1086	
480	18.8976	18.8958	18.8949	18.8924		18.8968	18.8952		18.8976	18.8965		18.8976	18.8960	
500	19.6850	19.6832	19.6823	19.6798		19.6842	19.6826		19.6850	19.6839		19.6850	19.6834	
530	20.8661	20.8641	20.8631	20.8605	56 L 10 L	20.8652	20.8635	26 L 11 T	-	-	-	20.8661	20.8644	17 L 20 T
560	22.0472	22.0452	22.0442	22.0416		22.0463	22.0446		-	-		22.0472	22.0455	
600	23.6220	23.6200	23.6190	23.6164		23.6211	23.6194		-	-		23.6220	23.6203	
630	24.8031	24.8011	24.8001	24.7975		24.8022	24.8005		-	-		24.8031	24.8014	
670	26.3780	26.3750	26.3748	26.3719	61 L 2 L	26.3771	26.3751	29 L 21 T	-	-	-	26.3780	26.3760	20 L 30 T
710	27.9528	27.9498	27.9496	27.9467		27.9519	27.9499		-	-		27.9528	27.9508	
750	29.5276	29.5246	29.5244	29.5215		29.5267	29.5247		-	-		29.5276	29.5256	
800	31.4961	31.4931	31.4929	31.4900		31.4952	31.4932		-	-		31.4961	31.4941	
850	33.4646	33.4607	33.4611	33.4577	69 L 4 T	33.4636	33.4614	32 L 29 T	-	-	-	33.4646	33.4624	22 L 39 T
900	35.4331	35.4292	35.4296	35.4262		35.4321	35.4299		-	-		35.4331	35.4309	
950	37.4016	37.3977	37.3981	37.3947		37.4006	37.3984		-	-		37.4016	37.3994	
1000	39.3701	39.3662	39.3666	39.3632		39.3691	39.3669		-	-		39.3701	39.3679	
1060	41.7323	41.7274	41.7284	41.7247	76 L 10 T	41.7312	41.7286	37 L 38 T	-	-	-	41.7323	41.7297	26 L 49 T
1120	44.0945	44.0896	44.0906	44.0869		44.0934	44.0908		-	-		44.0945	44.0919	
1180	46.4567	46.4518	46.4528	46.4491		46.4556	46.4530		-	-		46.4567	46.4541	
1250	49.2126	49.2077	49.2087	49.2050		49.2115	49.2089		-	-		49.2126	49.2100	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d			Uzyskiwane pasowania Pola tolerancji h8		Paso- wanie ¹⁾	j5		Paso- wanie ¹⁾	j6		Paso- wanie ¹⁾	js4		Paso- wanie ¹⁾
	maks.	min.	Srednica wału maks.	min.		Srednica wału maks.	min.		Srednica wału maks.	min.		Srednica wału maks.	min.	
mm	cale		cale		–	cale		–	cale		–	cale		–
4	0.1575	0.1572	0.1575	0.1568	7 L	0.1576	0.1574	1 L	0.1577	0.1574	1 L	–	–	–
5	0.1969	0.1966	0.1969	0.1962	3 T	0.1970	0.1968	4 T	0.1971	0.1968	5 T	–	–	–
6	0.2362	0.2359	0.2362	0.2355		0.2363	0.2361		0.2364	0.2361		–	–	
7	0.2756	0.2753	0.2756	0.2747		0.2758	0.2755		0.2759	0.2755		0.2757	0.2755	
8	0.3150	0.3147	0.3150	0.3141	9 L	0.3152	0.3149	1 L	0.3153	0.3149	1 L	0.3151	0.3149	1 L
9	0.3543	0.3540	0.3543	0.3534	3 T	0.3545	0.3542	5 T	0.3546	0.3542	6 T	0.3544	0.3542	4 T
10	0.3937	0.3934	0.3937	0.3928		0.3939	0.3936		0.3940	0.3936		0.3938	0.3936	
12	0.4724	0.4721	0.4724	0.4713	11 L	0.4726	0.4723	1 L	0.4727	0.4723	1 L	0.4725	0.4723	1 L
15	0.5906	0.5903	0.5906	0.5895	3 T	0.5908	0.5905	5 T	0.5909	0.5905	6 T	0.5907	0.5905	4 T
17	0.6693	0.6690	0.6693	0.6682		0.6695	0.6692		0.6696	0.6692		0.6694	0.6692	
20	0.7874	0.7870	0.7874	0.7861	13 L	0.7876	0.7872	2 L	0.7878	0.7872	2 L	0.7875	0.7872	2 L
25	0.9843	0.9839	0.9843	0.9830	4 T	0.9845	0.9841	6 T	0.9847	0.9841	8 T	0.9844	0.9841	5 T
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1798		1.1813	1.1809		1.1815	1.1809		1.1812	1.1809	
35	1.3780	1.3775	1.3780	1.3765		1.3782	1.3778		1.3784	1.3778		1.3781	1.3778	
40	1.5748	1.5743	1.5748	1.5733	15 L	1.5750	1.5746	2 L	1.5752	1.5746	2 L	1.5749	1.5746	2 L
45	1.7717	1.7712	1.7717	1.7702	5 T	1.7719	1.7715	7 T	1.7721	1.7715	9 T	1.7718	1.7715	6 T
50	1.9685	1.9680	1.9685	1.9670		1.9687	1.9683		1.9689	1.9683		1.9686	1.9683	
55	2.1654	2.1648	2.1654	2.1636		2.1656	2.1651		2.1659	2.1651		2.1655	2.1652	
60	2.3622	2.3616	2.3622	2.3604		2.3624	2.3619		2.3627	2.3619		2.3623	2.3620	
65	2.5591	2.5585	2.5591	2.5573	18 L	2.5593	2.5588	3 L	2.5596	2.5588	3 L	2.5592	2.5589	2 L
70	2.7559	2.7553	2.7559	2.7541	6 T	2.7561	2.7556	8 T	2.7564	2.7556	11 T	2.7560	2.7557	7 T
75	2.9528	2.9522	2.9528	2.9510		2.9530	2.9525		2.9533	2.9525		2.9529	2.9526	
80	3.1496	3.1490	3.1496	3.1478		3.1498	3.1493		3.1501	3.1493		3.1497	3.1494	
85	3.3465	3.3457	3.3465	3.3444		3.3467	3.3461		3.3470	3.3461		3.3467	3.3463	
90	3.5433	3.5425	3.5433	3.5412		3.5435	3.5429		3.5438	3.5429		3.5435	3.5431	
95	3.7402	3.7394	3.7402	3.7381		3.7404	3.7398		3.7407	3.7398		3.7404	3.7400	
100	3.9370	3.9362	3.9370	3.9349	21 L	3.9372	3.9366	4 L	3.9375	3.9366	4 L	3.9372	3.9368	2 L
105	4.1339	4.1331	4.1339	4.1318	8 T	4.1341	4.1335	10 T	4.1344	4.1335	13 T	4.1341	4.1337	10 T
110	4.3307	4.3299	4.3307	4.3286		4.3309	4.3303		4.3312	4.3303		4.3309	4.3305	
120	4.7244	4.7236	4.7244	4.7223		4.7246	4.7240		4.7249	4.7240		4.7246	4.7242	
130	5.1181	5.1171	5.1181	5.1156		5.1184	5.1177		5.1187	5.1177		5.1183	5.1178	
140	5.5118	5.5108	5.5118	5.5093		5.5121	5.5114		5.5124	5.5114		5.5120	5.5115	
150	5.9055	5.9045	5.9055	5.9030	25 L	5.9058	5.9051	4 L	5.9061	5.9051	4 L	5.9057	5.9052	3 L
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.2967	10 T	6.2995	6.2988	13 T	6.2998	6.2988	16 T	6.2994	6.2989	12 T
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6904		6.6932	6.6925		6.6935	6.6925		6.6931	6.6926	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0841		7.0869	7.0862		7.0872	7.0862		7.0868	7.0863	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4775		7.4806	7.4798		7.4809	7.4798		7.4806	7.4800	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8712	28 L	7.8743	7.8735	5 L	7.8746	7.8735	5 L	7.8743	7.8737	3 L
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6586	12 T	8.6617	8.6609	15 T	8.6620	8.6609	18 T	8.6617	8.6611	15 T
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4460		9.4491	9.4483		9.4494	9.4483		9.4491	9.4485	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji		h8		j5		j6		js4		Pasowanie ¹⁾	
	maks.	min.	Srednica wału	Paso-	Srednica wału	Paso-	Srednica wału	Paso-	Srednica wału	Paso-	Srednica wału	Paso-	Srednica wału	Paso-
	mm	cale	mm	cale	mm	cale	mm	cale	mm	cale	mm	cale	mm	cale
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2330	32 L	10.2365	10.2356	6 L	10.2368	10.2356	6 L	10.2365	10.2359	3 L
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0204	14 T	11.0239	11.0230	17 T	11.0242	11.0230	20 T	11.0239	11.0233	17 T
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8078	14 T	11.8113	11.8104	17 T	11.8116	11.8104	20 T	11.8113	11.8107	17 T
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.5949	35 L	12.5987	12.5977	7 L	12.5991	12.5977	23 T	–	–	–
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3823	16 T	13.3861	13.3851	19 T	13.3865	13.3851	23 T	–	–	–
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1697	16 T	14.1735	14.1725	19 T	14.1739	14.1725	23 T	–	–	–
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9571	16 T	14.9609	14.9599	19 T	14.9613	14.9599	23 T	–	–	–
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7445	16 T	15.7483	15.7473	19 T	15.7487	15.7473	23 T	–	–	–
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5316	38 L	16.5357	16.5346	8 L	16.5362	16.5346	26 T	–	–	–
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3190	18 T	17.3231	17.3220	21 T	17.3236	17.3220	26 T	–	–	–
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1064	18 T	18.1105	18.1094	21 T	18.1110	18.1094	26 T	–	–	–
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.8938	18 T	18.8979	18.8968	21 T	18.8984	18.8968	26 T	–	–	–
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6812	18 T	19.6853	19.6842	21 T	19.6858	19.6842	26 T	–	–	–
530	20.8661	20.8641	20.8661	20.8618	–	–	–	–	20.8670	20.8652	–	–	–	–
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0429	43 L	–	–	–	22.0481	22.0463	9 L	–	–	–
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6177	20 T	–	–	–	23.6229	23.6211	29 T	–	–	–
630	24.8031	24.8011	24.8031	24.7988	–	–	–	–	24.8040	24.8022	–	–	–	–
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3731	–	–	–	–	26.3790	26.3770	–	–	–	–
710	27.9528	27.9498	27.9528	27.9479	49 L	–	–	–	27.9538	27.9518	10 L	–	–	–
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5227	30 T	–	–	–	29.5286	29.5266	40 T	–	–	–
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.4912	–	–	–	–	31.4971	31.4951	–	–	–	–
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4591	–	–	–	–	33.4657	33.4635	–	–	–	–
900	35.4331	35.4292	35.4331	35.4276	55 L	–	–	–	35.4342	35.4320	11 L	–	–	–
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.3961	39 T	–	–	–	37.4027	37.4005	50 T	–	–	–
1000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3646	–	–	–	–	39.3712	39.3690	–	–	–	–
1060	41.7323	41.7274	41.7323	41.7258	–	–	–	–	41.7336	41.7310	–	–	–	–
1120	44.0945	44.0896	44.0945	44.0880	65 L	–	–	–	44.0958	44.0932	13 L	–	–	–
1180	46.4567	46.4518	46.4567	46.4502	49 T	–	–	–	46.4580	46.4554	62 T	–	–	–
1250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2061	–	–	–	–	49.2139	49.2113	–	–	–	–

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne). T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d			Uzyskiwane pasowania															
	maks. min.		Pola tolerancji js5		js6		k4		Paso-		k5		Paso-		Paso-			
			Srednica wału		Srednica wału		Srednica wału		wanie ¹⁾		Srednica wału		wanie ¹⁾		wanie ¹⁾			
	mm	cale	cale		cale		cale		–	cale	–	cale	–	cale	–	cale	–	
4	0.1575	0.1572	0.1576	0.1574	1 L	0.1577	0.1573	2 L	0.1577	0.1575	0 T	0.1577	0.1575			0 T		
5	0.1969	0.1966	0.1970	0.1968	4 T	0.1971	0.1967	5 T	0.1971	0.1969	5 T	0.1971	0.1969			5 T		
6	0.2362	0.2359	0.2363	0.2361		0.2364	0.2360		0.2364	0.2362		0.2364	0.2362					
7	0.2756	0.2753	0.2757	0.2755		0.2758	0.2754		0.2758	0.2756		0.2759	0.2756					
8	0.3150	0.3147	0.3151	0.3149	1 L	0.3152	0.3148	2 L	0.3152	0.3150	0 T	0.3153	0.3150			0 T		
9	0.3543	0.3540	0.3544	0.3542	4 T	0.3545	0.3541	5 T	0.3545	0.3543		0.3546	0.3543			6 T		
10	0.3937	0.3934	0.3938	0.3936		0.3939	0.3935		0.3939	0.3937		0.3940	0.3937					
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4722		0.4726	0.4722		0.4727	0.4724		0.4728	0.4724			0 T		
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5904	2 L	0.5908	0.5904	2 L	0.5909	0.5906	0 T	0.5910	0.5906			7 T		
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6691	5 T	0.6695	0.6691	5 T	0.6696	0.6693	6 T	0.6697	0.6693					
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7872		0.7876	0.7871		0.7877	0.7874		0.7878	0.7875			1 T		
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9841	2 L	0.9845	0.9840	3 L	0.9846	0.9843	0 T	0.9847	0.9844			8 T		
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1809	6 T	1.1813	1.1808	6 T	1.1814	1.1811	7 T	1.1815	1.1812					
35	1.3780	1.3775	1.3782	1.3778		1.3783	1.3777		1.3783	1.3781		1.3785	1.3781					
40	1.5748	1.5743	1.5750	1.5746	2 L	1.5751	1.5745	3 L	1.5751	1.5749	1 T	1.5753	1.5749			1 T		
45	1.7717	1.7712	1.7719	1.7715	7 T	1.7720	1.7714	8 T	1.7720	1.7718	8 T	1.7722	1.7718			10 T		
50	1.9685	1.9680	1.9687	1.9683		1.9688	1.9682		1.9688	1.9686		1.9690	1.9686					
55	2.1654	2.1648	2.1656	2.1651		2.1658	2.1650		2.1658	2.1655		2.1660	2.1655					
60	2.3622	2.3616	2.3624	2.3619		2.3626	2.3618		2.3626	2.3623		2.3628	2.3623					
65	2.5591	2.5585	2.5593	2.5588	3 L	2.5595	2.5587	4 L	2.5595	2.5592	1 T	2.5597	2.5592			1 T		
70	2.7559	2.7553	2.7561	2.7556	8 T	2.7563	2.7555	10 T	2.7563	2.7560	10 T	2.7565	2.7560			12 T		
75	2.9528	2.9522	2.9530	2.9525		2.9532	2.9524		2.9532	2.9529		2.9534	2.9529					
80	3.1496	3.1490	3.1498	3.1493		3.1500	3.1492		3.1500	3.1497		3.1502	3.1497					
85	3.3465	3.3457	3.3468	3.3462		3.3469	3.3461		3.3470	3.3466		3.3472	3.3466					
90	3.5433	3.5425	3.5436	3.5430		3.5437	3.5429		3.5438	3.5434		3.5440	3.5434					
95	3.7402	3.7394	3.7405	3.7399		3.7406	3.7398		3.7407	3.7403		3.7409	3.7403					
100	3.9370	3.9362	3.9373	3.9367	3 L	3.9374	3.9366	4 L	3.9375	3.9371	1 T	3.9377	3.9371			1 T		
105	4.1339	4.1331	4.1342	4.1336	11 T	4.1343	4.1335	12 T	4.1344	4.1340	13 T	4.1346	4.1340			15 T		
110	4.3307	4.3299	4.3310	4.3304		4.3311	4.3303		4.3312	4.3308		4.3314	4.3308					
120	4.7244	4.7236	4.7247	4.7241		4.7248	4.7240		4.7249	4.7245		4.7251	4.7245					
130	5.1181	5.1171	5.1184	5.1177		5.1186	5.1176		5.1187	5.1182		5.1189	5.1182					
140	5.5118	5.5108	5.5121	5.5114		5.5123	5.5113		5.5124	5.5119		5.5126	5.5119					
150	5.9055	5.9045	5.9058	5.9051	4 L	5.9060	5.9050	5 L	5.9061	5.9056	1 T	5.9063	5.9056			1 T		
160	6.2992	6.2982	6.2995	6.2988	13 T	6.2997	6.2987	15 T	6.2998	6.2993	16 T	6.3000	6.2993			18 T		
170	6.6929	6.6919	6.6932	6.6925		6.6934	6.6924		6.6935	6.6930		6.6937	6.6930					
180	7.0866	7.0856	7.0869	7.0862		7.0871	7.0861		7.0872	7.0867		7.0874	7.0867					
190	7.4803	7.4791	7.4807	7.4799		7.4809	7.4797		7.4810	7.4805		7.4812	7.4805					
200	7.8740	7.8728	7.8744	7.8736	4 L	7.8746	7.8734	6 L	7.8747	7.8742	2 T	7.8749	7.8742			2 T		
220	8.6614	8.6602	8.6618	8.6610	16 T	8.6620	8.6608	18 T	8.6621	8.6616	19 T	8.6623	8.6616			21 T		
240	9.4488	9.4476	9.4492	9.4484		9.4494	9.4482		9.4495	9.4490		9.4497	9.4490					

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-3

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d			Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji												
	maks.	min.	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾
mm	cale		cale		—	cale		—	cale		—	cale		—	cale		—
260	10.2362	10.2348	10.2366	10.2357	5 L 18 T	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10.2370	10.2364	2 T 22 T	10.2373	10.2364	2 T 25 T			
280	11.0236	11.0222	11.0240	11.0231		11.0242	11.0230		11.0244	11.0238		11.0247	11.0238				
300	11.8110	11.8096	11.8114	11.8105		11.8116	11.8104		11.8118	11.8112		11.8121	11.8112				
320	12.5984	12.5968	12.5989	12.5979	5 L 21 T	12.5991	12.5977	7 L 23 T	12.5992	12.5986	2 T 24 T	12.5995	12.5986	2 T 27 T			
340	13.3858	13.3842	13.3863	13.3853		13.3865	13.3851		13.3866	13.3860		13.3869	13.3860				
360	14.1732	14.1716	14.1737	14.1727		14.1739	14.1725		14.1740	14.1734		14.1743	14.1734				
380	14.9606	14.9590	14.9611	14.9601		14.9613	14.9599		14.9614	14.9608		14.9617	14.9608				
400	15.7480	15.7464	15.7485	15.7475	5 L 23 T	15.7487	15.7473	8 L 26 T	15.7488	15.7482	2 T 28 T	15.7491	15.7482	2 T 31 T			
420	16.5354	16.5336	16.5359	16.5349		16.5362	16.5346		16.5364	16.5356		16.5367	16.5356				
440	17.3228	17.3210	17.3233	17.3223		17.3236	17.3220		17.3238	17.3230		17.3241	17.3230				
460	18.1102	18.1084	18.1107	18.1097		18.1110	18.1094		18.1112	18.1104		18.1115	18.1104				
480	18.8976	18.8958	18.8981	18.8971		18.8984	18.8968		18.8986	18.8978		18.8989	18.8978				
500	19.6850	19.6832	19.6855	19.6845		19.6858	19.6842		19.6860	19.6852		19.6863	19.6852				
530	20.8661	20.8641	20.8666	20.8655	6 L 25 T	20.8669	20.8652	9 L 28 T	—	—	—	20.8673	20.8661	0 T 32 T			
560	22.0472	22.0452	22.0477	22.0466		22.0480	22.0463		—	—		22.0484	22.0472				
600	23.6220	23.6200	23.6225	23.6214	6 L 36 T	23.6228	23.6211	10 L 39 T	—	—	—	23.6232	23.6220	0 T 44 T			
630	24.8031	24.8011	24.8036	24.8025		24.8039	24.8022		—	—		24.8043	24.8031				
670	26.3780	26.3750	26.3786	26.3774		26.3789	26.3770		—	—		26.3794	26.3780				
710	27.9528	27.9498	27.9534	27.9522		27.9537	27.9518		—	—		27.9542	27.9528				
750	29.5276	29.5246	29.5282	29.5270	7 L 46 T	29.5285	29.5266	11 L 50 T	—	—	—	29.5290	29.5276	0 T 55 T			
800	31.4961	31.4931	31.4967	31.4955		31.4970	31.4951		—	—		31.4975	31.4961				
850	33.4646	33.4607	33.4653	33.4639	7 L 46 T	33.4657	33.4635	11 L 50 T	—	—	—	33.4662	33.4646	0 T 55 T			
900	35.4331	35.4292	35.4338	35.4324		35.4342	35.4320		—	—		35.4347	35.4331				
950	37.4016	37.3977	37.4023	37.4009		37.4027	37.4005		—	—		37.4032	37.4016				
1000	39.3701	39.3662	39.3708	39.3694	8 L 57 T	39.3712	39.3690	13 L 62 T	—	—	—	39.3717	39.3701	0 T 67 T			
1060	41.7323	41.7274	41.7331	41.7315		41.7336	41.7310		—	—		41.7341	41.7323				
1120	44.0945	44.0896	44.0953	44.0937		44.0958	44.0932		—	—		44.0963	44.0945				
1180	46.4567	46.4518	46.4575	46.4559		46.4580	46.4554		—	—		46.4585	46.4567				
1250	49.2126	49.2077	49.2134	49.2118		49.2139	49.2113		—	—		49.2144	49.2126				

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d			Uzyskiwane pasowania k6			Pola tolerancji			m5			m6			Paso-			m5			Paso-		
			Średnica wału			maks. min.			maks. min.			maks. min.			wanie ¹⁾			maks. min.			wanie ¹⁾		
mm	cale		cale			–	cale		–	cale		–	cale		–	cale		–	cale		–	cale	
4	0.1575	0.1572	0.1579	0.1575		0 T	0.1579	0.1577	2 T	0.1580	0.1577	2 T	0.1580	0.1578	3 T								
5	0.1969	0.1966	0.1973	0.1969		7 T	0.1973	0.1971	7 T	0.1974	0.1971	8 T	0.1974	0.1972	8 T								
6	0.2362	0.2359	0.2366	0.2362			0.2366	0.2364		0.2367	0.2364		0.2367	0.2365									
7	0.2756	0.2753	0.2760	0.2756			0.2761	0.2758		0.2762	0.2758		0.2762	0.2760									
8	0.3150	0.3147	0.3154	0.3150		0 T	0.3155	0.3152	2 T	0.3156	0.3152	2 T	0.3156	0.3154	4 T								
9	0.3543	0.3540	0.3547	0.3543		7 T	0.3548	0.3545	8 T	0.3549	0.3545	9 T	0.3549	0.3547	9 T								
10	0.3937	0.3934	0.3941	0.3937			0.3942	0.3939		0.3943	0.3939		0.3943	0.3941									
12	0.4724	0.4721	0.4729	0.4724		0 T	0.4730	0.4727	3 T	0.4731	0.4727	3 T	0.4731	0.4729	5 T								
15	0.5906	0.5903	0.5911	0.5906		8 T	0.5912	0.5909	9 T	0.5913	0.5909	10 T	0.5913	0.5911	11 T								
17	0.6693	0.6690	0.6698	0.6693			0.6699	0.6696		0.6700	0.6696		0.6700	0.6698									
20	0.7874	0.7870	0.7880	0.7875		1 T	0.7881	0.7877	3 T	0.7882	0.7877	3 T	0.7882	0.7880	6 T								
25	0.9843	0.9839	0.9849	0.9844		10 T	0.9850	0.9846	11 T	0.9851	0.9846	12 T	0.9851	0.9849	13 T								
30	1.1811	1.1807	1.1817	1.1812			1.1818	1.1814		1.1819	1.1814		1.1819	1.1817									
35	1.3780	1.3775	1.3787	1.3781			1.3788	1.3784		1.3790	1.3784		1.3791	1.3787									
40	1.5748	1.5743	1.5755	1.5749		1 T	1.5756	1.5752	4 T	1.5758	1.5752	4 T	1.5759	1.5755	7 T								
45	1.7717	1.7712	1.7724	1.7718		12 T	1.7725	1.7721	13 T	1.7727	1.7721	15 T	1.7728	1.7724	16 T								
50	1.9685	1.9680	1.9692	1.9686			1.9693	1.9689		1.9695	1.9689		1.9696	1.9692									
55	2.1654	2.1648	2.1662	2.1655			2.1663	2.1658		2.1666	2.1658		2.1667	2.1662									
60	2.3622	2.3616	2.3630	2.3623			2.3631	2.3626		2.3634	2.3626		2.3635	2.3630									
65	2.5591	2.5585	2.5599	2.5592		1 T	2.5600	2.5595	4 T	2.5603	2.5595	4 T	2.5604	2.5599	8 T								
70	2.7559	2.7553	2.7567	2.7560		14 T	2.7568	2.7563	15 T	2.7571	2.7563	18 T	2.7572	2.7567	19 T								
75	2.9528	2.9522	2.9536	2.9529			2.9537	2.9532		2.9540	2.9532		2.9541	2.9536									
80	3.1496	3.1490	3.1504	3.1497			3.1505	3.1500		3.1508	3.1500		3.1509	3.1504									
85	3.3465	3.3457	3.3475	3.3466			3.3476	3.3470		3.3479	3.3470		3.3480	3.3474									
90	3.5433	3.5425	3.5443	3.5434			3.5444	3.5438		3.5447	3.5438		3.5448	3.5442									
95	3.7402	3.7394	3.7412	3.7403			3.7413	3.7407		3.7416	3.7407		3.7417	3.7411									
100	3.9370	3.9362	3.9380	3.9371		1 T	3.9381	3.9375	5 T	3.9384	3.9375	5 T	3.9385	3.9379	9 T								
105	4.1339	4.1331	4.1349	4.1340		18 T	4.1350	4.1344	19 T	4.1353	4.1344	22 T	4.1354	4.1348	23 T								
110	4.3307	4.3299	4.3317	4.3308			4.3318	4.3312		4.3321	4.3312		4.3322	4.3316									
120	4.7244	4.7236	4.7254	4.7245			4.7255	4.7249		4.7258	4.7249		4.7259	4.7253									
130	5.1181	5.1171	5.1192	5.1182			5.1194	5.1187		5.1197	5.1187		5.1199	5.1192									
140	5.5118	5.5108	5.5129	5.5119			5.5131	5.5124		5.5134	5.5124		5.5136	5.5129									
150	5.9055	5.9045	5.9066	5.9056		1 T	5.9068	5.9061	6 T	5.9071	5.9061	6 T	5.9073	5.9066	11 T								
160	6.2992	6.2982	6.3003	6.2993		21 T	6.3005	6.2998	23 T	6.3008	6.2998	26 T	6.3010	6.3003	28 T								
170	6.6929	6.6919	6.6940	6.6930			6.6942	6.6935		6.6945	6.6935		6.6947	6.6940									
180	7.0866	7.0856	7.0877	7.0867			7.0879	7.0872		7.0882	7.0872		7.0884	7.0877									
190	7.4803	7.4791	7.4815	7.4805			7.4818	7.4810		7.4821	7.4810		7.4823	7.4815									
200	7.8740	7.8728	7.8753	7.8742		2 T	7.8755	7.8747	7 T	7.8758	7.8747	7 T	7.8760	7.8752	12 T								
220	8.6614	8.6602	8.6627	8.6616		25 T	8.6629	8.6621	27 T	8.6632	8.6621	30 T	8.6634	8.6626	32 T								
240	9.4488	9.4476	9.4501	9.4490			9.4503	9.4495		9.4506	9.4495		9.4508	9.4500									

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luzne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-3

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d			Uzyskiwane pasowania													
			Pola tolerancji		k6		m5		m6		n5					
	maks.	min.	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Średnica wału maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾		
mm	cale		cale		–	cale		–	cale		–	cale		–		
260	10.2362	10.2348	10.2376	10.2364	2 T 28 T	10.2379	10.2370	8 T 31 T	10.2382	10.2370	8 T 34 T	10.2384	10.2375	13 T 36 T		
280	11.0236	11.0222	11.0250	11.0238		11.0253	11.0244		11.0256	11.0244		11.0258	11.0249			
300	11.8110	11.8096	11.8124	11.8112		11.8127	11.8118		11.8130	11.8118		11.8132	11.8123			
320	12.5984	12.5968	12.6000	12.5986	2 T 32 T	12.6002	12.5992	8 T 34 T	12.6006	12.5992	8 T 38 T	12.6008	12.5999	15 T 40 T		
340	13.3858	13.3842	13.3874	13.3860		13.3876	13.3866		13.3880	13.3866		13.3882	13.3873			
360	14.1732	14.1716	14.1748	14.1734		14.1750	14.1740		14.1754	14.1740		14.1756	14.1747			
380	14.9606	14.9590	14.9622	14.9608		14.9624	14.9614		14.9628	14.9614		14.9630	14.9621			
400	15.7480	15.7464	15.7496	15.7482		15.7498	15.7488		15.7502	15.7488		15.7504	15.7495			
420	16.5354	16.5336	16.5372	16.5356	2 T 36 T	16.5374	16.5363	9 T 38 T	16.5379	16.5363	9 T 43 T	16.5380	16.5370	16 T 44 T		
440	17.3228	17.3210	17.3246	17.3230		17.3248	17.3237		17.3253	17.3237		17.3254	17.3244			
460	18.1102	18.1084	18.1120	18.1104		18.1122	18.1111		18.1127	18.1111		18.1128	18.1118			
480	18.8976	18.8958	18.8994	18.8978		18.8996	18.8985		18.9001	18.8985		18.9002	18.8992			
500	19.6850	19.6832	19.6868	19.6852		19.6870	19.6859		19.6875	19.6859		19.6876	19.6866			
530	20.8661	20.8641	20.8678	20.8661	0 T 37 T	20.8683	20.8671	10 T 42 T	–	–	–	20.8689	20.8678	17 T 48 T		
560	22.0472	22.0452	22.0489	22.0472		22.0494	22.0482		–	–		22.0500	22.0489			
600	23.6220	23.6200	23.6237	23.6220		23.6242	23.6230		–	–		23.6248	23.6237			
630	24.8031	24.8011	24.8048	24.8031		24.8053	24.8041		–	–		24.8059	24.8048			
670	26.3780	26.3750	26.3799	26.3780	0 T 49 T	26.3806	26.3792	12 T 56 T	–	–	–	26.3812	26.3800	20 T 62 T		
710	27.9528	27.9498	27.9547	27.9528		27.9554	27.9540		–	–		27.9560	27.9548			
750	29.5276	29.5246	29.5295	29.5276		29.5302	29.5288		–	–		29.5308	29.5296			
800	31.4961	31.4931	31.4980	31.4961		31.4987	31.4973		–	–		31.4993	31.4981			
850	33.4646	33.4607	33.4668	33.4646	0 T 61 T	33.4675	33.4659	13 T 68 T	–	–	–	33.4683	33.4668	22 T 76 T		
900	35.4331	35.4292	35.4353	35.4331		35.4360	35.4344		–	–		35.4368	35.4353			
950	37.4016	37.3977	37.4038	37.4016		37.4045	37.4029		–	–		37.4053	37.4038			
1000	39.3701	39.3662	39.3723	39.3701		39.3730	39.3714		–	–		39.3738	39.3723			
1060	41.7323	41.7274	41.7349	41.7323	0 T 75 T	41.7357	41.7339	16 T 83 T	–	–	–	41.7366	41.7349	26 T 92 T		
1120	44.0945	44.0896	44.0971	44.0945		44.0979	44.0961		–	–		44.0988	44.0971			
1180	46.4567	46.4518	46.4593	46.4567		46.4601	46.4583		–	–		46.4610	46.4593			
1250	49.2126	49.2077	49.2152	49.2126		49.2160	49.2142		–	–		49.2169	49.2152			

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d			Uzyskiwane pasowania		p6 Średnica wału maks. min.	Pasowanie ¹⁾	r6 Średnica wału maks. min.	Pasowanie ¹⁾	r7 Średnica wału maks. min.	Pasowanie ¹⁾
	maks.	min.	Średnica wału maks. min.	Paso- wanie ¹⁾						
mm	cale		cale	–	cale	–	cale	–	cale	–
4	0.1575	0.1572	0.1581 0.1578	3 T	–	–	–	–	–	–
5	0.1969	0.1966	0.1975 0.1972	9 T	–	–	–	–	–	–
6	0.2362	0.2359	0.2368 0.2365		–	–	–	–	–	–
7	0.2756	0.2753	0.2763 0.2760		–	–	–	–	–	–
8	0.3150	0.3147	0.3157 0.3154	4 T	–	–	–	–	–	–
9	0.3543	0.3540	0.3550 0.3547	10 T	–	–	–	–	–	–
10	0.3937	0.3934	0.3944 0.3941		–	–	–	–	–	–
12	0.4724	0.4721	0.4733 0.4729		–	–	–	–	–	–
15	0.5906	0.5903	0.5915 0.5911	5 T	–	–	–	–	–	–
17	0.6693	0.6690	0.6702 0.6698	12 T	–	–	–	–	–	–
20	0.7874	0.7870	0.7885 0.7880		–	–	–	–	–	–
25	0.9843	0.9839	0.9854 0.9849	6 T	–	–	–	–	–	–
30	1.1811	1.1807	1.1822 1.1817	15 T	–	–	–	–	–	–
35	1.3780	1.3775	1.3793 1.3787		–	–	–	–	–	–
40	1.5748	1.5743	1.5761 1.5755	7 T	–	–	–	–	–	–
45	1.7717	1.7712	1.7730 1.7724	18 T	–	–	–	–	–	–
50	1.9685	1.9680	1.9698 1.9692		–	–	–	–	–	–
55	2.1654	2.1648	2.1669 2.1662		–	–	–	–	–	–
60	2.3622	2.3616	2.3637 2.3630		–	–	–	–	–	–
65	2.5591	2.5585	2.5606 2.5599	8 T	–	–	–	–	–	–
70	2.7559	2.7553	2.7574 2.7567	21 T	–	–	–	–	–	–
75	2.9528	2.9522	2.9543 2.9536		–	–	–	–	–	–
80	3.1496	3.1490	3.1511 3.1504		–	–	–	–	–	–
85	3.3465	3.3457	3.3483 3.3474		3.3488 3.3480		–	–	–	–
90	3.5433	3.5425	3.5451 3.5442		3.5456 3.5448		–	–	–	–
95	3.7402	3.7394	3.7420 3.7411		3.7425 3.7417		–	–	–	–
100	3.9370	3.9362	3.9388 3.9379	9 T	3.9393 3.9385	15 T	–	–	–	–
105	4.1339	4.1331	4.1357 4.1348	26 T	4.1362 4.1354	31 T	–	–	–	–
110	4.3307	4.3299	4.3325 4.3316		4.3330 4.3322		–	–	–	–
120	4.7244	4.7236	4.7262 4.7253		4.7267 4.7259		–	–	–	–
130	5.1181	5.1171	5.1201 5.1192		5.1208 5.1198		5.1216 5.1207	–	–	–
140	5.5118	5.5108	5.5138 5.5129		5.5145 5.5135		5.5153 5.5144	–	–	–
150	5.9055	5.9045	5.9075 5.9066	11 T	5.9082 5.9072	17 T	5.9090 5.9081	26 T	–	–
160	6.2992	6.2982	6.3012 6.3003	30 T	6.3019 6.3009	37 T	6.3027 6.3018	45 T	–	–
170	6.6929	6.6919	6.6949 6.6940		6.6956 6.6946		6.6964 6.6955	–	–	–
180	7.0866	7.0856	7.0886 7.0877		7.0893 7.0883		7.0901 7.0892	–	–	–
190	7.4803	7.4791	7.4827 7.4815		7.4834 7.4823		7.4845 7.4833	30 T	–	–
200	7.8740	7.8728	7.8764 7.8752	12 T	7.8771 7.8760	20 T	7.8782 7.8770	54 T	–	–
220	8.6614	8.6602	8.6638 8.6626	36 T	8.6645 8.6634	43 T	8.6657 8.6645	31 T/55 T	8.6664 8.6645	31 T/62 T
240	9.4488	9.4476	9.4512 9.4500		9.4519 9.4508		9.4532 9.4521	33 T	9.4539 9.4521	33 T

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-3

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d		Uzyskiwane pasowania											
		Pola tolerancji		n6		p6		r6		r7			
		Średnica wału		Paso-	Średnica wału		Paso-	Średnica wału		Paso-	Średnica wału		Paso-
maks. min.		maks. min.		wanie ¹⁾	maks. min.		wanie ¹⁾	maks. min.		wanie ¹⁾	maks. min.		wanie ¹⁾
mm	cale	cale		—	cale		—	cale		—	cale		—
260	10.2362	10.2348	10.2388	10.2375	13 T	10.2397	10.2384	22 T	10.2412	10.2399	37 T	10.2419	10.2399
280	11.0236	11.0222	11.0262	11.0249	40 T	11.0271	11.0258	49 T	11.0286	11.0273	64 T	11.0293	11.0273
300	11.8110	11.8096	11.8136	11.8123		11.8145	11.8132		11.8161	11.8149	39T/65T	11.8169	11.8149
320	12.5984	12.5968	12.6013	12.5999		12.6023	12.6008		12.6041	12.6027	43 T	12.6049	12.6027
340	13.3858	13.3842	13.3887	13.3873		13.3897	13.3882		13.3915	13.3901	73 T	13.3923	13.3901
360	14.1732	14.1716	14.1761	14.1747	15 T	14.1771	14.1756	24 T	14.1791	14.1777	45 T	14.1799	14.1777
380	14.9606	14.9590	14.9635	14.9621	45 T	14.9645	14.9630	55 T	14.9665	14.9651	75 T	14.9673	14.9651
400	15.7480	15.7464	15.7509	15.7495		15.7519	15.7504		15.7539	15.7525		15.7547	15.7525
420	16.5354	16.5336	16.5385	16.5370		16.5397	16.5381		16.5419	16.5404	50 T	16.5428	16.5404
440	17.3228	17.3210	17.3259	17.3244		17.3271	17.3255		17.3293	17.3278	83 T	17.3302	17.3278
460	18.1102	18.1084	18.1133	18.1118	16 T	18.1145	18.1129	27 T	18.1170	18.1154		18.1179	18.1154
480	18.8976	18.8958	18.9007	18.8992	49 T	18.9019	18.9003	61 T	18.9044	18.9028	52 T	18.9053	18.9028
500	19.6850	19.6832	19.6881	19.6866		19.6893	19.6877		19.6918	19.6902	86 T	19.6927	19.6902
530	20.8661	20.8641	20.8696	20.8678		20.8709	20.8692		20.8737	20.8720	59 T	20.8748	20.8720
560	22.0472	22.0452	22.0507	22.0489	17 T	22.0520	22.0503	31 T	22.0548	22.0531	96 T	22.0559	22.0531
600	23.6220	23.6200	23.6255	23.6237	55 T	23.6268	23.6251	68 T	23.6298	23.6281	61 T	23.6309	23.6281
630	24.8031	24.8011	24.8066	24.8048		24.8079	24.8062		24.8109	24.8092	98 T	24.8120	24.8092
670	26.3780	26.3750	26.3819	26.3800		26.3834	26.3815		26.3869	26.3849	69 T	26.3880	26.3848
710	27.9528	27.9498	27.9567	27.9548	20 T	27.9582	27.9563	35 T	27.9617	27.9597	119 T	27.9628	27.9596
750	29.5276	29.5246	29.5315	29.5296	69 T	29.5330	29.5311	84 T	29.5369	29.5349	73 T	29.5380	29.5349
800	31.4961	31.4931	31.5000	31.4981		31.5015	31.4996		31.5054	31.5034	123 T	31.5065	31.5034
850	33.4646	33.4607	33.4690	33.4668		33.4707	33.4685		33.4751	33.4729	83 T	33.4764	33.4729
900	35.4331	35.4292	35.4375	35.4353	22 T	35.4392	35.4370	39 T	35.4436	35.4414	144 T	35.4449	35.4414
950	37.4016	37.3977	37.4060	37.4038	83 T	37.4077	37.4055	100 T	37.4125	37.4103	87 T	37.4138	37.4103
1000	39.3701	39.3662	39.3745	39.3723		39.3762	39.3740		39.3810	39.3788	148 T	39.3823	39.3788
1060	41.7323	41.7274	41.7375	41.7349		41.7396	41.7370		41.7447	41.7421	98 T	41.7463	41.7421
1120	44.0945	44.0896	44.0997	44.0971	26 T	44.1018	44.0992	47 T	44.1069	44.1043	173 T	44.1085	44.1043
1180	46.4567	46.4518	46.4619	46.4593	101 T	46.4640	46.4614	122 T	46.4695	46.4669	102 T	46.4711	46.4669
1250	49.2126	49.2077	49.2178	49.2152		49.2199	49.2173		49.2254	49.2226	177 T	49.2270	49.2228

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje wału i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica otworu łożyska d	maks. min.		Uzyskiwane pasowania Pola tolerancji s ₆ min. IT 6/2 Średnica wału maks. min.		Pasowanie ¹⁾	s ₇ min. IT 7/2 Średnica wału maks. min.		Pasowanie ¹⁾
	mm	cale	cale	mm		cale	mm	
200	7.8740	7.8728	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T
220	8.6614	8.6602	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T
240	9.4488	9.4476	9.4549	9.4537	49 T/73 T	9.4552	9.4534	46 T/76 T
260	10.2362	10.2348	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T
280	11.0236	11.0222	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T
300	11.8110	11.8096	11.8183	11.8171	61 T/87 T	11.8187	11.8167	57 T/91 T
320	12.5984	12.5968	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T
340	13.3858	13.3842	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T
360	14.1732	14.1716	14.1821	14.1807	75 T	14.1825	14.1803	71 T
380	14.9606	14.9590	14.9695	14.9681	105 T	14.9699	14.9677	109 T
400	15.7480	15.7464	15.7569	15.7555		15.7573	15.7551	
420	16.5354	16.5336	16.5454	16.5438	84 T	16.5458	16.5433	79 T
440	17.3228	17.3210	17.3328	17.3312	118 T	17.3332	17.3307	122 T
460	18.1102	18.1084	18.1209	18.1194	92 T	18.1214	18.1189	87 T
480	18.8976	18.8958	18.9083	18.9068	125 T	18.9088	18.9063	130 T
500	19.6850	19.6832	19.6957	19.6942		19.6962	19.6937	
530	20.8661	20.8641	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T
560	22.0472	22.0452	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T
600	23.6220	23.6200	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T
630	24.8031	24.8011	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T
670	26.3780	26.3750	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T
710	27.9528	27.9498	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T
750	29.5276	29.5246	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T
800	31.4961	31.4931	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T
850	33.4646	33.4607	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T
900	35.4331	35.4292	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T
950	37.4016	37.3977	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T
1 000	39.3701	39.3662	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T
1 060	41.7323	41.7274	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T
1 120	44.0945	44.0896	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T
1 180	46.4567	46.4518	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T
1 250	49.2126	49.2077	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiaru calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji F7		G7		H6		H7		Pasowanie ¹⁾			
	Otwór oprawy		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.			
	maks.	min.	cale	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
mm	cale	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
16	0.6299	0.6296	0.6305	0.6312	16 L 6 L	0.6301	0.6308	12 L 2 L	0.6299	0.6303	7 L 0 L	0.6299	0.6306	10 L 0 L
19	0.7480	0.7476	0.7488	0.7496	20 L 8 L	0.7483	0.7491	15 L 3 L	0.7480	0.7485	9 L 0 L	0.7480	0.7488	12 L 0 L
22	0.8661	0.8657	0.8669	0.8677		0.8664	0.8672		0.8661	0.8666		0.8661	0.8669	
24	0.9449	0.9445	0.9457	0.9465		0.9452	0.9460		0.9449	0.9454		0.9449	0.9457	
26	1.0236	1.0232	1.0244	1.0252		1.0239	1.0247		1.0236	1.0241		1.0236	1.0244	
28	1.1024	1.1020	1.1032	1.1040		1.1027	1.1035		1.1024	1.1029		1.1024	1.1032	
30	1.1811	1.1807	1.1819	1.1827		1.1814	1.1822		1.1811	1.1816		1.1811	1.1819	
32	1.2598	1.2594	1.2608	1.2618	24 L 10 L	1.2602	1.2611	17 L 4 L	1.2598	1.2604	10 L 0 L	1.2598	1.2608	14 L 0 L
35	1.3780	1.3776	1.3790	1.4000		1.3784	1.3793		1.3780	1.3786		1.3780	1.3790	
37	1.4567	1.4563	1.4577	1.4587		1.4571	1.4580		1.4567	1.4573		1.4567	1.4577	
40	1.5748	1.5744	1.5758	1.5768		1.5752	1.5761		1.5748	1.5754		1.5748	1.5758	
42	1.6535	1.6531	1.6545	1.6555		1.6539	1.6548		1.6535	1.6541		1.6535	1.6545	
47	1.8504	1.8500	1.8514	1.8524		1.8508	1.8517		1.8504	1.8510		1.8504	1.8514	
52	2.0472	2.0467	2.0484	2.0496	29 L 12 L	2.0476	2.0488	21 L 4 L	2.0472	2.0479	12 L 0 L	2.0472	2.0484	17 L 0 L
55	2.1654	2.1649	2.1666	2.1678		2.1658	2.1670		2.1654	2.1661		2.1654	2.1666	
62	2.4409	2.4404	2.4421	2.4433		2.4413	2.4425		2.4409	2.4416		2.4409	2.4421	
68	2.6772	2.6767	2.6784	2.6796		2.6776	2.6788		2.6772	2.6779		2.6772	2.6784	
72	2.8346	2.8341	2.8358	2.8370		2.8350	2.8362		2.8346	2.8353		2.8346	2.8358	
75	2.9527	2.9522	2.9539	2.9551	34 L 14 L	2.9532	2.9543	25 L 5 L	2.9527	2.9534	15 L 0 L	2.9527	2.9539	20 L 0 L
80	3.1496	3.1491	3.1508	3.1520		3.1500	3.1512		3.1496	3.1503		3.1496	3.1508	
85	3.3465	3.3459	3.3479	3.3493		3.3470	3.3484		3.3465	3.3474		3.3465	3.3479	
90	3.5433	3.5427	3.5447	3.5461		3.5438	3.5452		3.5433	3.5442		3.5433	3.5447	
95	3.7402	3.7396	3.7416	3.7430		3.7407	3.7421		3.7402	3.7411		3.7402	3.7416	
100	3.9370	3.9364	3.9384	3.9398	40 L 17 L	3.9375	3.9389	25 L 5 L	3.9370	3.9379	15 L 0 L	3.9370	3.9384	20 L 0 L
110	4.3307	4.3301	4.3321	4.3335		4.3312	4.3326		4.3307	4.3316		4.3307	4.3321	
115	4.5276	4.5270	4.5290	4.5304		4.5281	4.5295		4.5276	4.5285		4.5276	4.5290	
120	4.7244	4.7238	4.7258	4.7272		4.7249	4.7263		4.7244	4.7253		4.7244	4.7258	
125	4.9213	4.9206	4.9230	4.9246		40 L 17 L	4.9219		4.9234	28 L 6 L		4.9213	4.9223	
130	5.1181	5.1174	5.1198	5.1214	5.1187		5.1202	5.1181	5.1191		5.1181	5.1197		
140	5.5118	5.5111	5.5135	5.5151	5.5124		5.5139	5.5118	5.5128		5.5118	5.5134		
145	5.7087	5.7080	5.7104	5.7120	5.7093		5.7108	5.7087	5.7097		5.7087	5.7103		
150	5.9055	5.9048	5.9072	5.9088	5.9061		5.9076	5.9055	5.9065		5.9055	5.9071		
160	6.2992	6.2982	6.3009	6.3025	43 L 17 L	6.2998	6.3013	31 L 6 L	6.2992	6.3002	20 L 0 L	6.2992	6.3008	26 L 0 L
165	6.4961	6.4951	6.4978	6.4994		6.4967	6.4982		6.4961	6.4971		6.4961	6.4977	
170	6.6929	6.6919	6.6946	6.6962		6.6935	6.6950		6.6929	6.6939		6.6929	6.6945	
180	7.0866	7.0856	7.0883	7.0899		7.0872	7.0887		7.0866	7.0876		7.0866	7.0882	
190	7.4803	7.4791	7.4823	7.4841		7.4809	7.4827		7.4803	7.4814		7.4803	7.4821	
200	7.8740	7.8728	7.8760	7.8778	50 L 20 L	7.8746	7.8764	36 L 6 L	7.8740	7.8751	23 L 0 L	7.8740	7.8758	30 L 0 L
210	8.2677	8.2665	8.2697	8.2715		8.2683	8.2701		8.2677	8.2688		8.2677	8.2695	
215	8.4646	8.4634	8.4666	8.4684		8.4652	8.4670		8.4646	8.4657		8.4646	8.4664	
220	8.6614	8.6602	8.6634	8.6652		8.6620	8.6638		8.6614	8.6625		8.6614	8.6632	
225	8.8583	8.8571	8.8603	8.8621		8.8589	8.8607		8.8583	8.8594		8.8583	8.8601	
230	9.0551	9.0539	9.0571	9.0589	50 L 20 L	9.0557	9.0575	36 L 6 L	9.0551	9.0562	23 L 0 L	9.0551	9.0569	30 L 0 L
240	9.4488	9.4476	9.4508	9.4526		9.4494	9.4512		9.4488	9.4499		9.4488	9.4506	
250	9.8425	9.8413	9.8445	9.8463		9.8431	9.8449		9.8425	9.8436		9.8425	9.8443	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-4

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiały calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	maks. min.		maks. min.		Paso- wanie ¹⁾	maks. min.		Paso- wanie ¹⁾	maks. min.		Paso- wanie ¹⁾	maks. min.		Paso- wanie ¹⁾	maks. min.		Paso- wanie ¹⁾
	mm	cale	mm	cale		mm	cale		mm	cale		mm	cale		mm	cale	
260	10.2362	10.2348	10.2384	10.2405		10.2369	10.2389		10.2362	10.2375		10.2362	10.2382				
270	10.6299	10.6285	10.6321	10.6342		10.6306	10.6326		10.6299	10.6312		10.6299	10.6319				
280	11.0236	11.0222	11.0258	11.0279	57 L	11.0243	11.0263	41 L	11.0236	11.0249	27 L	11.0236	11.0256	34 L			
290	11.4173	11.4159	11.4195	11.4216	22 L	11.4180	11.4200	7 L	11.4173	11.4186	0 L	11.4173	11.4193	0 L			
300	11.8110	11.8096	11.8132	11.8153		11.8117	11.8137		11.8110	11.8123		11.8110	11.8130				
310	12.2047	12.2033	12.2069	12.2090		12.2054	12.2074		12.2047	12.2060		12.2047	12.2067				
320	12.5984	12.5968	12.6008	12.6031		12.5991	12.6014		12.5984	12.5998		12.5984	12.6006				
340	13.3858	13.3842	13.3882	13.3905		13.3865	13.3888		13.3858	13.3872		13.3858	13.3880				
360	14.1732	14.1716	14.1756	14.1779	63 L	14.1739	14.1762	46 L	14.1732	14.1746	30 L	14.1732	14.1754	38 L			
370	14.5669	14.5654	14.5694	14.5717	24 L	14.5677	14.5700	7 L	14.5669	14.5684	0 L	14.5670	14.5692	0 L			
380	14.9606	14.9590	14.9630	14.9653		14.9613	14.9636		14.9606	14.9620		14.9606	14.9628				
400	15.7480	15.7464	15.7504	15.7527		15.7487	15.7510		15.7480	15.7494		15.7480	15.7502				
420	16.5354	16.5336	16.5381	16.5406		16.5362	16.5387		16.5354	16.5370		16.5354	16.5379				
440	17.3228	17.3210	17.3255	17.3280	70 L	17.3236	17.3261	51 L	17.3228	17.3244	34 L	17.3228	17.3253	43 L			
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154	27 L	18.1110	18.1135	8 L	18.1102	18.1118	0 L	18.1102	18.1127	0 L			
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028		18.8984	18.9009		18.8976	18.8992		18.8976	18.9001				
500	19.6850	19.6832	19.6877	19.6902		19.6858	19.6883		19.6850	19.6866		19.6850	19.6875				
520	20.4724	20.4704	20.4754	20.4781		20.4733	20.4760		20.4724	20.4741		20.4724	20.4752				
540	21.2598	21.2578	21.2628	21.2655		21.2607	21.2634		21.2598	21.2615		21.2598	21.2626				
560	22.0472	22.0452	22.0502	22.0529	77 L	22.0481	22.0508	56 L	22.0472	22.0489	37 L	22.0472	22.0500	48 L			
580	22.8346	22.8326	22.8376	22.8403	30 L	22.8355	22.8382	9 L	22.8346	22.8363	0 L	22.8346	22.8374	0 L			
600	23.6220	23.6200	23.6250	23.6277		23.6229	23.6256		23.6220	23.6237		23.6220	23.6248				
620	24.4094	24.4074	24.4124	24.4151		24.4103	24.4130		24.4094	24.4111		24.4094	24.4122				
650	25.5906	25.5876	25.5937	25.5969		25.5915	25.5947		25.5906	25.5926		25.5906	25.5937				
670	26.3780	26.3750	26.3811	26.3843		26.3789	26.3821		26.3780	26.3800		26.3780	26.3811				
680	26.7717	26.7687	26.7748	26.7780		26.7726	26.7758		26.7717	26.7737		26.7717	26.7748				
700	27.5591	27.5561	27.5622	27.5654		27.5600	27.5632		27.5591	27.5611		27.5591	27.5622				
720	28.3465	28.3435	28.3496	28.3528	93 L	28.3474	28.3506	71 L	28.3465	28.3485	50 L	28.3465	28.3496	61 L			
750	29.5276	29.5246	29.5307	29.5339	31 L	29.5285	29.5317	9 L	29.5276	29.5296	0 L	29.5276	29.5307	0 L			
760	29.9213	29.9183	29.9244	29.9276		29.9222	29.9254		29.9213	29.9233		29.9213	29.9244				
780	30.7087	30.7057	30.7118	30.7150		30.7096	30.7128		30.7087	30.7107		30.7087	30.7118				
790	31.1024	31.0994	31.1055	31.1087		31.1033	31.1065		31.1024	31.1044		31.1024	31.1055				
800	31.4961	31.4931	31.4992	31.5024		31.4970	31.5002		31.4961	31.4981		31.4961	31.4992				
820	32.2835	32.2796	32.2869	32.2904		32.2845	32.2881		32.2835	32.2857		32.2835	32.2870				
830	32.6772	32.6733	32.6806	32.6841		32.6782	32.6818		32.6772	32.6794		32.6772	32.6807				
850	33.4646	33.4607	33.4680	33.4715		33.4656	33.4692		33.4646	33.4668		33.4646	33.4681				
870	34.2520	34.2481	34.2554	34.2589	108 L	34.2530	34.2566	85 L	34.2520	34.2542	61 L	34.2520	34.2555	74 L			
920	36.2205	36.2166	36.2239	36.2274	34 L	36.2215	36.2251	10 L	36.2205	36.2227	0 L	36.2205	36.2240	0 L			
950	37.4016	37.3977	37.4050	37.4085		37.4026	37.4062		37.4016	37.4038		37.4016	37.4051				
980	38.5827	38.5788	38.5861	38.5896		38.5837	38.5873		38.5827	38.5849		38.5827	38.5862				
1000	39.3701	39.3662	39.3735	39.3770		39.3711	39.3747		39.3701	39.3723		39.3701	39.3736				
1150	45.2756	45.2707	45.2795	45.2836	129 L	45.2767	45.2808	101 L	45.2756	45.2782	75 L	45.2756	45.2797	90 L			
1250	49.2126	49.2077	49.2165	49.2206	39 L	49.2137	49.2178	11 L	49.2126	49.2152	0 L	49.2126	49.2167	0 L			
1400	55.1181	55.1118	55.1224	55.1274	156 L	55.1193	55.1242	124 L	55.1181	55.1212	94 L	55.1181	55.1230	112 L			
1600	62.9921	62.9858	62.9964	63.0014	43 L	62.9933	62.9982	12 L	62.9921	62.9952	0 L	62.9921	62.9970	0 L			

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiaru calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji		H8		H9		H10		J6		Pasowanie ¹⁾	
	maks.	min.	Otwór oprawy	Paso-	Otwór oprawy	Paso-	Otwór oprawy	Paso-	Otwór oprawy	Paso-	Otwór oprawy	Paso-	Otwór oprawy	Paso-
	mm	cale	cale	wanie ¹⁾	mm	cale	mm	cale	mm	cale	mm	cale	mm	cale
16	0.6299	0.6296	0.6299	0.6310	14 L OL	0.6299	0.6316	20 L OL	0.6299	0.6327	31 L OL	0.6297	0.6301	5 L 2T
19	0.7480	0.7476	0.7480	0.7493	17 L OL	0.7480	0.7500	24 L OL	0.7480	0.7513	37 L OL	0.7478	0.7483	7 L 2T
22	0.8661	0.8657	0.8661	0.8674		0.8661	0.8681		0.8661	0.8694		0.8659	0.8664	
24	0.9449	0.9445	0.9449	0.9462		0.9449	0.9469		0.9449	0.9482		0.9447	0.9452	
26	1.0236	1.0232	1.0236	1.0249		1.0236	1.0256		1.0236	1.0269		1.0234	1.0239	
28	1.1024	1.1020	1.1024	1.1037	19 L OL	1.1024	1.1044	28 L OL	1.1024	1.1057	43 L OL	1.1022	1.1027	8 L 2T
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1824		1.1811	1.1831		1.1811	1.1844		1.1809	1.1814	
32	1.2598	1.2594	1.2598	1.2613		1.2598	1.2622		1.2598	1.2637		1.2596	1.2602	
35	1.3780	1.3776	1.3780	1.3795		1.3780	1.3804		1.3780	1.3819		1.3778	1.3784	
37	1.4567	1.4563	1.4567	1.4582	23 L OL	1.4567	1.4591	34 L OL	1.4567	1.4606	52 L OL	1.4565	1.4571	10 L 2T
40	1.5748	1.5744	1.5748	1.5763		1.5748	1.5772		1.5748	1.5787		1.5746	1.5752	
42	1.6535	1.6531	1.6535	1.6550		1.6535	1.6559		1.6535	1.6574		1.6533	1.6539	
47	1.8504	1.8500	1.8504	1.8519		1.8504	1.8528		1.8504	1.8543		1.8502	1.8508	
52	2.0472	2.0467	2.0472	2.0490	27 L OL	2.0472	2.0501	40 L OL	2.0472	2.0519	61 L OL	2.0470	2.0477	12 L 2T
55	2.1654	2.1649	2.1654	2.1672		2.1654	2.1683		2.1654	2.1701		2.1652	2.1659	
62	2.4409	2.4404	2.4409	2.4427		2.4409	2.4438		2.4409	2.4456		2.4407	2.4414	
68	2.6772	2.6767	2.6772	2.6790		2.6772	2.6801		2.6772	2.6819		2.6770	2.6777	
72	2.8346	2.8341	2.8346	2.8364	32 L OL	2.8346	2.8375	46 L OL	2.8346	2.8393	70 L OL	2.8344	2.8351	14 L 3T
75	2.9527	2.9522	2.9527	2.9545		2.9527	2.9556		2.9527	2.9574		2.9525	2.9532	
80	3.1496	3.1491	3.1496	3.1514		3.1496	3.1525		3.1496	3.1543		3.1494	3.1501	
85	3.3465	3.3459	3.3465	3.3486		3.3465	3.3499		3.3465	3.3520		3.3463	3.3471	
90	3.5433	3.5427	3.5433	3.5454	35 L OL	3.5433	3.5467	49 L OL	3.5433	3.5488	85 L OL	3.5431	3.5439	21 L 3T
95	3.7402	3.7396	3.7402	3.7423		3.7402	3.7436		3.7402	3.7457		3.7400	3.7408	
100	3.9370	3.9364	3.9370	3.9391		3.9370	3.9404		3.9370	3.9425		3.9368	3.9376	
110	4.3307	4.3301	4.3307	4.3328		4.3307	4.3341		4.3307	4.3362		4.3305	4.3313	
115	4.5276	4.5270	4.5276	4.5297	37 L OL	4.5276	4.5310	57 L OL	4.5276	4.5331	100 L OL	4.5274	4.5282	28 L 3T
120	4.7244	4.7238	4.7244	4.7265		4.7244	4.7278		4.7244	4.7299		4.7242	4.7250	
125	4.9213	4.9206	4.9213	4.9238		4.9213	4.9252		4.9213	4.9276		4.9210	4.9220	
130	5.1181	5.1174	5.1181	5.1206		5.1181	5.1220		5.1181	5.1244		5.1178	5.1188	
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5143	39 L OL	5.5118	5.5157	59 L OL	5.5118	5.5181	125 L OL	5.5115	5.5125	32 L 3T
145	5.7087	5.7080	5.7087	5.7112		5.7087	5.7126		5.7087	5.7150		5.7084	5.7094	
150	5.9055	5.9048	5.9055	5.9080		5.9055	5.9094		5.9055	5.9118		5.9052	5.9062	
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.3017		6.2992	6.3031		6.2992	6.3055		6.2989	6.2999	
165	6.4961	6.4951	6.4961	6.4986	41 L OL	6.4961	6.5000	61 L OL	6.4961	6.5024	150 L OL	6.4958	6.4968	34 L 3T
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6954		6.6929	6.6968		6.6929	6.6992		6.6926	6.6936	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0891		7.0866	7.0905		7.0866	7.0929		7.0863	7.0873	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4831		7.4803	7.4848		7.4803	7.4876		7.4800	7.4812	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8768	43 L OL	7.8740	7.8785	73 L OL	7.8740	7.8813	175 L OL	7.8737	7.8749	36 L 3T
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2705		8.2677	8.2722		8.2677	8.2750		8.2674	8.2686	
215	8.4646	8.4634	8.4646	8.4674		8.4646	8.4691		8.4646	8.4719		8.4643	8.4655	
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6642		8.6614	8.6659		8.6614	8.6687		8.6611	8.6623	
225	8.8583	8.8571	8.8583	8.8611	45 L OL	8.8583	8.8628	93 L OL	8.8583	8.8656	200 L OL	8.8580	8.8592	38 L 3T
230	9.0551	9.0539	9.0551	9.0579		9.0551	9.0596		9.0551	9.0624		9.0548	9.0560	
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4516		9.4488	9.4533		9.4488	9.4561		9.4485	9.4497	
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8453		9.8425	9.8470		9.8425	9.8498		9.8422	9.8434	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-4

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiaru calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	maks. min.		Uzyskiwane pasowania Poła tolerancji		H8		H9		H10		J6	
			Otwór oprawy	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy	Paso- wanie ¹⁾
mm	cale		cale	–	cale	–	cale	–	cale	–	cale	–
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2394			10.2362	10.2413			10.2359	10.2372
270	10.6299	10.6285	10.6299	10.6331			10.6299	10.6350			10.6296	10.6309
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0268	46 L		11.0236	11.0287	65 L		11.0233	11.0246
290	11.4173	11.4159	11.4173	11.4205	0 L		11.4173	11.4224	0 L		11.4170	11.4183
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8142			11.8110	11.8161			11.8107	11.8120
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2079			12.2047	12.2098			12.2044	12.2057
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.6019			12.5984	12.6039			12.5981	12.5995
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3893			13.3858	13.3913			13.3855	13.3869
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1767	51 L		14.1732	14.1787	71 L		14.1729	14.1743
370	14.5669	14.5654	14.5670	14.5705	0 L		14.5669	14.5724	0 L		14.5666	14.5681
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9641			14.9606	14.9661			14.9603	14.9617
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7515			15.7480	15.7535			15.7477	15.7491
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5392			16.5354	16.5415			16.5351	16.5367
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3266	56 L		17.3228	17.3289	79 L		17.3225	17.3241
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1140	0 L		18.1102	18.1163	0 L		18.1099	18.1115
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.9014			18.8976	18.9037			18.8973	18.8989
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6888			19.6850	19.6911			19.6847	19.6863
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4767			20.4724	20.4793			20.4721	20.4739
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2641			21.2598	21.2667			21.2595	21.2613
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0515	63 L		22.0472	22.0541	89 L		22.0469	22.0487
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8389	0 L		22.8346	22.8415	0 L		22.8343	22.8361
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6263			23.6220	23.6289			23.6217	23.6235
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4137			24.4094	24.4163			24.4091	24.4109
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5955			25.5906	25.5985			25.5902	25.5922
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3829			26.3780	26.3859			26.3776	26.3796
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7766			26.7717	26.7796			26.7713	26.7733
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5640			27.5591	27.5670			27.5587	27.5607
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3514	79 L		28.3465	28.3544	109 L		28.3461	28.3481
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5325	0 L		29.5276	29.5355	0 L		29.5272	29.5292
760	29.9213	29.9183	29.9213	29.9262			29.9213	29.9292			29.9209	29.9229
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7136			30.7087	30.7166			30.7083	30.7103
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1073			31.1024	31.1103			31.1020	31.1040
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.5010			31.4961	31.5040			31.4957	31.4968
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.2890			32.2835	32.2926			32.2831	32.2853
830	32.6772	32.6733	32.6772	32.6827			32.6772	32.6863			32.6768	32.6790
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4701			33.4646	33.4737			33.4642	33.4664
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2575	94 L		34.2520	34.2611	130 L		34.2516	34.2538
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2260	0 L		36.2205	36.2296	0 L		36.2201	36.2223
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4071			37.4016	37.4107			37.4012	37.4034
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5882			38.5827	38.5918			38.5823	38.5845
1000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3756			39.3701	39.3792			–	–
1150	45.2756	45.2707	45.2756	45.2821	114 L		45.2756	45.2858	151 L		–	–
1250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2191	0 L		49.2126	49.2228	0 L		–	–
1400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1258	140 L		55.1181	55.1303	185 L		–	–
1600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9998	0 L		62.9921	63.0043	0 L		–	–

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiaru calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji J7		J5		K5		K6		Pasowanie ¹⁾			
	Otwór oprawy		Otwór oprawy		Otwór oprawy		Otwór oprawy		Otwór oprawy		Pasowanie ¹⁾			
	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.		
mm	cale		cale		–	cale	–	cale	–	cale	–			
16	0.6299	0.6296	0.6296	0.6303	7 L 3 T	0.6297	0.6301	2 T 5 L	0.6297	0.6300	4 L 2 T	0.6295	0.6300	4 L 4 T
19	0.7480	0.7476	0.7476	0.7485	4 T	0.7478	0.7481	2 T 5 L	0.7477	0.7480	4 L 3 T	0.7476	0.7481	5 L 4 T
22	0.8661	0.8657	0.8657	0.8666		0.8659	0.8662		0.8658	0.8661		0.8657	0.8662	
24	0.9449	0.9445	0.9445	0.9454		0.9447	0.9450		0.9446	0.9449		0.9445	0.9450	
26	1.0236	1.0232	1.0232	1.0241		1.0234	1.0237		1.0233	1.0236		1.0232	1.0237	
28	1.1024	1.1020	1.1020	1.1029	4 T	1.1022	1.1025	6 L	1.1021	1.1024	5 L	1.1020	1.1025	5 T
30	1.1811	1.1807	1.1807	1.1816		1.1809	1.1812		1.1808	1.1811		1.1807	1.1812	
32	1.2598	1.2594	1.2594	1.2604		1.2596	1.2600		1.2594	1.2599		1.2593	1.2599	
35	1.3780	1.3776	1.3776	1.3786		1.3778	1.3782		1.3776	1.3781		1.3775	1.3781	
37	1.4567	1.4563	1.4563	1.4573	10 L	1.4565	1.4569	2 T	1.4563	1.4568	5 L	1.4562	1.4568	5 L
40	1.5748	1.5744	1.5744	1.5754	4 T	1.5746	1.5750	6 L	1.5744	1.5749	4 T	1.5743	1.5749	5 T
42	1.6535	1.6531	1.6531	1.6541	5 T	1.6533	1.6537	8 L	1.6531	1.6536	6 L 4 T	1.6530	1.6536	7 L 6 T
47	1.8504	1.8500	1.8500	1.8510		1.8502	1.8506		1.8500	1.8505		1.8499	1.8505	
52	2.0472	2.0467	2.0467	2.0479		2.0469	2.0475		2.0468	2.0473		2.0466	2.0474	
55	2.1654	2.1649	2.1649	2.1661		2.1651	2.1657		2.1650	2.1655		2.1648	2.1656	
62	2.4409	2.4404	2.4404	2.4416	12 L 5 T	2.4406	2.4412	3 T 8 L	2.4405	2.4410	6 L 4 T	2.4403	2.4411	7 L 6 T
68	2.6772	2.6767	2.6767	2.6779		2.6769	2.6775		2.6768	2.6773		2.6766	2.6774	
72	2.8346	2.8341	2.8341	2.8353		2.8343	2.8349		2.8342	2.8347		2.8340	2.8348	
75	2.9527	2.9522	2.9522	2.9534		2.9524	2.9530		2.9523	2.9528		2.9521	2.9529	
80	3.1496	3.1491	3.1491	3.1503	15 L 5 T	3.1493	3.1499	3 T 9 L	3.1492	3.1497	7 L 5 T	3.1490	3.1498	8 L 7 T
85	3.3465	3.3459	3.3460	3.3474		3.3462	3.3468		3.3460	3.3466		3.3458	3.3467	
90	3.5433	3.5427	3.5428	3.5442		3.5430	3.5436		3.5428	3.5434		3.5426	3.5435	
95	3.7402	3.7396	3.7397	3.7411		3.7399	3.7405		3.7397	3.7403		3.7395	3.7404	
100	3.9370	3.9364	3.9365	3.9379	17 L 6 T	3.9367	3.9373	4 T 11 L	3.9365	3.9371	8 L 6 T	3.9363	3.9372	9 L 8 T
110	4.3307	4.3301	4.3302	4.3316		4.3304	4.3310		4.3302	4.3308		4.3300	4.3309	
115	4.5276	4.5270	4.5271	4.5285		4.5273	4.5279		4.5271	4.5277		4.5269	4.5278	
120	4.7244	4.7238	4.7239	4.7253		4.7241	4.7247		4.7239	4.7245		4.7237	4.7246	
125	4.9213	4.9206	4.9207	4.9223	19 L 6 T	4.9209	4.9217	4 T 11 L	4.9207	4.9214	8 L 6 T	4.9205	4.9215	9 L 8 T
130	5.1181	5.1174	5.1175	5.1191		5.1177	5.1185		5.1175	5.1182		5.1173	5.1183	
140	5.5118	5.5111	5.5112	5.5128		5.5114	5.5122		5.5112	5.5119		5.5110	5.5120	
145	5.7087	5.7080	5.7081	5.7097		5.7083	5.7091		5.7081	5.7088		5.7079	5.7089	
150	5.9055	5.9048	5.9049	5.9065	20 L 6 T	5.9051	5.9059	4 T 13 L	5.9049	5.9056	11 L 6 T	5.9047	5.9057	12 L 8 T
160	6.2992	6.2982	6.2986	6.3002		6.2988	6.2995		6.2986	6.2993		6.2984	6.2994	
165	6.4961	6.4951	6.4955	6.4971		6.4957	6.4964		6.4955	6.4962		6.4953	6.4963	
170	6.6929	6.6919	6.6923	6.6939		6.6925	6.6932		6.6923	6.6930		6.6921	6.6931	
180	7.0866	7.0856	7.0860	7.0876	24 L 6 T	7.0862	7.0869	4 T 16 L	7.0860	7.0867	13 L 7 T	7.0858	7.0868	14 L 9 T
190	7.4803	7.4791	7.4797	7.4815		7.4799	7.4807		7.4796	7.4804		7.4794	7.4805	
200	7.8740	7.8728	7.8734	7.8752		7.8736	7.8744		7.8733	7.8741		7.8731	7.8742	
210	8.2677	8.2665	8.2671	8.2689		8.2673	8.2681		8.2670	8.2678		8.2668	8.2679	
215	8.4646	8.4634	8.4640	8.4658	26 L 6 T	8.4642	8.4650	4 T 16 L	8.4639	8.4647	13 L 7 T	8.4637	8.4648	14 L 9 T
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6626		8.6610	8.6618		8.6607	8.6615		8.6605	8.6616	
225	8.8583	8.8571	8.8577	8.8595		8.8579	8.8587		8.8576	8.8584		8.8574	8.8585	
230	9.0551	9.0539	9.0545	9.0563		9.0547	9.0555		9.0544	9.0552		9.0542	9.0553	
240	9.4488	9.4476	9.4482	9.4500	250	9.4484	9.4492		9.4481	9.4489		9.4479	9.4490	
250	9.8425	9.8413	9.8419	9.8437		9.8421	9.8429		9.8418	9.8426		9.8416	9.8427	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-4

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiaru calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji		J55		K5		K6		Pasowanie ¹⁾
	maks.	min.	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	
mm	cale		cale		–	cale		–	cale		–
260	10.2362	10.2348	10.2356	10.2376		10.2357	10.2366		10.2354	10.2363	
270	10.6299	10.6285	10.6293	10.6313		10.6294	10.6303		10.6291	10.6300	
280	11.0236	11.0222	11.0230	11.0250	28 L	11.0231	11.0240	5 T	11.0228	11.0237	
290	11.4173	11.4159	11.4167	11.4187	6 T	11.4168	11.4177	18 L	11.4165	11.4174	
300	11.8110	11.8096	11.8104	11.8124		11.8105	11.8114		11.8102	11.8111	
310	12.2047	12.2033	12.2041	12.2061		12.2042	12.2051		12.2039	12.2048	
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5999		12.5979	12.5989		12.5975	12.5985	
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3873		13.3853	13.3863		13.3849	13.3859	
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1747	31 L	14.1727	14.1737	5 T	14.1723	14.1733	
370	14.5669	14.5654	14.5662	14.5685	7 T	14.5664	14.5675	21 L	14.5660	14.5670	
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9621		14.9601	14.9611		14.9597	14.9607	
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7495		15.7475	15.7485		15.7471	15.7481	
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5371		16.5349	16.5359		16.5344	16.5355	
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3245	35 L	17.3223	17.3233	5 T	17.3218	17.3229	
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1119	8 T	18.1097	18.1107	23 L	18.1092	18.1103	
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8993		18.8971	18.8981		18.8966	18.8977	
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6867		19.6845	19.6855		19.6840	19.6851	
520	20.4724	20.4704	20.4715	20.4743		–	–		–	–	
540	21.2598	21.2578	21.2589	21.2617		–	–		–	–	
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0491	39 L	–	–	–	–	–	
580	22.8346	22.8326	22.8337	22.8365	9 T	–	–	–	–	–	
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6239		–	–		–	–	
620	24.4094	24.4074	24.4085	24.4113		–	–		–	–	
650	25.5906	25.5876	25.5897	25.5928		–	–		–	–	
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3802		–	–		–	–	
680	26.7717	26.7687	26.7708	26.7739		–	–		–	–	
700	27.5591	27.5561	27.5582	27.5613		–	–		–	–	
720	28.3465	28.3435	28.3456	28.3487	52 L	–	–	–	–	–	
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5298	9 T	–	–	–	–	–	
760	29.9213	29.9183	29.9204	29.9235		–	–		–	–	
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7109		–	–		–	–	
790	31.1024	31.0994	31.1015	31.1046		–	–		–	–	
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4974		–	–		–	–	
820	32.2835	32.2796	32.2825	32.2860		–	–		–	–	
830	32.6772	32.6733	32.6762	32.6797		–	–		–	–	
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4671		–	–		–	–	
870	34.2520	34.2481	34.2510	34.2545	64 L	–	–	–	–	–	
920	36.2205	36.2166	36.2195	36.2230	10 T	–	–	–	–	–	
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.4041		–	–		–	–	
980	38.5827	38.5788	38.5817	38.5852		–	–		–	–	
1000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–	
1150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji K7		M5		M6		M7		Pasowanie ¹⁾			
	maks.	min.	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾
mm	cale		cale		—	cale		—	cale		—	cale		—
16	0.6299	0.6296	0.6294	0.6301	5 L 5 T	0.6294	0.6298	2 L 5 T	0.6293	0.6297	1 L 6 T	0.6292	0.6299	3 L 7 T
19	0.7480	0.7476	0.7474	0.7482		0.7474	0.7478		0.7473	0.7478		0.7472	0.7480	
22	0.8661	0.8657	0.8655	0.8663		0.8655	0.8659		0.8654	0.8659		0.8653	0.8661	
24	0.9449	0.9445	0.9443	0.9451	6 L	0.9443	0.9447	2 L	0.9442	0.9447	2 L	0.9441	0.9449	4 L
26	1.0236	1.0232	1.0230	1.0238	6 T	1.0230	1.0234	6 T	1.0229	1.0234	7 T	1.0228	1.0236	8 T
28	1.1024	1.1020	1.1018	1.1026		1.1018	1.1022		1.1017	1.1022		1.1016	1.1024	
30	1.1811	1.1807	1.1805	1.1813		1.1805	1.1809		1.1804	1.1809		1.1803	1.1811	
32	1.2598	1.2594	1.2591	1.2601		1.2592	1.2596		1.2590	1.2596		1.2588	1.2598	
35	1.3780	1.3776	1.3773	1.3783		1.3774	1.3778		1.3772	1.3778		1.3770	1.3780	
37	1.4567	1.4563	1.4560	1.4570	7 L	1.4561	1.4565	2 L	1.4559	1.4565	2 L	1.4557	1.4567	4 L
40	1.5748	1.5744	1.5741	1.5751	7 T	1.5742	1.5746	6 T	1.5740	1.5746	8 T	1.5738	1.5748	10 T
42	1.6535	1.6531	1.6528	1.6538		1.6529	1.6533		1.6527	1.6533		1.6525	1.6535	
47	1.8504	1.8500	1.8497	1.8507		1.8498	1.8502		1.8496	1.8502		1.8494	1.8504	
52	2.0472	2.0467	2.0464	2.0476		2.0465	2.0470		2.0463	2.0470		2.0460	2.0472	
55	2.1654	2.1649	2.1646	2.1658		2.1647	2.1652		2.1645	2.1652		2.1642	2.1654	
62	2.4409	2.4404	2.4401	2.4413		2.4402	2.4407		2.4400	2.4407		2.4397	2.4409	
68	2.6772	2.6767	2.6764	2.6776	9 L	2.6765	2.6770	3 L	2.6763	2.6770	3 L	2.6760	2.6772	5 L
72	2.8346	2.8341	2.8338	2.8350	8 T	2.8339	2.8344	7 T	2.8337	2.8344	3 T	2.8334	2.8346	12 T
75	2.9527	2.9522	2.9519	2.9531		2.9520	2.9525		2.9518	2.9525		2.9516	2.9528	
80	3.1496	3.1491	3.1488	3.1500		3.1489	3.1494		3.1487	3.1494		3.1484	3.1496	
85	3.3465	3.3459	3.3455	3.3469		3.3456	3.3462		3.3454	3.3463		3.3451	3.3465	
90	3.5433	3.5427	3.5423	3.5437		3.5424	3.5430		3.5422	3.5431		3.5419	3.5433	
95	3.7402	3.7396	3.7392	3.7406		3.7393	3.7399	3 L	3.7391	3.7400	4 L	3.7388	3.7402	6 L
100	3.9370	3.9364	3.9360	3.9374	10 L	3.9361	3.9367	9 T	3.9359	3.9368	11 T	3.9356	3.9370	14 T
110	4.3307	4.3301	4.3297	4.3311	10 T	4.3298	4.3304		4.3296	4.3305		4.3293	4.3307	
115	4.5276	4.5270	4.5266	4.5280		4.5267	4.5273		4.5265	4.5274		4.5262	4.5276	
120	4.7244	4.7238	4.7234	4.7248		4.7235	4.7241		4.7233	4.7242		4.7230	4.7244	
125	4.9213	4.9206	4.9202	4.9218		4.9202	4.9210		4.9200	4.9210		4.9197	4.9213	
130	5.1181	5.1174	5.1170	5.1186	12 L	5.1170	5.1178	4 L	5.1168	5.1178	4 L	5.1165	5.1181	7 L
140	5.5118	5.5111	5.5107	5.5123	11 T	5.5107	5.5115	11 T	5.5105	5.5115	13 T	5.5102	5.5118	16 T
145	5.7087	5.7080	5.7076	5.7092		5.7076	5.7084		5.7074	5.7084		5.7071	5.7087	
150	5.9055	5.9048	5.9044	5.9060		5.9044	5.9052		5.9042	5.9052		5.9039	5.9055	
160	6.2992	6.2982	6.2981	6.2997		6.2981	6.2988		6.2979	6.2989		6.2976	6.2992	
165	6.4961	6.4951	6.4950	6.4966	15 L	6.4950	6.4957	6 L	6.4948	6.4958	7 L	6.4945	6.4961	10 L
170	6.6929	6.6919	6.6918	6.6934	11 T	6.6918	6.6925	11 T	6.6916	6.6926	13 T	6.6913	6.6929	16 T
180	7.0866	7.0856	7.0855	7.0871		7.0855	7.0862		7.0853	7.0863		7.0850	7.0866	
190	7.4803	7.4791	7.4790	7.4808		7.4791	7.4798		7.4788	7.4800		7.4785	7.4803	
200	7.8740	7.8728	7.8727	7.8745		7.8728	7.8735		7.8725	7.8737		7.8722	7.8740	
210	8.2677	8.2665	8.2664	8.2682		8.2665	8.2672		8.2662	8.2674		8.2659	8.2677	
215	8.4646	8.4634	8.4633	8.4651		8.4634	8.4641	7 L	8.4631	8.4643	9 L	8.4628	8.4646	12 L
220	8.6614	8.6602	8.6601	8.6619	13 T	8.6602	8.6609	12 T	8.6599	8.6611	15 T	8.6596	8.6614	18 T
225	8.8583	8.8571	8.8570	8.8588		8.8571	8.8578		8.8568	8.8580		8.8565	8.8583	
230	9.0551	9.0539	9.0538	9.0556		9.0539	9.0546		9.0536	9.0548		9.0533	9.0551	
240	9.4488	9.4476	9.4475	9.4493		9.4476	9.4483		9.4473	9.4485		9.4470	9.4488	
250	9.8425	9.8413	9.8412	9.8430		9.8413	9.8420		9.8410	9.8422		9.8407	9.8425	

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Dodatek B-4

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D	Uzyskiwane pasowania		Pola tolerancji		M5		M6		M7		Pasowanie ¹⁾
	maks.	min.	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾	Otwór oprawy maks.	min.	Paso- wanie ¹⁾
mm	cale		cale		–	cale		–	cale		–
260	10.2362	10.2348	10.2348	10.2368		10.2348	10.2357		10.2346	10.2364	
270	10.6299	10.6285	10.6285	10.6305		10.6285	10.6294		10.6283	10.6301	
280	11.0236	11.0222	11.0222	11.0242	20 L	11.0222	11.0231	9 L	11.0220	11.0238	
290	11.4173	11.4159	11.4159	11.4179	14 T	11.4159	11.4168	14 T	11.4157	11.4175	10 L
300	11.8110	11.8096	11.8096	11.8116		11.8096	11.8105		11.8094	11.8112	16 T
310	12.2047	12.2033	12.2033	12.2053		12.2033	12.2042		12.2031	12.2049	
320	12.5984	12.5968	12.5968	12.5991		12.5969	12.5978		12.5966	12.5986	
340	13.3858	13.3842	13.3842	13.3865		13.3843	13.3852		13.3840	13.3860	
360	14.1732	14.1716	14.1716	14.1739	23 L	14.1717	14.1726	10 L	14.1714	14.1734	12 L
370	14.5669	14.5654	14.5653	14.5677	16 T	14.5654	14.5664	15 T	14.5651	14.5672	18 T
380	14.9606	14.9590	14.9590	14.9613		14.9591	14.9600		14.9588	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7464	15.7487		15.7465	15.7474		15.7462	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5336	16.5361		16.5337	16.5347		16.5334	16.5356	
440	17.3228	17.3210	17.3210	17.3235	25 L	17.3211	17.3221	11 L	17.3208	17.3230	
460	18.1102	18.1084	18.1084	18.1109	18 T	18.1085	18.1095	17 T	18.1082	18.1104	14 L
480	18.8976	18.8958	18.8958	18.8983		18.8959	18.8969		18.8956	18.8978	20 T
500	19.6850	19.6832	19.6832	19.6857		19.6833	19.6843		19.6830	19.6852	
520	20.4724	20.4704	20.4696	20.4724		–	–		20.4696	20.4714	
540	21.2598	21.2578	21.2570	21.2598		–	–		21.2570	21.2588	
560	22.0472	22.0452	22.0444	22.0472	20 L	–	–	–	22.0444	22.0462	10 L
580	22.8346	22.8326	22.8318	22.8346	28 T	–	–	–	22.8318	22.8336	28 T
600	23.6220	23.6200	23.6192	23.6220		–	–		23.6192	23.6210	
620	24.4094	24.4074	24.4066	24.4094		–	–		24.4066	24.4084	
650	25.5906	25.5876	25.5875	25.5906		–	–		25.5875	25.5894	
670	26.3780	26.3750	26.3749	26.3780		–	–		26.3749	26.3768	
680	26.7717	26.7687	26.7686	26.7717		–	–		26.7686	26.7705	
700	27.5591	27.5561	27.5560	27.5591		–	–		27.5560	27.5579	
720	28.3465	28.3435	28.3434	28.3465	30 L	–	–	–	28.3434	28.3453	18 L
750	29.5276	29.5246	29.5245	29.5276	31 T	–	–	–	29.5245	29.5264	31 T
760	29.9213	29.9183	29.9182	29.9213		–	–		29.9182	29.9201	
780	30.7087	30.7057	30.7056	30.7087		–	–		30.7056	30.7075	
790	31.1024	31.0994	31.0993	31.1024		–	–		31.0993	31.1012	
800	31.4961	31.4931	31.4930	31.4952		–	–		31.4930	31.4940	
820	32.2835	32.2796	32.2800	32.2835		–	–		32.2800	32.2822	
830	32.6772	32.6733	32.6737	32.6772		–	–		32.6737	32.6759	
850	33.4646	33.4607	33.4611	33.4646		–	–		33.4611	33.4633	
870	34.2520	34.2481	34.2485	34.2520	39 L	–	–	–	34.2485	34.2507	26 L
920	36.2205	36.2166	36.2170	36.2205	35 T	–	–	–	36.2170	36.2192	35 T
950	37.4016	37.3977	37.3981	37.4016		–	–		37.3981	37.4003	
980	38.5827	38.5788	38.5792	38.5827		–	–		38.5792	38.5814	
1000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–	
1150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	45.2699	45.2740
1250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	49.2069	49.2110
1400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	55.1113	55.1162
1600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	62.9853	62.9902

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luźne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Tolerancje otworu oprawy i uzyskiwane pasowania (wymiary calowe)

Średnica zewnętrzna łożyska D			Uzyskiwane pasowania														
			Pola tolerancji N6														
			Otwór oprawy		N7				P6				P7				
			maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		maks. min.		
mm			cale		cale		cale		cale		cale		cale		cale		
					-				-				-				
16	0.6299	0.6296	0.6291	0.6295	1 T 8 T	0.6290	0.6297	1 L 9 T	0.6289	0.6293	3 T 10 T	0.6288	0.6295	1 T 11 T			
19	0.7480	0.7476	0.7471	0.7476		0.7469	0.7477		0.7468	0.7473		0.7466	0.7474				
22	0.8661	0.8657	0.8652	0.8657		0.8650	0.8658		0.8649	0.8654		0.8647	0.8655				
24	0.9449	0.9445	0.9440	0.9445	0 T	0.9438	0.9446	1 L	0.9437	0.9442	3 T	0.9435	0.9443	2 T			
26	1.0236	1.0232	1.0227	1.0232	9 T	1.0225	1.0233	11 T	1.0224	1.0229	12 T	1.0222	1.0230	14 T			
28	1.1024	1.1020	1.1015	1.1020		1.1013	1.1021		1.1012	1.1017		1.1010	1.1018				
30	1.1811	1.1807	1.1802	1.1807		1.1800	1.1808		1.1799	1.1804		1.1797	1.1805				
32	1.2598	1.2594	1.2587	1.2593		1.2585	1.2595		1.2583	1.2590		1.2581	1.2591				
35	1.3780	1.3776	1.3769	1.3775		1.3767	1.3777		1.3765	1.3772		1.3763	1.3773				
37	1.4567	1.4563	1.4556	1.4562	1 T	1.4554	1.4564	1 L	1.4552	1.4559	4 T	1.4550	1.4560	3 T			
40	1.5748	1.5744	1.5737	1.5743	11 T	1.5735	1.5745	13 T	1.5733	1.5740	15 T	1.5731	1.5741	17 T			
42	1.6535	1.6531	1.6524	1.6530		1.6522	1.6532		1.6520	1.6527		1.6518	1.6528				
47	1.8504	1.8500	1.8493	1.8499		1.8491	1.8501		1.8489	1.8496		1.8487	1.8497				
52	2.0472	2.0467	2.0459	2.0466		2.0457	2.0468		2.0454	2.0462		2.0452	2.0464				
55	2.1654	2.1649	2.1641	2.1648		2.1639	2.1650		2.1636	2.1644		2.1634	2.1646				
62	2.4409	2.4404	2.4396	2.4403		2.4394	2.4405		2.4391	2.4399	5 T	2.4389	2.4401	3 T			
68	2.6772	2.6767	2.6759	2.6766	1 T 13 T	2.6760	2.6770	1 L 15 T	2.6750	2.6760	18 T	2.6752	2.6763	20 T			
72	2.8346	2.8341	2.8333	2.8340		2.8331	2.8342		2.8328	2.8336		2.8326	2.8338				
75	2.9527	2.9522	2.9515	2.9522		2.9510	2.9520		2.9510	2.9520		2.9507	2.9519				
80	3.1496	3.1491	3.1483	3.1490		3.1481	3.1492		3.1478	3.1486		3.1476	3.1488				
85	3.3465	3.3459	3.3450	3.3459		3.3447	3.3461		3.3445	3.3453		3.3442	3.3456				
90	3.5433	3.5427	3.5418	3.5427		3.5415	3.5429		3.5413	3.5421		3.5410	3.5424				
95	3.7402	3.7396	3.7387	3.7396		3.7380	3.7400		3.7380	3.7390	6 T	3.7378	3.7392	3 T			
100	3.9370	3.9364	3.9355	3.9364	0 T 15 T	3.9352	3.9366	2 L 18 T	3.9350	3.9358	20 T	3.9347	3.9361	23 T			
110	4.3307	4.3301	4.3292	4.3301		4.3289	4.3303		4.3287	4.3295		4.3284	4.3298				
115	4.5276	4.5270	4.5261	4.5270		4.5258	4.5272		4.5256	4.5264		4.5253	4.5267				
120	4.7244	4.7238	4.7229	4.7238		4.7226	4.7240		4.7224	4.7232		4.7221	4.7235				
125	4.9213	4.9206	4.9195	4.9205		4.9193	4.9208		4.9189	4.9199		4.9186	4.9202				
130	5.1181	5.1174	5.1163	5.1173	1 T 18 T	5.1161	5.1176	2 L 20 T	5.1157	5.1167	7 T	5.1154	5.1170	4 T 27 T			
140	5.5118	5.5111	5.5100	5.5110		5.5098	5.5113		5.5094	5.5104		5.5091	5.5107				
145	5.7087	5.7080	5.7069	5.7079		5.7067	5.7082		5.7063	5.7073		5.7060	5.7076				
150	5.9055	5.9048	5.9037	5.9047		5.9035	5.9050		5.9031	5.9041		5.9028	5.9044				
160	6.2992	6.2982	6.2974	6.2984		6.2972	6.2987		6.2968	6.2978		6.2965	6.2981				
165	6.4961	6.4951	6.4943	6.4953	2 L 18 T	6.4940	6.4960	5 L 20 T	6.4940	6.4950	4 T 24 T	6.4934	6.4950	1 T 27 T			
170	6.6929	6.6919	6.6911	6.6921		6.6909	6.6924		6.6905	6.6915		6.6902	6.6918				
180	7.0866	7.0856	7.0848	7.0858		7.0846	7.0861		7.0842	7.0852		7.0839	7.0855				
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4794		7.4779	7.4797		7.4775	7.4787		7.4772	7.4790				
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8731		7.8716	7.8734		7.8712	7.8724		7.8709	7.8727				
210	8.2677	8.2665	8.2657	8.2668		8.2653	8.2671		8.2649	8.2661		8.2646	8.2664				
215	8.4646	8.4634	8.4626	8.4637		8.4622	8.4640		8.4618	8.4630		8.4615	8.4633				
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6606	3 L 20 T	8.6590	8.6610	6 L 24 T	8.6590	8.6600	4 T 28 T	8.6583	8.6601	1 T 31 T			
225	8.8583	8.8571	8.8563	8.8574		8.8559	8.8577		8.8555	8.8567		8.8552	8.8570				
230	9.0551	9.0539	9.0531	9.0543		9.0530	9.0550		9.0520	9.0540		9.0520	9.0538				
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4479		9.4464	9.4482		9.4460	9.4472		9.4457	9.4475				
250	9.8425	9.8413	9.8405	9.8416		9.8401	9.8419		9.8397	9.8409		9.8394	9.8412				

¹⁾ Uzyskiwane pasowanie w 0,0001 cala. L oznacza luz (pasowanie luzne), T oznacza wcisk (pasowanie ciasne).

Zmodyfikowane odchyłki średnicy wału do stosowania do łożysk o wymiarach calowych

Średnica nominalna **Zmodyfikowane odchyłki dla uzyskania pasowań luźnych/ciasnych jak przy zastosowaniu pół tolerancji:**

Gniazdo na wale Otwór łożyska ponad do (wł.)		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
		górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna
mm		μm											
10	18	+2	-4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+14	+7	+17	+14
18	30	+3	-7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+17	+6	+21	+15
30	50	+3	-12	+12	-3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	76,2	+5	-16	+15	-6	+21	+6	+27	+6	+25	+3	+30	+15
76,2	80	+5	-4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+25	+15	+30	+27
80	120	+8	-9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	180	+11	-14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+38	+12	+46	+28
180	250	+15	-19	+30	-4	+37	+12	+46	+12	+45	+10	+54	+29
250	304,8	+18	-24	+35	-7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	315	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	400	+22	-3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	500	+25	-9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	609,6	+28	-15	+50	+7	-	-	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	630	+28	+10	+50	+32	-	-	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	800	+51	+2	+75	+26	-	-	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	914,4	+74	-6	+100	+20	-	-	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	1000	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1000	1219,2	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Średnica nominalna **Zmodyfikowane odchyłki dla uzyskania pasowań luźnych/ciasnych jak przy zastosowaniu pół tolerancji:**

Gniazdo na wale Otwór łożyska ponad do (wł.)		k6		m5		m6		n6		p6	
		górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna	górna	dolna
mm		μm									
10	18	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
18	30	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
30	50	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
50	76,2	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
76,2	80	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
80	120	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
120	180	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
180	250	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
250	304,8	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
304,8	315	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
315	400	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
400	500	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
500	609,6	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
609,6	630	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
630	800	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
800	914,4	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
914,4	1000	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1000	1219,2	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

Zmodyfikowane odchyłki średnicy otworu oprawy do stosowania do łożysk o wymiarach calowych

Średnica nominalna Gniazdo w oprawie Średnica zewnętrzna łożyska ponad do (wł.)		Zmodyfikowane odchyłki dla uzyskania pasowań luźnych/ciasnych jak przy zastosowaniu pół tolerancji:									
		H7		J7		J6		K6		K7	
		górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną
mm		μm									
30	50	+36	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	80	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	120	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	150	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	-3
150	180	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	-3
180	250	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	-8
250	304,8	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	-2	+51	-11
304,8	315	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	400	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	500	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	609,6	+120	+51	-	-	-	-	+50	+7	+50	-19
609,6	630	+120	+76	-	-	-	-	+50	+32	+50	+6
630	800	+155	+76	-	-	-	-	+75	+26	+75	-4
800	914,4	+190	+76	-	-	-	-	+100	+20	+100	-14
914,4	1000	+190	+102	-	-	-	-	+100	+46	+100	+12
1000	1219,2	+230	+102	-	-	-	-	+125	+36	+125	-3
1219,2	1250	+230	+127	-	-	-	-	+125	+61	+125	+22
1250	1600	+285	+127	-	-	-	-	+160	+49	+160	+2

Średnica nominalna Gniazdo w oprawie Średnica zewnętrzna łożyska ponad do (wł.)		Zmodyfikowane odchyłki dla uzyskania pasowań luźnych/ciasnych jak przy zastosowaniu pół tolerancji:							
		M6		M7		N7		P7	
		górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną
mm		μm							
30	50	+7	+5	+11	0	+3	-8	-6	-17
50	80	+8	+1	+13	-5	+4	-14	-8	-26
80	120	+9	-3	+15	-10	+5	-20	-9	-34
120	150	+10	-8	+18	-15	+6	-27	-10	-43
150	180	+17	-8	+25	-15	+13	-27	-3	-43
180	250	+22	-12	+30	-21	+16	-35	-3	-54
250	304,8	+26	-16	+35	-27	+21	-41	-1	-63
304,8	315	+26	+10	+35	-1	+21	-15	-1	-37
315	400	+30	+5	+40	-6	+24	-22	-1	-47
400	500	+35	+1	+45	-12	+28	-29	0	-57
500	609,6	+24	-19	+24	-45	+6	-63	-28	-97
609,6	630	+24	+6	+24	-20	+6	-38	-28	-72
630	800	+45	-4	+45	-34	+25	-54	-13	-92
800	914,4	+66	-14	+66	-48	+44	-70	0	-114
914,4	1000	+66	+12	+66	-22	+44	-44	0	-88
1000	1219,2	+85	-4	+85	-43	+59	-69	+5	-123
1219,2	1250	+85	+21	+85	-18	+59	-44	+5	-98
1250	1600	+112	+1	+112	-46	+82	-76	+20	-138

Tolerancje średnicy i kształtu wału dla łożysk montowanych na tulejach

Średnica wału		Tolerancje średnicy i kształtu		
Nominalna	do (wł.)	Pole tolerancji		Klasa tolerancji
		h9	IT5 ¹⁾	
		Odchyłki		
		górna	dolna	maks.
mm		μm		
10	18	0	-43	8
18	30	0	-52	9
30	50	0	-62	11
50	80	0	-74	13
80	120	0	-87	15
120	180	0	-100	18
180	250	0	-115	20
250	315	0	-130	23
315	400	0	-140	25
400	500	0	-155	27
500	630	0	-175	32
630	800	0	-200	36
800	1 000	0	-230	40
1 000	1 250	0	-260	47

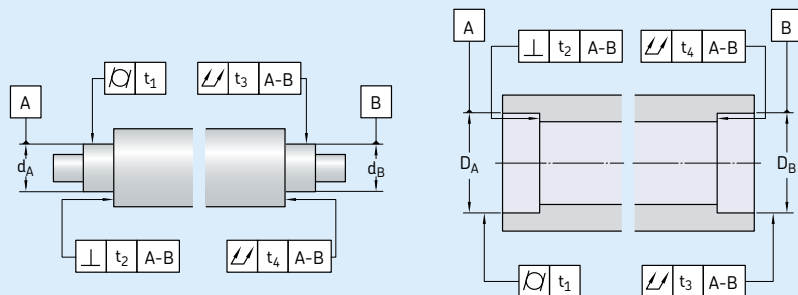
¹⁾ Zalecana klasa tolerancji walcowości wynosi IT5/2 lub IT7/2, ale ze względu na fakt, że pole tolerancji walcowości jest związane z promieniem, wartości podane w tabeli nie zostały podzielone przez dwa, gdyż odnoszą się do średnicy

Dodatek C

Klasy tolerancji ISO

Wymiar nominalny		Klasy tolerancji											
ponad	do (wł.)	IT1 maks.	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
mm		μm											
1	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
500	630	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
630	800	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
800	1000	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
1000	1250	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
1250	1600	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
1600	2000	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1500
2000	2500	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1100	1750

Dokładność kształtu i położenia gniazd łożyskowych



Powierzchnia Charakterystyka	Symbol tolerancji	pole tolerancji	Dopuszczalne odchyłki Klasa dokładności łożyska ¹⁾		
			Normalna, CLN	P6	P5

Gniazdo walcowe

Walcowość		t ₁	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Bicie promieniowe całkowite		t ₃	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Płaski występ oporowy						
Prostopadłość		t ₂	IT5	IT4	IT3	IT2
Bicie osiowe całkowite		t ₄	IT5	IT4	IT3	IT2

Objaśnienie

Dla normalnych wymagań
Dla specjalnych wymagań w zakresie dokładności obrotu lub równomiernego podparcia

¹⁾ W przypadku łożysk precyzyjnych (klasa dokładności P4 lub wyższa) skorzystaj z *Interaktywnego Katalogu Technicznego SKF* dostępnego w trybie online na stronie www.skf.com.

Dodatek D-2

Chropowatość powierzchni gniazd łożyskowych

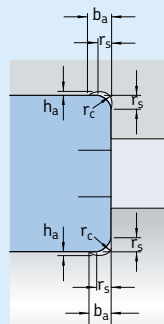
Średnica gniazda d (D) ¹⁾		Zalecane wartości R_a dla gniazd szlifowanych		
ponad	do (wł.)	Klasa tolerancji średnicy		
		IT7	IT6	IT5
mm		μm		
–	80	1,6	0,8	0,4
80	500	1,6	1,6	0,8
500	1 250	3,2 ²⁾	1,6	1,6

¹⁾ W przypadku średnic > 1 250 mm skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Przy montażu łożysk metodą wtrysku olejowego chropowatość powierzchni R_a nie powinna przekraczać 1,6 μm .

Dodatek D-3

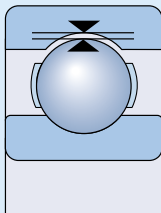
Wymiary zaokrągleń przejścia



Wymiar sfazowania łożyska

r_s	b_a	h_a	r_c
mm	mm		
1	2	0,2	1,3
1,1	2,4	0,3	1,5
1,5	3,2	0,4	2
2	4	0,5	2,5
2,1	4	0,5	2,5
3	4,7	0,5	3
4	5,9	0,5	4
5	7,4	0,6	5
6	8,6	0,6	6
7,5	10	0,6	7
9,5	12	0,6	9

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulkowych zwykłych

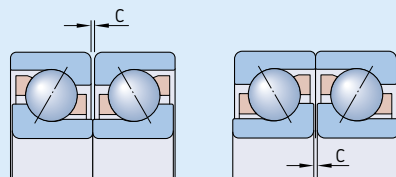


Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2				C3		C4		C5	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm									
2,5	6 ¹⁾	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	10 ¹⁾	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	520
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	700
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	1 000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	1 120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	1 250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260
1 250	1 400	30	200	190	440	420	700	680	1 000	–	–
1 400	1 600	30	210	210	470	450	750	730	1 060	–	–

¹⁾ Wartości luzu nie obowiązują dla łożysk kulkowych zwykłych ze stali nierdzewnej o średnicy otworu d < 10 mm.

Dodatek E-2

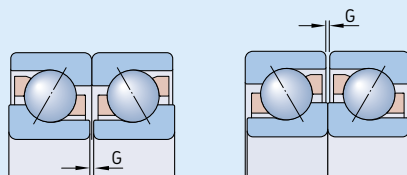
Luz wewnętrzny osiowy łożysk kulkowych skośnych
jedorzędowych do uniwersalnej zabudowy w zespole
w układzie O (rozbieżnym) lub X (zbieżnym)



Średnica otworu d		Luz wewnętrzny osiowy		Klasa CA		CB		CC	
ponad do (wł.)		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		m							
10	18	5	13	15	23	24	32		
18	30	7	15	18	26	32	40		
30	50	9	17	22	30	40	48		
50	80	11	23	26	38	48	60		
80	120	14	26	32	44	55	67		
120	180	17	29	35	47	62	74		
180	250	21	37	45	61	74	90		

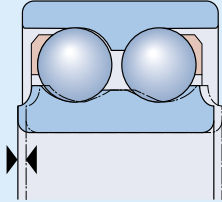
Dodatek E-3

Napięcie wstępne łożysk kulkowych skośnych jedorzędowych do uniwersalnej zabudowy w zespole w układzie O (rozbieżnym) lub X (zbieżnym)



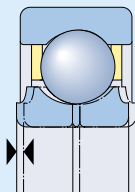
Średnica otworu d		Napięcie wstępne			GB		GC		GD		GE	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		m			N		m		m		N	
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1280
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1500	-12	-24	1080	3050
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1600	-12	-24	1150	3250
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2150	-12	-24	1500	4300
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3700	-16	-32	2650	7500

Luz wewnętrzny osiowy łożysk kulkowych skośnych dwurzędowych



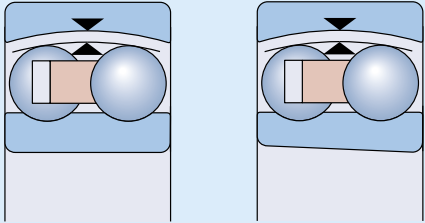
Średnica otworu d		Luz wewnętrzny osiowy dla łożysk serii						33 D		33 DNRCBM	
ponad	do (wł.)	32 A i 33 A C2		Normalny		C3					
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm						μm		μm	
–	10	1	11	5	21	12	28	–	–	–	–
10	18	1	12	6	23	13	31	–	–	–	–
18	24	2	14	7	25	16	34	–	–	–	–
24	30	2	15	8	27	18	37	–	–	–	–
30	40	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
40	50	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
50	65	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
65	80	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
80	100	3	26	18	46	35	63	55	83	–	–
100	110	4	30	22	53	42	73	65	96	–	–

Luz wewnętrzny osiowy łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych dwukierunkowych



Średnica otworu d		Luz wewnętrzny osiowy C2		Normalny		C3		C4	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		m							
10	17	15	55	45	85	75	125	115	165
17	40	26	66	56	106	96	146	136	186
40	60	36	86	76	126	116	166	156	206
60	80	46	96	86	136	126	176	166	226
80	100	56	106	96	156	136	196	186	246
100	140	66	126	116	176	156	216	206	266
140	180	76	156	136	196	176	246	226	296
180	220	96	176	156	226	206	276	256	326

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulkowych wahlowych

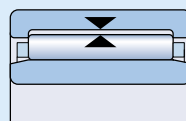
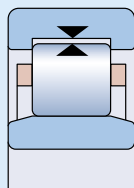


Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2 Normalny				C3		C4	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		µm							
Łożyska z otworem walcowym									
2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161
160	180	15	50	40	92	82	138	126	185
180	200	17	57	47	105	93	157	144	212
200	225	18	62	50	115	100	170	155	230
225	250	20	70	57	130	115	195	175	255

łożyska z otworem stożkowym

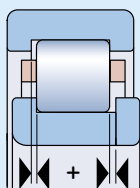
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk walcowych i łożysk igiełkowych



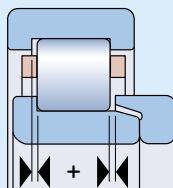
Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2				C3		C4		C5	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	690	810
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	780	900
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	865	1 005
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	975	1 135
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	1 095	1 265
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960	–	–
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060	–	–
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190	–	–
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310	–	–
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450	–	–
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660	–	–
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840	–	–

Luz wewnętrzny osiowy łożysk walcowych typu NUP



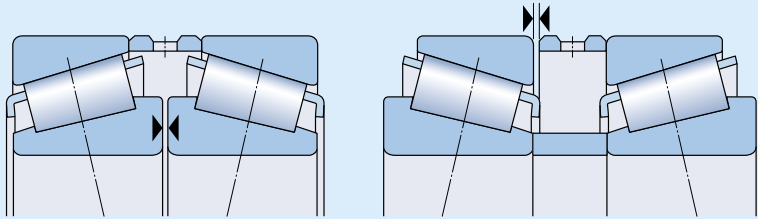
Łożysko Średnica otworu	Kod wielkości	Luz wewnętrzny osiowy łożysk serii				NUP 22 min. maks.		NUP 23 min. maks.	
		NUP 2		NUP 3					
		min.	maks.	min.	maks.				
mm	–	μm							
15	02	–	–	–	–	–	–	–	–
17	03	37	140	37	140	37	140	47	155
20	04	37	140	37	140	47	155	47	155
25	05	37	140	47	155	47	155	47	155
30	06	37	140	47	155	47	155	47	155
35	07	47	155	47	155	47	155	62	180
40	08	47	155	47	155	47	155	62	180
45	09	47	155	47	155	47	155	62	180
50	10	47	155	47	155	47	155	62	180
55	11	47	155	62	180	47	155	62	180
60	12	47	155	62	180	62	180	87	230
65	13	47	155	62	180	62	180	87	230
70	14	47	155	62	180	62	180	87	230
75	15	47	155	62	180	62	180	87	230
80	16	47	155	62	180	62	180	87	230
85	17	62	180	62	180	62	180	87	230
90	18	62	180	62	180	62	180	87	230
95	19	62	180	62	180	62	180	87	230
100	20	62	180	87	230	87	230	120	315
105	21	62	180	–	–	–	–	–	–
110	22	62	180	87	230	87	230	120	315
120	24	62	180	87	230	87	230	120	315
130	26	62	180	87	230	87	230	120	315
140	28	62	180	87	230	87	230	120	315
150	30	62	180	–	–	87	230	120	315
160	32	87	230	–	–	–	–	–	–
170	34	87	230	–	–	–	–	–	–
180	36	87	230	–	–	–	–	–	–
190	38	87	230	–	–	–	–	–	–
200	40	87	230	–	–	–	–	–	–
220	44	95	230	–	–	–	–	–	–
240	48	95	250	–	–	–	–	–	–
260	52	95	250	–	–	–	–	–	–

Luz wewnętrzny osiowy łożysk walcowych typu NJ + HJ



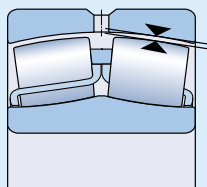
łożysko		Luz wewnętrzny osiowy łożysk serii				NJ 4+HJ 4		NJ 22+HJ 22		NJ 23+HJ 23	
Srednica otworu	Kod wielkości	NJ 2+HJ 2		NJ 3+HJ 3							
		min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm	–	μm									
15	02	42	165	42	165	–	–	–	–	–	–
17	03	42	165	42	165	–	–	42	165	52	183
20	04	42	165	42	165	–	–	52	185	52	183
25	05	42	165	52	185	–	–	52	185	52	183
30	06	42	165	52	185	60	200	52	185	52	183
35	07	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
40	08	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
45	09	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
50	10	52	185	52	185	80	235	52	185	72	215
55	11	52	185	72	215	80	235	52	185	72	215
60	12	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
65	13	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
70	14	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
75	15	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
80	16	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
85	17	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
90	18	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
95	19	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
100	20	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
105	21	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
110	22	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
120	24	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
130	26	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
140	28	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
150	30	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
160	32	102	275	102	275	–	–	140	375	140	375
170	34	102	275	–	–	–	–	140	375	–	–
180	36	102	275	–	–	–	–	140	375	–	–
190	38	102	275	–	–	–	–	–	–	–	–
200	40	102	275	–	–	–	–	–	–	–	–
220	44	110	290	–	–	–	–	–	–	–	–
240	48	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–
260	52	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–
280	56	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–

Luz wewnętrzny osiowy zespołu dopasowanych łożysk stożkowych jednorzędowych o wymiarach metrycznych



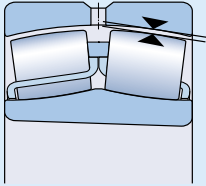
Średnica otworu d		Luz wewnętrzny osiowy zespołu dopasowanych łożysk serii											
		329		320		330		331, 302, 322, 332		303, 323		313	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		µm											
–	30	–	–	80	120	–	–	100	140	130	170	60	100
30	40	–	–	100	140	–	–	120	160	140	180	70	110
40	50	–	–	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	65	–	–	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	80	–	–	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	100	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	120	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	140	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	160	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	180	370	430	310	370	–	–	310	370	390	450	–	–
180	190	370	430	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
190	200	390	450	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
200	225	440	500	390	450	–	–	390	450	490	550	–	–
225	250	440	500	440	500	–	–	440	500	540	600	–	–
250	280	540	600	490	550	–	–	490	550	–	–	–	–
280	300	640	700	540	600	–	–	540	600	–	–	–	–
300	340	640	700	590	650	–	–	590	650	–	–	–	–

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk barytkowych z otworem walcowym



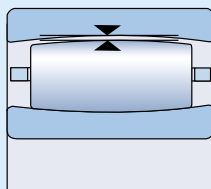
Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2				C3		C4		C5	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm									
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	185
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570
1000	1120	290	530	530	780	780	1020	1020	1330	1330	1720
1120	1250	320	580	580	860	860	1120	1120	1460	1460	1870
1250	1400	350	640	640	950	950	1240	1240	1620	1620	2060
1400	1600	400	720	720	1060	1060	1380	1380	1800	1800	2300
1600	1800	450	810	810	1180	1180	1550	1550	2000	2000	2550

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk barytkowych z otworem stożkowym



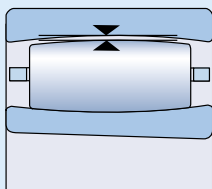
Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2				C3		C4		C5	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm									
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	900	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	1 000	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
1 000	1 120	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
1 120	1 250	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250
1 250	1 400	620	910	910	1 230	1 230	1 560	1 560	2 000	2 000	2 450
1 400	1 600	680	1 000	1 000	1 350	1 350	1 720	1 720	2 200	2 200	2 700
1 600	1 800	750	1 110	1 110	1 500	1 500	1 920	1 920	2 400	2 400	2 950

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk toroidalnych CARB z otworem walcowym



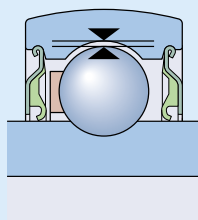
Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2				C3		C4		C5	
ponad	do (wt.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm									
18	24	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
24	30	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
30	40	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
40	50	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
50	65	30	55	50	80	75	105	100	140	135	175
65	80	40	70	65	100	95	125	120	165	160	210
80	100	50	85	80	120	120	160	155	210	205	260
100	120	60	100	100	145	140	190	185	245	240	310
120	140	75	120	115	170	165	215	215	280	280	350
140	160	85	140	135	195	195	250	250	325	320	400
160	180	95	155	150	220	215	280	280	365	360	450
180	200	105	175	170	240	235	310	305	395	390	495
200	225	115	190	185	265	260	340	335	435	430	545
225	250	125	205	200	285	280	370	365	480	475	605
250	280	135	225	220	310	305	410	405	520	515	655
280	315	150	240	235	330	330	435	430	570	570	715
315	355	160	260	255	360	360	485	480	620	620	790
355	400	175	280	280	395	395	530	525	675	675	850
400	450	190	310	305	435	435	580	575	745	745	930
450	500	205	335	335	475	475	635	630	815	810	1 015
500	560	220	360	360	520	510	690	680	890	890	1 110
560	630	240	400	390	570	560	760	750	980	970	1 220
630	710	260	440	430	620	610	840	830	1 080	1 070	1 340
710	800	300	500	490	680	680	920	920	1 200	1 200	1 480
800	900	320	540	530	760	750	1 020	1 010	1 330	1 320	1 660
900	1 000	370	600	590	830	830	1 120	1 120	1 460	1 460	1 830
1 000	1 120	410	660	660	930	930	1 260	1 260	1 640	1 640	2 040
1 120	1 250	450	720	720	1 020	1 020	1 380	1 380	1 800	1 800	2 240
1 250	1 400	490	800	800	1 130	1 130	1 510	1 510	1 970	1 970	2 460
1 400	1 600	570	890	890	1 250	1 250	1 680	1 680	2 200	2 200	2 740
1 600	1 800	650	1 010	1 010	1 390	1 390	1 870	1 870	2 430	2 430	3 000

Luz wewnętrzny promieniowy łożysk toroidalnych CARB z otworem stożkowym



Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C2				C3		C4		C5	
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
mm		μm									
18	24	15	35	30	45	40	55	55	70	65	85
24	30	20	40	35	55	50	65	65	85	80	100
30	40	25	50	45	65	60	80	80	100	100	125
40	50	30	55	50	75	70	95	90	120	115	145
50	65	40	65	60	90	85	115	110	150	145	185
65	80	50	80	75	110	105	140	135	180	175	220
80	100	60	100	95	135	130	175	170	220	215	275
100	120	75	115	115	155	155	205	200	255	255	325
120	140	90	135	135	180	180	235	230	295	290	365
140	160	100	155	155	215	210	270	265	340	335	415
160	180	115	175	170	240	235	305	300	385	380	470
180	200	130	195	190	260	260	330	325	420	415	520
200	225	140	215	210	290	285	365	360	460	460	575
225	250	160	235	235	315	315	405	400	515	510	635
250	280	170	260	255	345	340	445	440	560	555	695
280	315	195	285	280	380	375	485	480	620	615	765
315	355	220	320	315	420	415	545	540	680	675	850
355	400	250	350	350	475	470	600	595	755	755	920
400	450	280	385	380	525	525	655	650	835	835	1005
450	500	305	435	435	575	575	735	730	915	910	1115
500	560	330	480	470	640	630	810	800	1010	1000	1230
560	630	380	530	530	710	700	890	880	1110	1110	1350
630	710	420	590	590	780	770	990	980	1230	1230	1490
710	800	480	680	670	860	860	1100	1100	1380	1380	1660
800	900	520	740	730	960	950	1220	1210	1530	1520	1860
900	1000	580	820	810	1040	1040	1340	1340	1670	1670	2050
1000	1120	640	900	890	1170	1160	1500	1490	1880	1870	2280
1120	1250	700	980	970	1280	1270	1640	1630	2060	2050	2500
1250	1400	770	1080	1080	1410	1410	1790	1780	2250	2250	2740
1400	1600	870	1200	1200	1550	1550	1990	1990	2500	2500	3050
1600	1800	950	1320	1320	1690	1690	2180	2180	2730	2730	3310

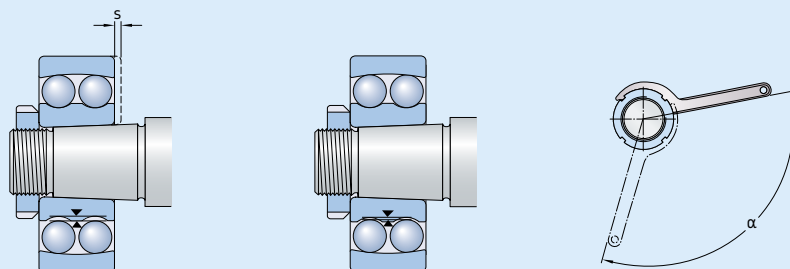
Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulkowych samonastawnych (łożysk Y)



Rozmiar łożyska ¹⁾		Luz wewnętrzny promieniowy łożysk kulkowych samonastawnych (łożysk Y) serii					
		YAT 2, YAR 2, YET 2, YEL 2, YHC 2		YSA 2 K		17262(00) 17263(00)	
od	do	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
–		μm					
03	03	10	25	–	–	3	18
04	04	12	28	–	–	5	20
05	06	12	28	23	41	5	20
07	08	13	33	28	46	6	20
09	10	14	36	30	51	6	23
11	13	18	43	38	61	8	28
14	16	20	51	–	–	–	–
17	20	24	58	–	–	–	–

¹⁾ Na przykład: wielkość łożyska 06 obejmuje wszystkie łożyska na bazie łożyska Y 206, takie jak YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F.

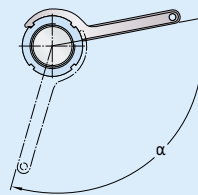
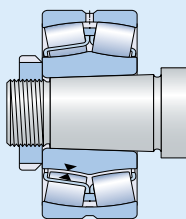
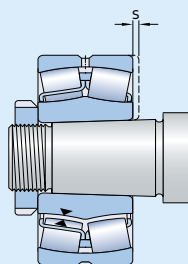
Montaż łożysk kulowych wahlowych z otworem stożkowym



Średnica otworu d	Przesuw osiowy s	Kąt dokręcenia nakrętki łożyskowej α
-------------------------	------------------------	---

mm	mm	stopnie
20	0,22	80
25	0,22	55
30	0,22	55
35	0,30	70
40	0,30	70
45	0,35	80
50	0,35	80
55	0,40	75
60	0,40	75
65	0,40	80
70	0,40	80
75	0,45	85
80	0,45	85
85	0,60	110
90	0,60	110
95	0,60	110
100	0,60	110
110	0,70	125
120	0,70	125

Montaż łożysk barytkowych z otworem stożkowym

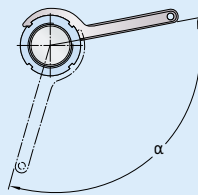
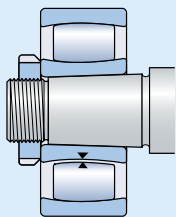
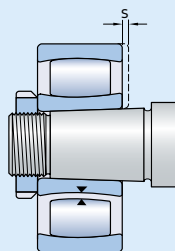


Średnica otworu d		Zmniejszenie wewn. luzu promieniowego		Przesuw osiowy s ¹⁾				Kąt dokręcenia nakrętki łożyskowej Zbieżność 1:12 α
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	
mm		mm		mm				stopnie
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1000	1120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1120	1250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1250	1400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1400	1600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1600	1800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

Uwaga: Zastosowanie zalecanych wartości zabezpiecza pierścieni wewnętrzny przed pełzaniem, ale nie zapewnia uzyskania właściwego luzu promieniowego łożyska podczas pracy. Podczas doboru klasy wewnętrznego luzu promieniowego łożyska należy wziąć pod uwagę dodatkowy wpływ pasowania łożyska w oprawie i różnicy temperatur między pierścieniem wewnętrznym a zewnętrznym łożyska na zmianę wielkości luzu. W celu uzyskania dodatkowych informacji skontaktuj się ze specjalistą SKF.

¹⁾ Odnosi się tylko do wałów pełnych ze stali oraz zastosowań w ogólnej budowie maszyn. Podane wartości nie dotyczą metody „SKF Drive-up”. Podane wartości należy traktować jedynie jako wytyczne; jest to spowodowane faktem, że trudno jest określić dokładną pozycję startową, a także tym, że przesuw osiowy nieznacznie różni się zależnie od serii łożyska.

Montaż łożysk toroidalnych CARB z otworem stożkowym



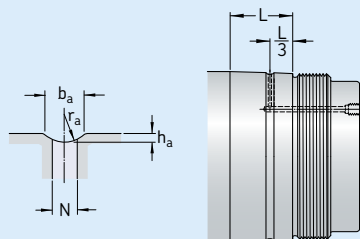
Średnica otworu d		Zmniejszenie wewn. luzu promieniowego		Przesuw osiowy s ¹⁾				Kąt dokręcenia nakrętki łożyskowej Zbieżność 1:12 α
ponad	do (wł.)	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	
mm		mm		mm				stopnie
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	0,75	0,90	115
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	0,95	1,10	130
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1000	1120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1120	1250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1250	1400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1400	1600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1600	1800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

Uwaga: Zastosowanie zalecanych wartości zabezpiecza pierścienie wewnętrzny przed pełzaniem, ale nie zapewnia uzyskania właściwego luzu promieniowego łożyska podczas pracy. Podczas doboru klasy wewnętrznego luzu promieniowego łożyska należy wziąć pod uwagę dodatkowy wpływ pasowania łożyska w oprawie i różnicy temperatur między pierścieniem wewnętrznym a zewnętrznym łożyska na zmianę wielkości luzu. W celu uzyskania dodatkowych informacji skontaktuj się ze specjalistą SKF.

¹⁾ Odnosi się tylko do wałów pełnych ze stali oraz zastosowań w ogólnej budowie maszyn. Podane wartości nie dotyczą metody SKF Drive-up. Podane wartości należy traktować jedynie jako wytyczne; jest to spowodowane faktem, że trudno jest określić dokładną pozycję startową, a także tym, że przesuw osiowy nieznacznie różni się zależnie od serii łożyska.

Dodatek G-1

Zalecane wymiary kanałów doprowadzających i rowków rozprowadzających olej

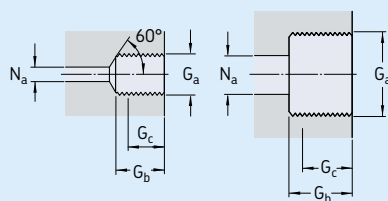


Średnica gniazda		Wymiary			
ponad	do (wł.)	b_a	h_a	r_a	N
mm		mm			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1000	12	2,5	8	8

L = szerokość gniazda łożyskowego

Dodatek G-2

Konstrukcja i zalecane wymiary nagwintowanych otworów do podłączenia zasilania olejowego



Konstrukcja A

Konstrukcja B

Gwint	Konstrukcja	Wymiary		
G_a		G_b	$G_c^{1)}$	N_a maks.
–	–	mm		
M 6	A	10	8	3
G 1/8	A	12	10	3
G 1/4	A	15	12	5
G 3/8	B	15	12	8
G 1/2	B	18	14	8
G 3/4	B	20	16	8

¹⁾ Efektywna długość gwintu

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk kulkowych wahlowych

Oznaczenie łożyska	Pozycja startowa Wymagane ciśnienie oleju $P_{ref}^{1)}$ dla		Pozycja końcowa Przesuw osiowy od pozycji startowej s_d dla		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka A_{ref}
–	MPa		mm		mm	–	mm ²
Series 12							
1210 EK	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
1211 EK	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
1212 EK	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E	3 300
1213 EK	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
1214 EK	0,83	1,40	0,33	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
1215 K	0,88	1,50	0,33	0,38	0,026	HMV 15E	4 000
1216 K	1,10	1,85	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
1217 K	1,10	1,90	0,38	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
1218 K	1,15	1,90	0,40	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
1219 K	1,35	2,30	0,41	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
1220 K	1,45	2,50	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100
1222 K	1,70	2,90	0,49	0,54	0,039	HMV 22E	5 600
1224 K	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E	6 000
1226 K	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E	6 400
Series 13							
1310 EK	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10 E	2 900
1311 EK	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11 E	3 150
1312 EK	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12 E	3 300
1313 EK	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13 E	3 600
1314 K	2,00	3,40	0,35	0,41	0,025	HMV 14E	3 800
1315 K	2,20	3,70	0,36	0,41	0,026	HMV 15E	4 000
1316 K	2,30	4,00	0,39	0,44	0,028	HMV 16E	4 200
1317 K	2,50	4,30	0,41	0,46	0,030	HMV 17E	4 400
1318 K	2,40	4,10	0,43	0,49	0,032	HMV 18E	4 700
1319 K	2,50	4,20	0,44	0,49	0,033	HMV 19E	4 900
1320 K	2,80	4,70	0,47	0,52	0,035	HMV 20E	5 100
1322 K	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22E	5 600
Series 22							
2210 EK	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2211 EK	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E	3 150
2212 EK	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2213 EK	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E	3 600
2214 K	1,05	1,80	0,32	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
2215 EK	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E	4 000
2216 EK	1,05	1,80	0,35	0,40	0,028	HMV 16E	4 200
2217 K	1,25	2,10	0,37	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
2218 K	1,40	2,30	0,40	0,45	0,032	HMV 18E	4 700
2219 K	1,50	2,60	0,40	0,46	0,033	HMV 19E	4 900
2220 K	1,60	2,70	0,43	0,48	0,035	HMV 20E	5 100
2222 K	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E	5 600
Series 23							
2310 K	1,30	2,20	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2311 K	1,55	2,60	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
2312 K	1,65	2,80	0,28	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2313 K	2,00	3,40	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
2314 K	2,10	3,60	0,33	0,39	0,025	HMV 14E	3 800
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV15 E	4 000
2316 K	2,40	4,10	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
2317 K	2,60	4,50	0,39	0,44	0,030	HMV 17E	4 400
2318 K	2,80	4,70	0,41	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
2319 K	2,90	4,90	0,42	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
2320 K	3,30	5,60	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100

¹⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Dodatek H-2

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk barytkowych

Oznaczenie łożyska ¹⁾	Pozycja startowa		Pozycja końcowa		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	Wymagane ciśnienie oleju P_{ref} ²⁾ dla jednej pow. przesuwnej	dla dwóch pow. przesuwnych	Przesuw osiowy od pozycji startowej s_s dla jednej pow. przesuwnej	dla dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka A_{ref}
–	MPa		mm		mm	–	mm ²
Series 213							
21310 EK	1,90	3,20	0,40	0,47	0,023	HMV 10E	2 900
21311 EK	1,40	2,40	0,40	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
21312 EK	2,40	4,10	0,45	0,52	0,027	HMV 12E	3 300
21313 EK	2,50	4,30	0,47	0,55	0,029	HMV 13E	3 600
21314 EK	2,70	4,50	0,52	0,59	0,032	HMV 14E	3 800
21315 EK	2,20	3,70	0,51	0,58	0,034	HMV 15E	4 000
21316 EK	2,20	3,80	0,53	0,60	0,036	HMV 16E	4 200
21317 EK	1,75	3,00	0,53	0,60	0,038	HMV 17E	4 400
21318 EK	1,85	3,20	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
21319 EK	1,90	3,30	0,59	0,66	0,043	HMV 19E	4 900
21320 EK	1,50	2,50	0,58	0,65	0,045	HMV 20E	5 100
Series 222							
22210 EK	0,75	1,25	0,34	0,42	0,023	HMV 10E	2 900
22211 EK	0,70	1,25	0,36	0,43	0,025	HMV 11E	3 150
22212 EK	0,85	1,50	0,40	0,45	0,027	HMV 12E	3 300
22213 EK	0,95	1,65	0,43	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
22214 EK	0,95	1,60	0,44	0,51	0,032	HMV 14E	3 800
22215 EK	0,90	1,50	0,46	0,53	0,034	HMV 15E	4 000
22216 EK	1,00	1,70	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
22217 EK	1,15	2,00	0,50	0,58	0,038	HMV 17E	4 400
22218 EK	1,20	2,10	0,54	0,61	0,041	HMV 18E	4 700
22219 EK	1,35	2,30	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
22220 EK	1,45	2,50	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
22222 EK	1,75	3,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
22224 EK	1,85	3,10	0,68	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
22226 EK	1,95	3,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
22228 CCK/W33	2,30	4,00	0,80	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
22230 CCK/W33	2,50	4,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
22232 CCK/W33	2,60	4,40	0,91	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
22234 CCK/W33	2,80	4,70	0,97	1,02	0,077	HMV 34E	9 400
22236 CCK/W33	2,50	4,30	1,01	1,07	0,081	HMV 36E	10 300
22238 CCK/W33	2,60	4,40	1,06	1,13	0,086	HMV 38E	11 500
22240 CCK/W33	2,70	4,60	1,12	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
22244 CCK/W33	2,90	5,00	1,22	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
22248 CCK/W33	3,30	5,60	1,34	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
22252 CACK/W33	3,20	5,50	1,43	1,49	0,117	HMV 52E	18 800
22256 CACK/W33	3,00	5,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
22260 CACK/W33	2,90	4,90	1,62	1,68	0,135	HMV 60E	23 600
22264 CACK/W33	3,10	5,20	1,73	1,79	0,144	HMV 64E	26 300
22272 CAK/W33	3,60	6,10	1,96	2,02	0,162	HMV 72E	31 300

¹⁾ W przypadku dużych łożysk barytkowych, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk barytkowych

Oznaczenie łożyska ¹⁾	Pozycja startowa Wymagane ciśnienie oleju P_{ref} ²⁾ dla		Pozycja końcowa Przesuw osiowy od pozycji startowej s_s dla		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka
–	MPa		mm			–	A_{ref} mm ²
Series 223							
22310 EK	1,60	2,80	0,35	0,43	0,023	HMV 10E	2 900
22311 EK	2,00	3,40	0,38	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
22312 EK	2,40	4,10	0,41	0,48	0,027	HMV 12E	3 300
22313 EK	2,10	3,60	0,42	0,49	0,029	HMV 13E	3 600
22314 EK	2,60	4,40	0,47	0,55	0,032	HMV 14E	3 800
22315 EK	2,30	4,00	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
22316 EK	2,40	4,10	0,50	0,57	0,036	HMV 16E	4 200
22317 EK	3,00	5,00	0,54	0,61	0,038	HMV 17E	4 400
22318 EK	3,00	5,10	0,57	0,65	0,041	HMV 18E	4 700
22319 EK	3,00	5,20	0,59	0,65	0,043	HMV 19E	4 900
22320 EK	4,10	7,00	0,64	0,71	0,045	HMV 20E	5 100
22322 EK	4,50	7,70	0,70	0,78	0,050	HMV 22E	5 600
22324 CCK/W33	4,40	7,50	0,74	0,81	0,054	HMV 24E	6 000
22326 CCK/W33	4,70	8,10	0,80	0,87	0,059	HMV 26E	6 400
22328 CCK/W33	5,00	8,60	0,84	0,91	0,063	HMV 28E	6 800
22330 CCK/W33	5,30	9,00	0,90	0,98	0,068	HMV 30E	7 500
22332 CCK/W33	5,20	8,80	0,95	1,02	0,072	HMV 32E	8 600
22334 CCK/W33	5,20	8,90	0,99	1,06	0,077	HMV 34E	9 400
22336 CCK/W33	5,10	8,80	1,05	1,12	0,081	HMV 36E	10 300
22338 CCK/W33	5,10	8,70	1,11	1,18	0,086	HMV 38E	11 500
22340 CCK/W33	5,10	8,80	1,16	1,23	0,090	HMV 40E	12 500
22344 CCK/W33	5,60	9,50	1,29	1,36	0,099	HMV 44E	14 400
22348 CCK/W33	5,60	9,50	1,39	1,46	0,108	HMV 48E	16 500
22352 CCK/W33	5,60	9,60	1,50	1,57	0,117	HMV 52E	18 800
22356 CCK/W33	5,70	9,70	1,61	1,68	0,126	HMV 56E	21 100
Series 230							
23022 CCK/W33	1,10	1,85	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
23024 CCK/W33	1,05	1,75	0,66	0,73	0,054	HMV 24E	6 000
23026 CCK/W33	1,25	2,20	0,72	0,83	0,059	HMV 26E	6 400
23028 CCK/W33	1,20	2,10	0,76	0,89	0,063	HMV 28E	6 800
23030 CCK/W33	1,25	2,10	0,81	0,88	0,068	HMV 30E	7 500
23032 CCK/W33	1,25	2,10	0,85	0,92	0,072	HMV 32E	8 600
23034 CCK/W33	1,35	2,30	0,89	0,96	0,077	HMV 34E	9 400
23036 CCK/W33	1,50	2,60	0,95	1,03	0,081	HMV 36E	10 300
23038 CCK/W33	1,50	2,50	1,01	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
23040 CCK/W33	1,65	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
23044 CCK/W33	1,65	2,90	1,15	1,23	0,099	HMV 44E	14 400
23048 CCK/W33	1,50	2,50	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
23052 CCK/W33	1,70	2,90	1,35	1,42	0,117	HMV 52E	18 800
23056 CCK/W33	1,55	2,70	1,44	1,51	0,126	HMV 56E	21 100
23060 CCK/W33	1,75	3,00	1,54	1,61	0,135	HMV 60E	23 600
23064 CCK/W33	1,60	2,70	1,63	1,70	0,144	HMV 64E	26 300
23068 CCK/W33	1,85	3,10	1,74	1,81	0,153	HMV 68E	28 400
23072 CCK/W33	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
23076 CCK/W33	1,60	2,70	1,91	1,98	0,171	HMV 76E	33 500
23080 CCK/W33	1,75	3,00	2,02	2,09	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ W przypadku dużych łożysk barytkowych, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk barytkowych

Oznaczenie łożyska ¹⁾	Pozycja startowa Wymagane ciśnienie oleju P_{ref} ²⁾ dla		Pozycja końcowa Przesuw osiowy od pozycji startowej s_d dla		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm ²
Series 231							
23120 CCK/W33	1,40	2,40	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
23122 CCK/W33	1,45	2,50	0,63	0,70	0,050	HMV 22E	5 600
23124 CCK/W33	1,75	3,00	0,67	0,75	0,054	HMV 24E	6 000
23126 CCK/W33	1,65	2,80	0,72	0,80	0,059	HMV 26E	6 400
23128 CCK/W33	1,70	2,90	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
23130 CCK/W33	2,20	3,80	0,83	0,90	0,068	HMV 30E	7 500
23132 CCK/W33	2,30	3,90	0,87	0,95	0,072	HMV 32E	8 600
23134 CCK/W33	2,10	3,70	0,91	0,98	0,077	HMV 34E	9 400
23136 CCK/W33	2,30	4,00	0,97	1,04	0,081	HMV 36E	10 300
23138 CCK/W33	2,50	4,30	1,04	1,11	0,086	HMV 38E	11 500
23140 CCK/W33	2,60	4,50	1,08	1,15	0,090	HMV 40E	12 500
23144 CCK/W33	2,70	4,60	1,18	1,25	0,099	HMV 44E	14 400
23148 CCK/W33	2,60	4,50	1,27	1,35	0,108	HMV 48E	16 500
23152 CCK/W33	2,90	4,90	1,38	1,45	0,117	HMV 52E	18 800
23156 CCK/W33	2,60	4,40	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
23160 CCK/W33	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
23164 CCK/W33	3,10	5,30	1,68	1,75	0,144	HMV 64E	26 300
23168 CCK/W33	3,40	5,80	1,79	1,86	0,153	HMV 68E	28 400
23172 CCK/W33	3,30	5,60	1,90	1,96	0,162	HMV 72E	31 300
23176 CCK/W33	2,90	4,90	1,96	2,03	0,171	HMV 76E	33 500
23180 CCK/W33	2,80	4,70	2,05	2,12	0,180	HMV 80E	36 700
Series 232							
23218 CCK/W33	1,70	2,90	0,54	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
23220 CCK/W33	1,90	3,30	0,58	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
23222 CCK/W33	2,40	4,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
23224 CCK/W33	2,50	4,30	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
23226 CCK/W33	2,60	4,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
23228 CCK/W33	3,00	5,20	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
23230 CCK/W33	3,1	5,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
23232 CCK/W33	3,30	5,60	0,90	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
23234 CCK/W33	3,40	5,90	0,94	1,01	0,077	HMV 34E	9 400
23236 CCK/W33	3,20	5,40	0,99	1,06	0,081	HMV 36E	10 300
23238 CCK/W33	3,30	5,60	1,05	1,12	0,086	HMV 38E	11 500
23240 CCK/W33	3,50	5,90	1,10	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
23244 CCK/W33	3,80	6,50	1,21	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
23248 CCK/W33	4,30	7,40	1,32	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
23252 CCK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CCK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CCK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CCK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CCK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CCK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CCK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CCK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ W przypadku dużych łożysk barytkowych, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk barytkowych

Oznaczenie łożyska ²⁾	Pozycja startowa Wymagane ciśnienie oleju P_{ref} ²⁾ dla		Pozycja końcowa Przesuw osiowy od pozycji startowej s_0 dla		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka
–	MPa		mm			–	A_{ref} mm ²
Series 239							
23936 CCK/W33	0,84	1,45	0,93	1,00	0,081	HMV 36E	10 300
23938 CCK/W33	0,72	1,20	0,98	1,05	0,086	HMV 38E	11 500
23940 CCK/W33	0,89	1,55	1,03	1,10	0,090	HMV 40E	12 500
23944 CCK/W33	0,75	1,30	1,11	1,19	0,099	HMV 44E	14 400
23948 CCK/W33	0,64	1,10	1,20	1,27	0,108	HMV 48E	16 500
23952 CCK/W33	0,91	1,55	1,31	1,38	0,117	HMV 52E	18 800
23956 CCK/W33	0,82	1,40	1,41	1,47	0,126	HMV 56E	21 100
23960 CCK/W33	1,05	1,80	1,51	1,58	0,135	HMV 60E	23 600
23964 CCK/W33	0,96	1,65	1,60	1,67	0,144	HMV 64E	26 300
23968 CCK/W33	0,89	1,50	1,68	1,75	0,153	HMV 68E	28 400
23972 CCK/W33	0,81	1,40	1,77	1,84	0,162	HMV 72E	31 300
23976 CCK/W33	1,05	1,80	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
23980 CCK/W33	0,93	1,60	1,96	2,03	0,180	HMV 80E	36 700
Series 240							
24024 CCK30/W33	1,10	2,00	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
24026 CCK30/W33	1,40	2,60	1,80	1,98	0,059	HMV 26E	6 400
24028 CCK30/W33	1,30	2,40	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
24030 CCK30/W33	1,35	2,50	2,02	2,20	0,068	HMV 30E	7 500
24032 CCK30/W33	1,30	2,50	2,12	2,30	0,072	HMV 32E	8 600
24034 CCK30/W33	1,50	2,80	2,23	2,41	0,077	HMV 34E	9 400
24036 CCK30/W33	1,80	3,30	2,40	2,58	0,081	HMV 36E	10 300
24038 CCK30/W33	1,55	2,90	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
24040 CCK30/W33	1,75	3,20	2,64	2,82	0,090	HMV 40E	12 500
24044 CCK30/W33	1,75	3,20	2,88	3,06	0,099	HMV 44E	14 400
24048 CCK30/W33	1,50	2,80	3,09	3,27	0,108	HMV 48E	16 500
24052 CCK30/W33	1,90	3,50	3,37	3,55	0,117	HMV 52E	18 800
24056 CCK30/W33	1,65	3,10	3,58	3,76	0,126	HMV 56E	21 100
24060 CCK30/W33	1,90	3,50	3,84	4,02	0,135	HMV 60E	23 600
24064 CCK30/W33	1,80	3,30	4,08	4,26	0,144	HMV 64E	26 300
24068 CCK30/W33	2,00	3,80	4,34	4,52	0,153	HMV 68E	28 400
24072 CCK30/W33	1,90	3,40	4,55	4,73	0,162	HMV 72E	31 300
24076 CCK30/W33	1,80	3,30	4,78	4,96	0,171	HMV 76E	33 500
24080 ECK30/W33	1,95	3,70	5,04	5,22	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ W przypadku dużych łożysk barytkowych, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk baryłkowych

Oznaczenie łożyska ¹⁾	Pozycja startowa		Pozycja końcowa		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	Wymagane ciśnienie oleju jednej pow. przesuwnej	P_{ref} ²⁾ dla dwóch pow. przesuwnych	Przesuw osiowy od pozycji startowej s_s dla jednej pow. przesuwnej	dla dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm ²
Series 241							
24122 CCK30/W33	1,55	2,90	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
24124 CCK30/W33	1,95	3,60	1,69	1,87	0,054	HMV 24E	6 000
24126 CCK30/W33	1,85	3,50	1,83	2,01	0,059	HMV 26E	6 400
24128 CCK30/W33	1,90	3,50	1,92	2,10	0,063	HMV 28E	6 800
24130 CCK30/W33	2,40	4,40	2,08	2,26	0,068	HMV 30E	7 500
24132 CCK30/W33	2,60	4,70	2,21	2,39	0,072	HMV 32E	8 600
24134 CCK30/W33	2,20	4,00	2,28	2,46	0,077	HMV 34E	9 400
24136 CCK30/W33	2,50	4,60	2,44	2,62	0,081	HMV 36E	10 300
24138 CCK30/W33	2,70	4,90	2,60	2,79	0,086	HMV 38E	11 500
24140 CCK30/W33	2,80	5,20	2,71	2,89	0,090	HMV 40E	12 500
24144 CCK30/W33	2,80	5,20	2,96	3,14	0,099	HMV 44E	14 400
24148 CCK30/W33	2,80	5,30	3,21	3,39	0,108	HMV 48E	16 500
24152 CCK30/W33	3,10	5,70	3,47	3,65	0,117	HMV 52E	18 800
24156 CCK30/W33	2,80	5,10	3,69	3,87	0,126	HMV 56E	21 100
24160 CCK30/W33	3,10	5,70	3,96	4,14	0,135	HMV 60E	23 600
24164 CCK30/W33	3,40	6,30	4,24	4,42	0,144	HMV 64E	26 300
24168 ECAK30/W33	3,60	6,70	4,48	4,66	0,153	HMV 68E	28 400
24172 ECK30J/W33	3,30	6,10	4,70	4,88	0,162	HMV 72E	31 300
24176 ECAK30/W33	3,00	5,60	4,91	5,09	0,171	HMV 76E	33 500
24180 ECAK30/W33	2,90	5,40	5,14	5,32	0,180	HMV 80E	36 700
Series BS2-							
BS2-2210-2CSK/VT143	0,83	1,40	0,34	0,41	(0,023)	HMV 10E	2 900
BS2-2211-2CSK/VT143	0,87	1,50	0,36	0,43	(0,025)	HMV 11E	3 150
BS2-2212-2CSK/VT143	1,15	1,95	0,38	0,46	(0,027)	HMV 12E	3 300
BS2-2213-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,41	0,48	(0,029)	HMV 13E	3 600
BS2-2214-2CSK/VT143	1,10	1,90	0,44	0,51	(0,032)	HMV 14E	3 800
BS2-2215-2CSK/VT143	1,05	1,75	0,45	0,53	(0,034)	HMV 15E	4 000
BS2-2216-2CSK/VT143	1,20	2,00	0,48	0,55	(0,036)	HMV 1 E	4 200
BS2-2217-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,50	0,57	(0,038)	HMV 17E	4 400
BS2-2218-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,54	0,61	(0,041)	HMV 18E	4 700
BS2-2219-2CS5K/VT143	1,60	2,70	0,56	0,63	(0,043)	HMV 19E	4 900
BS2-2220-2CS5K/VT143	1,70	2,90	0,58	0,65	(0,045)	HMV 20E	5 100
BS2-2222-2CS5K/VT143	2,00	2,60	0,64	0,65	(0,050)	HMV 22E	5 600
BS2-2224-2CS5K/VT143	2,10	3,60	0,68	0,75	(0,054)	HMV 24E	6 000
BS2-2226-2CS5K/VT143	2,20	3,80	0,74	0,81	(0,059)	HMV 26E	6 400

¹⁾ W przypadku dużych łożysk baryłkowych, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF

²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk toroidalnych CARB

Oznaczenie łożyska ¹⁾	Pozycja startowa Wymagane ciśnienie oleju P_{ref} ²⁾ dla		Pozycja końcowa Przesuw osiowy od pozycji startowej s_s dla		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	jednej pow. przesuwnej	dwoch pow. przesuwnych	jednej pow. przesuwnej	dwoch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka
–	MPa		mm			–	A_{ref} mm ²
Series C 22							
C 2210 KTN9	0,67	1,15	0,34	0,41	0,023	HMV 10E	2 900
C 2211 KTN9	0,57	0,98	0,35	0,42	0,025	HMV 11E	3 150
C 2212 KTN9	1,10	1,85	0,39	0,47	0,027	HMV 12E	3 300
C 2213 KTN9	0,82	1,40	0,40	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
C 2214 KTN9	0,76	1,30	0,43	0,50	0,032	HMV 14E	3 800
C 2215 K	0,70	1,20	0,45	0,52	0,034	HMV 15E	4 000
C 2216 K	1,05	1,75	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
C 2217 K	1,10	1,90	0,50	0,57	0,038	HMV 17E	4 400
C 2218 K	1,35	2,30	0,55	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
C 2219 K	1,00	1,70	0,54	0,62	0,043	HMV 19E	4 900
C 2220 K	1,10	1,90	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
C 2222 K	1,50	2,50	0,63	0,71	0,050	HMV 22E	5 600
C 2224 K	1,60	2,70	0,67	0,74	0,054	HMV 24E	6 000
C 2226 K	1,45	2,50	0,71	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 2228 K	2,40	4,00	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
C 2230 K	1,80	3,10	0,82	0,89	0,068	HMV 30E	7 500
C 2234 K	2,60	4,40	0,94	1,01	0,076	HMV 34E	9 400
C 2238 K	1,80	3,00	1,01	1,08	0,086	HMV 38E	11 500
C 2244 K	1,95	3,30	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
Series C 23							
C 2314 K	2,00	3,40	0,46	0,53	0,032	HMV 14E	3 800
C 2315 K	2,30	3,80	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
C 2316 K	2,10	3,60	0,49	0,56	0,036	HMV 16E	4 200
C 2317 K	2,40	4,10	0,52	0,59	0,038	HMV 17E	4 400
C 2318 K	2,90	4,90	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
C 2319 K	2,20	3,80	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
C 2320 K	2,60	4,40	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
Series C 30							
C 3022 K	0,97	1,65	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 3024 K	0,92	1,60	0,65	0,72	0,054	HMV 24E	6 000
C 3026 K	1,25	2,10	0,72	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 3028 K	1,25	2,10	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
C 3030 K	1,00	1,75	0,80	0,87	0,068	HMV 30E	7 500
C 3032 K	1,35	2,30	0,86	0,93	0,072	HMV 32E	8 600
C 3034 K	1,50	2,60	0,90	0,98	0,076	HMV 34E	9 400
C 3036 K	1,45	2,40	0,95	1,02	0,081	HMV 36E	10 300
C 3038 K	1,60	2,70	1,02	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
C 3040 K	1,60	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
C 3044 K	1,60	2,70	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
C 3048 K	1,35	2,30	1,23	1,30	0,108	HMV 48E	16 500
C 3052 K	1,80	3,00	1,35	1,43	0,117	HMV 52E	18 800
C 3056 K	1,70	2,90	1,45	1,52	0,126	HMV 56E	21 100
C 3060 K	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 K	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 K	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 K	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 K	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 K	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ W przypadku dużych łożysk toroidalnych CARB, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Metoda SKF Drive-up – wartości wytyczne wymaganego ciśnienia oleju i przesuwu osiowego do montażu łożysk toroidalnych CARB

Oznaczenie łożyska ¹⁾	Pozycja startowa Wymagane ciśnienie oleju P_{ref} ²⁾ dla		Pozycja końcowa Przesuw osiowy od pozycji startowej s_z dla		Zmniejszenie luzu promieniowego od pozycji zerowej Δ_r	Nakrętka hydrauliczna	
	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych	jednej pow. przesuwnej	dwóch pow. przesuwnych		Oznaczenie	Powierzchnia tłoka
–	MPa		mm			–	A_{ref} mm ²
Series C 31							
C 3130 K	2,40	4,10	0,84	0,91	0,068	HMV 30E	7 500
C 3132 K	2,10	3,50	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3134 K	1,85	3,10	0,90	0,97	0,076	HMV 34E	9 400
C 3136 K	1,70	2,90	0,94	1,01	0,081	HMV 36E	10 300
C 3138 K	2,30	3,90	1,02	1,10	0,086	HMV 38E	11 500
C 3140 K	2,70	4,60	1,08	1,16	0,090	HMV 40E	12 500
C 3144 K	2,80	4,70	1,18	1,26	0,099	HMV 44E	14 400
C 3148 K	2,00	3,40	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
C 3152 K	2,80	4,70	1,37	1,44	0,117	HMV 52E	18 800
C 3156 K	2,60	4,50	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
C 3160 K	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
C 3164 K	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
C 3168 K	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3172 K	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 K	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 K	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
Series C 32							
C 3224 K	2,50	4,20	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
C 3232 K	2,70	4,60	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3236 K	3,70	6,30	1,01	1,09	0,081	HMV 36E	10 300
Series C 40							
C 4010 K30	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 4024 K30	1,15	2,20	1,65	1,84	0,054	HMV 24E	6 000
C 4026 K30	1,20	2,20	1,77	1,95	0,059	HMV 26E	6 400
C 4028 K30	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30	1,35	2,50	2,02	2,2	0,068	HMV 30E	7 500
C 4032 K30	1,05	1,95	2,08	2,26	0,072	HMV 32E	8 600
C 4034 K30	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4036 K30	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4038 K30	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
series C 41							
C 4120 K30	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
C 4128 K30	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4130 K30	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
C 4136 K30	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
C 4140 K30	2,30	4,30	2,65	2,83	0,090	HMV 40E	12 500

¹⁾ W przypadku dużych łożysk toroidalnych CARB, które nie są wymienione w tabeli, skontaktuj się z działem technicznym SKF.

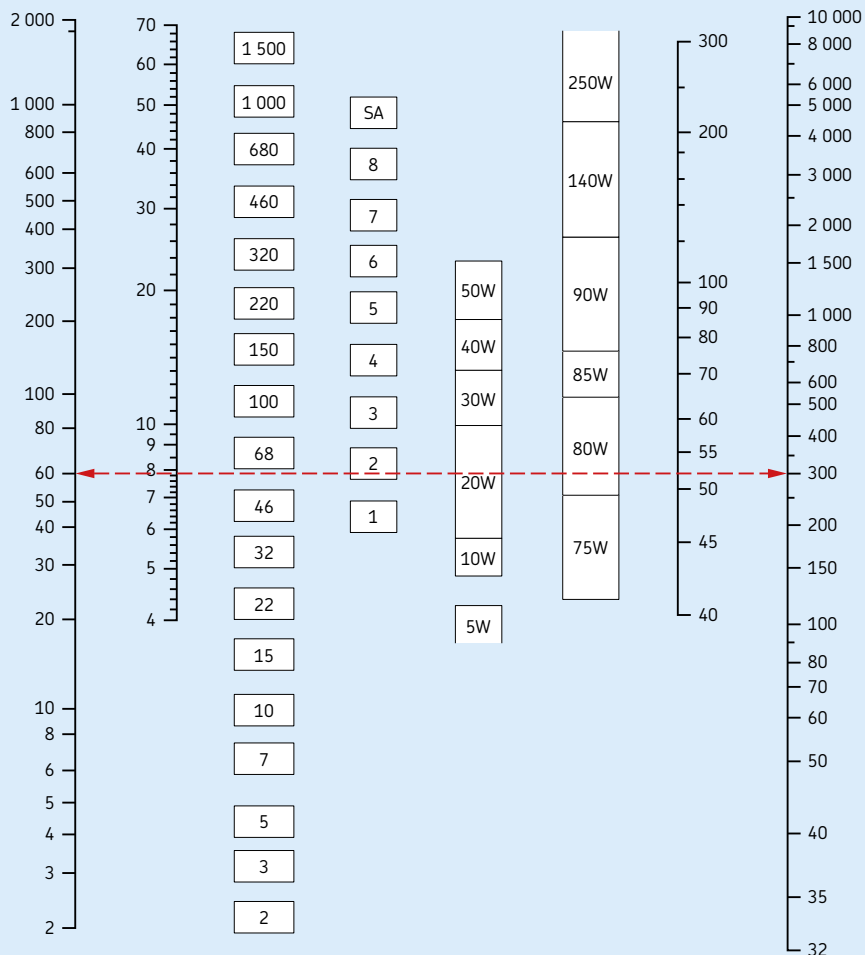
²⁾ Wymienione wartości obowiązują dla nakrętek hydraulicznych o podanych oznaczeniach. Jeśli stosowana jest inna nakrętka hydrauliczna, ciśnienie oleju musi zostać skorygowane (→ *Metoda SKF Drive-up*, strona 57).

Równoważniki lepkości

Porównanie różnych metod klasyfikowania lepkości

Lepkości kinematycznemm²/s
w 40 °C
(105 °F)mm²/s
w 100 °C
(210 °F)

ISO VG

Klasy
AGMAKlasy SAE
oleje
silnikoweKlasy SAE
oleje
przekładniowe**Lepkości Saybolta**SUS/210 °F
(100 °C)SUS/100 °F
(38 °C)

Lepkości odnoszą się do olejów jednosezonowych o wskaźniku lepkości VI 95. Klasy ISO są określone w temperaturze 40 °C (105 °F).

Klasy AGMA są określone w temperaturze 100 °F (38 °C).

SAE 75W, 80W, 85W oraz 5 i 10W są określone w niskiej temperaturze (-17 °F (-25 °C)).

Przedstawione są równoważne lepkości dla 100 °F (38 °C) i 210 °F (100 °C). SAE 90 do 250 i 20 do 50 są określone w temperaturze 210 °F (100 °C).

Dodatek I-2

Klasy lepkości ISO

Klasa lepkości ISO	Lepkość kinematyczna w 40 °C (105 °F)		
	średnia	min.	maks.

–	mm ² /s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

Przegląd narzędzi i produktów SKF do montażu łożysk

SKF oferuje szeroki asortyment narzędzi
i produktów do montażu łożysk.
W celu uzyskania dodatkowych informacji
odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

Zestaw narzędzi do montażu łożysk



Klucze hakowe



Klucze do nakrętek łożyskowych



Przyrządy do przenoszenia łożysk



Rękawice robocze/termoizolacyjne/odporne na olej



Nagrzewnice indukcyjne



Przenośne nagrzewnice indukcyjne



Elektryczne płyty grzewcze



Płyn montażowy



Pompy hydrauliczne



Nakrętki hydrauliczne



Wtryskiwacze olejowe



Pompy hydrauliczne z napędem pneumatycznym



Szczelinomierze



Wskaźnik SENSORMOUNT



Środek przeciw korozji czarnej



Przegląd urządzeń SKF do osiowania

SKF oferuje szeroki asortyment sprzętu do osiowania. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com oraz www.skf.com/services.

Przyrządy do ustawiania współosiowości wałów



Drukarki termiczne



Przyrządy do ustawiania kąt pasowych



Podkładki regulacyjne maszyn



Elementy SKF Vibracon SM



Przegląd narzędzi i produktów SKF do smarowania

SKF oferuje szeroki asortyment produktów do smarowania. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

SKF oferuje także w szerokim zakresie systemy centralnego smarowania. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.skf.com/lubrication.

Smary do łożysk i oleje do łańcuchów



Dozowniki smaru i smarownice ręczne



Pompy dozujące smar



Urządzenia do napełniania łożysk smarem



Pojemniki do przechowywania oleju



Mierniki smaru



Jednopunktowe smarownice automatyczne



Wielopunktowe smarownice automatyczne



Rękawice odporne na smar



Przyłącza i końcówki smarownicze



Urządzenia do wyrównywania poziomu oleju



Program SKF Lubrication Planner oraz kołpaki i zawieszki do identyfikacji i zabezpieczenia punktów smarowania



Zestawy do badania smaru



Smarownice kompaktowe



Pompy tłokowe z napędem bateryjnym serii KFAS



Pompa tłokowa z dozownikiem blokowym PF-VPBM



Fragment układu smarowania z rozdzielaczem dozującym



LGMT 2

Uniwersalny przemysłowy i samochodowy smar łożyskowy SKF

LGMT 2 jest smarem plastycznym na bazie oleju mineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła litowego, o doskonałej stabilności termicznej w obrębie swojego zakresu temperatury pracy. Ten najwyższej jakości, ogólnego zastosowania smar jest odpowiedni do szerokiego zakresu aplikacji przemysłowych i motoryzacyjnych.

Właściwości

- doskonała odporność na utlenienie
- dobra stabilność mechaniczna
- doskonała odporność na działanie wody i własności antykorozyjne

Zalecane zastosowania

- sprzęt rolniczy
- łożyska kół samochodowych
- przenośniki
- małe silniki elektryczne
- wentylatory przemysłowe

LGMT 3

Uniwersalny przemysłowy i samochodowy smar łożyskowy SKF

LGMT 3 jest smarem plastycznym na bazie oleju mineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła litowego. Ten najwyższej jakości, ogólnego zastosowania smar jest odpowiedni do szerokiego zakresu aplikacji przemysłowych i motoryzacyjnych.

Właściwości

- doskonałe własności antykorozyjne
- wysoka odporność na utlenienie w obrębie zalecanego zakresu temperatury pracy

Zalecane zastosowania

- łożyska o średnicy otworu >100 mm
- obracający się pierścień zewnętrzny
- aplikacje z wałem pionowym
- ciągłe wysokie temperatury otoczenia >35 °C (95 °F).
- wały napędowe
- sprzęt rolniczy
- łożyska kół samochodów osobowych, ciężarówek i przyczep
- duże silniki elektryczne

LGEP 2

Smar łożyskowy SKF na wysokim obciążeniu, na skrajnie wysokie naciski (EP)

LGEP 2 jest smarem plastycznym na bazie oleju mineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła litowego z dodatkami EP (do przenoszenia podwyższonych nacisków). Smar ten zapewnia dobre smarowanie w zakresie temperatur pracy od -20 do $+110$ °C (-5 do $+230$ °F)

Właściwości

- doskonała stabilność mechaniczna
- bardzo dobre właściwości antykorozyjne
- doskonała praca w warunkach podwyższonych nacisków

Zalecane zastosowania

- maszyny papiernicze
- kruszarki szczękowe
- tamy, zapory
- łożyska walców roboczych w przemyśle hutniczym
- maszyny ciężkie, przesiewacze wibracyjne
- koła dźwigów, krążki linowe

LGFP 2

Smar łożyskowy SKF do przemysłu spożywczego (możliwość kontaktu z produktami spożywczymi)

LGFP 2 jest czystym, nietoksycznym smarem plastycznym, na bazie medycznego oleju oleju wazelinowego z zagęszczaczem w postaci mydła kompleksu aluminium. Smar jest wytwarzany tylko ze składników wymienionych przez FDA¹⁾ i jest zaaprobowany przez NSF²⁾ do kategorii H1³⁾.

Właściwości

- zgodność ze wszystkimi istniejącymi wymaganiami dotyczącymi ochrony żywności
- duża odporność na wymywanie przez wodę, co powoduje, że smar jest odpowiedni do zastosowań, gdzie łożysko jest narażone na częste mycie strumieniem wody
- wysoka trwałość smaru
- doskonałe właściwości antykorozyjne
- neutralna wartość pH

Zalecane zastosowania

- sprzęt piekarniczy
- urządzenia do przeróbki żywności
- maszyny pakujące (zawijarki)
- łożyska przenośników
- rozlewarki (do butelek)

¹⁾ Food and Drug Administration (Urząd ds. Żywności i Lekarstw)

²⁾ National Sanitation Foundation (Narodowa Fundacja Sanitarna)

³⁾ Możliwość przypadkowego kontaktu z żywnością

LGEM 2

Smar łożyskowy SKF o dużej lepkości z dodatkami stałymi

LGEM 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym o dużej lepkości, na bazie olejumineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła litowego, zawierającym dwusiarczek molibdenu i grafit.

Właściwości

- dobre smarowanie łożysk pracujących pod dużymi obciążeniami i z małymi prędkościami obrotowymi
- bezpieczne smarowanie dzięki obecności dwusiarczku molibdenu i grafitu

Zalecane zastosowania

- łożyska toczne pracujące z małymi prędkościami pod działaniem dużych obciążeń
- kruszarki szczękowe
- maszyny do układania torów
- koła wciągarek
- maszyny budowlane takie jak bijaki, dźwigi, podnośniki hakowe

LGEV 2

Smar łożyskowy SKF o skrajnie dużej lepkości z dodatkami stałymi

LGEV 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym, o wyjątkowo wysokiej lepkości, na bazie oleju mineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła litowo – wapniowego, zawierającym dwusiarczek molibdenu i grafit.

Właściwości

- doskonałe własności smarowe dzięki obecności dwusiarczku molibdenu i grafitu
- smar jest szczególnie odpowiedni do wielkogabarytowych łożysk barytkowych poddanych działaniu wysokich obciążeń, pracujących z małą prędkością obrotową, czyli sytuacji, gdzie istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia mikropoślizgów
- wyjątkowo dobra stabilność mechaniczna zapewniająca dobrą odporność na wodę i ochronę przed korozją

Zalecane zastosowania

- łożyska czopów nośnych bębnow obrotowych
- rolki podporowe i oporowe w piecach obrotowych i suszarkach
- koparki czerpakowe
- łożyska wieńcowe
- wysokonaciskowe młyny walcowe
- kruszarki

LGLT 2

Smar łożyskowy SKF do niskich temperatur, na skrajnie wysokie prędkości

LGLT 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym na bazie oleju syntetycznego, z mydłem litowym jako zagęszczaczem. Jego wyjątkowa technologia zagęszczacza i olej o małej lepkości (PAO) zapewniają doskonałe smarowanie w niskich temperaturach ($-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-60\text{ }^{\circ}\text{F}$)) i umożliwiają uzyskiwanie wyjątkowo wysokich wartości prędkości nd_m – do $1,6 \times 10^6$.

Właściwości

- niski moment tarcia
- niski poziom strat mocy
- cicha praca
- wyjątkowo dobra odporność na utlenianie i odporność na działanie wody

Zalecane zastosowania

- wrzeciona maszyn przędzalniczych
- wrzeciona obrabiarek
- sprzęt pomiarowy
- małe silniki elektryczne używane w sprzęcie medycznym i dentystycznym
- łożoworki
- cylindry drukarskie
- roboty

LGGB 2

Ekologiczny smar łożyskowy SKF ulegający biodegradacji

LGGB 2 jest podatnym na rozkład biologiczny smarem plastycznym, o małej toksyczności, na bazie syntetycznego oleju estrowego, z zagęszczaczem litowo – wapniowym. Charakteryzuje się doskonałymi właściwościami smarowymi w szerokim zakresie zastosowań, przy pracy w różnorodnych warunkach.

Właściwości

- zgodność z obowiązującymi przepisami w zakresie toksyczności i biodegradacji
- dobra praca w łożyskach ślizgowych przegubowych typu stal po stali, w łożyskach kulkowych i wałeczkowych
- dobra praca podczas rozruchu w niskich temperaturach
- dobre właściwości ochrony przed korozją
- odpowiedni do pracy przy średnich i wysokich obciążeniach

Zalecane zastosowania

- sprzęt rolniczy i używany w gospodarce leśnej
- maszyny budowlane i urządzenia do przenoszenia mas ziemnych
- sprzęt górniczy i przenośniki
- uzdatnianie wody i nawadnianie
- śluzy, zapory, mosty
- połączenia, łożyska oczkowe
- inne zastosowania, gdzie istotne jest, aby nie dopuścić do skażenia środowiska

LGWM 1

Smar łożyskowy SKF na skrajnie wysokie naciski (EP), do niskich temperatur

LGWM 1 jest smarem plastycznym na bazie oleju mineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła litowego z dodatkami EP (do przenoszenia podwyższonych nacisków). Jest on szczególnie odpowiedni do smarowania łożysk pracujących zarówno pod obciążeniem promieniowym jak i osiowym, np. śruby transportowe.

Właściwości

- dobre tworzenie się filmu olejowego w niskich temperaturach do -30°C (-20°F)
- dobra tłoczność w niskich temperaturach
- dobre właściwości antykorozyjne
- dobra odporność na działanie wody

Zalecane zastosowania

- wiatraki
- przenośniki śrubowe
- systemy centralnego smarowania
- aplikacje z łożyskami baryłkowymi wzdłużnymi

LGWM 2

Smar łożyskowy SKF na wysokie obciążenia, do szerokiego zakresu temperatur

Smar SKF LGWM 2 został opracowany do pracy w szerokim zakresie temperatury, pod działaniem wysokich obciążeń i w warunkach, gdzie występuje wilgoć. LGWM 2 jest smarem plastycznym na bazie oleju syntetyczno-mineralnego z nowoczesnym zagęszczaczem w postaci kompleksu sulfonianu wapnia. LGWM 2 może pracować w temperaturach do -40°C (-40°F).

Właściwości

- doskonała ochrona przed korozją
- doskonała stabilność mechaniczna
- doskonała zdolność smarowania w warunkach wysokiego obciążenia
- dobra ochrona przed powstawaniem tzw. fałszywych odcisków Brinella
- dobra tłoczność nawet w niskich temperaturach

Zalecane zastosowania

- turbiny wiatrowe
- ciężkie pojazdy robocze
- aplikacje narażone na śnieg
- aplikacje morskie
- aplikacje z łożyskami baryłkowymi wzdłużnymi

LGWA 2

Smar łożyskowy SKF na wysokie obciążenia, na skrajnie wysokie naciski (EP), do szerokiego zakresu temperatury pracy

LGWA 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym na bazie oleju mineralnego z zagęszczaczem w postaci mydła kompleksu litu, zdolnym do przenoszenia podwyższonych nacisków (EP). LGWA 2 ma takie właściwości, że może być zalecany do szerokiej gamy aplikacji przemysłowych i motoryzacyjnych.

Właściwości

- doskonałe smarowanie przy chwilowych wzrostach temperatury do 220 °C (430 °F)
- ochrona łożysk kół samochodowych pracujących w wyjątkowo trudnych warunkach
- skuteczne smarowanie w warunkach dużej wilgotności
- dobre własności antykorozyjne i odporność na działanie wody
- doskonałe smarowanie w warunkach wysokich obciążeń i małych prędkości obrotowych

Zalecane zastosowania

- łożyska kół samochodów osobowych, ciężarówek i przyczep
- pralki
- silniki elektryczne

LGHB 2

Smar łożyskowy SKF na wysokie obciążenia, do pracy w wysokich temperaturach, o dużej lepkości

LGHB 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym, o dużej lepkości, na bazie oleju mineralnego, z zagęszczaczem w postaci mydła kompleksu sulfonianu wapnia, wykonanego według najnowszej technologii. Smar ten nie zawiera dodatków, a własności odporności na podwyższone naciski są uzyskiwane dzięki odpowiedniej strukturze mydła.

Właściwości

- doskonała odporność na utlenianie i własności antykorozyjne
- dobra praca w warunkach podwyższonych nacisków (EP) w znacznie obciążonych aplikacjach

Zalecane zastosowania

- łożyska ślizgowe przegubowe typu stal po stali
- maszyny papiernicze
- przesiewacze wibracyjne do asfaltu
- maszyny do ciągłego odlewania stali
- uszczelnione łożyska baryłkowe pracujące w temperaturach do 150 °C (300 °F)
- wytrzymuje chwilowe skoki temperatury do 200 °C (390 °F)
- łożyska walców roboczych w przemyśle hutniczym
- krążki masztu w wózkach widłowych

LGHP 2

Smar łożyskowy SKF o wysokiej jakości działania, do pracy w wysokich temperaturach

LGHP 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym na bazie oleju mineralnego, z nowoczesnym zagęszczaczem polimocznikowym (dwumocznikowym). Jest odpowiedni do łożysk kulkowych (i wałeczkowych), od których wymaga się wyjątkowo cichego działania, pracujących w szerokim zakresie temperatur od -40 do $+150$ °C (-40 do $+300$ °F), z prędkościami od średnich do wysokich.

Właściwości

- wyjątkowo duża trwałość w wysokich temperaturach
- szeroki zakres temperatury pracy
- doskonała ochrona przed korozją
- wysoka stabilność termiczna
- dobra praca podczas rozruchu w niskich temperaturach
- kompatybilność ze zwykłymi smarami polimocznikowymi
- kompatybilność ze smarami z zagęszczaczami w postaci kompleksu litu
- cicha praca
- bardzo dobra stabilność mechaniczna

Zalecane zastosowania

- silniki elektryczne: małe, średnie i duże
- wentylatory przemysłowe, włącznie z wentylatorami szybkoobrotowymi
- pompy wodne
- łożyska toczne w maszynach włókienniczych, maszynach do produkcji papieru i maszynach suszących
- aplikacje, gdzie pracują wysokoobrotowe łożyska kulkowe w średnich i wysokich temperaturach
- łożyska zwalniania sprzęgła
- wózki i rolki piecowe
- aplikacje z wałami pionowym

LGET 2

Smar łożyskowy SKF do pracy w bardzo wysokich temperaturach, do ciężkich warunków roboczych

LGET 2 jest najwyższej jakości smarem plastycznym na bazie oleju syntetycznego fluorowego, z zagęszczaczem policzterofluoroetylenowym (PTFE). Posiada on doskonałe własności smarne w wyjątkowo wysokich temperaturach, wynoszących 200 do 260 °C (300 do 500 °F).

Właściwości

- duża trwałość w środowiskach agresywnych, takich jak miejsca, gdzie występuje gazowy tlen lub heksan o bardzo dużej czystości
- doskonała odporność na utlenianie
- dobra odporność na korozję
- bardzo dobra odporność na działanie wody i pary wodnej

Zalecane zastosowania

- sprzęt piekarniczy (piece)
- koła wózków piecowych
- wałki wprowadzające w kopiarkach
- maszyny do wypiekania wafli
- suszarki materiałów włókienniczych
- silniki elektryczne pracujące w bardzo wysokich temperaturach
- wentylatory awaryjne/gorących gazów
- pompy próżniowe

Tabela doboru smarów łożyskowych SKF

Oznaczenie	Temperat.	Prędkość	Obciążenie	Opis	Zakres temperatury ¹⁾		Zagęszczacz /olej bazowy	Lepkość oleju bazowego ²⁾
					LTl	HTPL		
–	–	–	–	–	°C (°F)		–	mm ² /s
LGMT 2	M	M	L do M	Uniwersalny przemysłowy i samochodowy	–30 (–20)	+120 (+250)	Mydło litowe / olej mineralny	110
LGMT 3	M	M	L do M	Uniwersalny przemysłowy i samochodowy	–30 (–20)	+120 (+250)	Mydło litowe / olej mineralny	120
LGEP 2	M	L do M	H	Skrajnie wysokie naciski	–20 (–5)	+110 (+230)	Mydło litowe / olej mineralny	200
LGFP 2	M	M	L do M	Do przemysłu spożywczego	–20 (–5)	+110 (+230)	Kompleks aluminium / medyczny olej wazelinowy	130
LGEM 2	M	VL	H do VH	Duża lepkość i dodatki stałe	–20 (–5)	+120 (+250)	Mydło litowe / olej mineralny	500
LGEV 2	M	VL	H do VH	Skrajnie duża lepkość i dodatki stałe	–10 (+15)	+120 (+250)	Mydło litowo-wapniowe / olej mineralny	1 020
LGLT 2	L do M	M do EH	L	Niska temperatura, skrajnie wysoka prędkość	–50 (–60)	+110 (+230)	Mydło litowe / olej PAO	18
LGGB 2	L do M	L do M	M to H	Ekologiczny, ulegający biodegradacji o niskiej toksyczności ³⁾	–40 (–40)	+90 (+195)	Mydło litowo-wapniowe / syntetyczny olej estrowy	110
LGWM 1	L do M	L do M	H	Skrajnie wysokie naciski, niska temperatura	–30 (–20)	+110 (+230)	Mydło litowe / olej mineralny	200
LGWM 2	L do M	L do M	M do H	Wysokie obciążenia, szeroki zakres temp.	–40 (–40)	+110 (+230)	Kompleks sulfonianu wapnia / olej syntetyczny (PAO)/mineralny	80
LGWA 2	M do H	L do M	L do H	Szeroki zakres temp. ⁴⁾ , skrajnie wysokie naciski	–30 (–20)	+140 (+285)	Mydło kompleksu litu / olej mineralny	185
LGHB 2	M do H	VL do M	H do VH	Skrajnie wysokie naciski, duża lepkość, wysoka temperatura ⁵⁾	–20 (–5)	+150 (+300)	Kompleks sulfonianu wapnia / olej mineralny	400
LGHP 2	M do H	M do H	L do M	Smar polimocznikowy o wysokiej jakości działania	–40 (–40)	+150 (+300)	Dwumocznik / olej mineralny	96
LGET 2	VH	L do M	H do VH	Skrajnie wysoka temperatura	–40 (–40)	+260 (+500)	PTFE /olej syntetyczny (polieter fluorowy)	400

VL = bardzo niska, L = niska (niskie), M = średnia (średnie), H = wysoka (wysokie), VH = bardzo wysoka (bardzo wysokie), EH = ekstremalnie wysoka

¹⁾ LTl = dolna temperatura graniczna, HTPL = górna temperatura graniczna pracy

²⁾ mm²/s w 40 °C (105 °F) = cSt

³⁾ LGGB 2 wytrzymuje chwilowy wzrost temperatury do 120 °C (250 °F)

⁴⁾ LGWA 2 wytrzymuje chwilowy wzrost temperatury do 220 °C (430 °F)

⁵⁾ LGHB 2 wytrzymuje chwilowy wzrost temperatury do 200 °C (400 °F)

Wąż pionowy	Duża prędkość pierścienia zewnętrznego	Ruchy oscylacyjne	Duże drgania	Obciążenie udarowe lub częsty rozruch	Cicha praca	Niskie tarcie	Własności antykorozyjne
-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	+	-	-	0	+
+	0	-	+	-	-	0	0
0	-	0	+	+	-	-	+
0	-	-	-	-	-	0	+
0	-	+	+	+	-	-	+
0	-	+	+	+	-	-	+
0	-	-	-	0	+	+	0
0	-	+	+	+	-	0	0
-	-	+	-	+	-	-	+
0	0	+	+	+	-	-	+
0	0	0	0	+	-	0	+
0	+	+	+	+	-	-	+
+	-	-	0	0	+	0	+
0	+	+	0	0	-	-	0

Symbole: + Zalecany
 0 Odpowiedni
 - Nieodpowiedni

Przegląd przyrządów SKF do podstawowej diagnostyki

SKF oferuje szeroki asortyment przyrządów pomiarowych do wykonywania podstawowego badania stanu maszyn. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com lub www.skf.com/cm.

Aby zdobyć informacje na temat zaawansowanych przyrządów diagnostycznych i systemów monitorowania ciągłego (online) odwiedź stronę www.skf.com/cm

Termometry



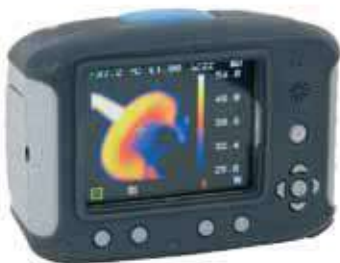
Stetoskopy elektroniczne



Endoskopy



Kamery termowizyjne



Stroboskopy



Tachometry



Przyrządy do sprawdzania stanu oleju



Lepkościomierze



Mierniki ciśnienia akustycznego



Ultradźwiękowe wykrywacze nieszczelności



Tester Stanu Maszyny SKF



Sondy ultradźwiękowe



Zestawy przyrządów diagnostycznych (podstawowych)



Specjalizowane zestawy przyrządów diagnostycznych



SKF MicroVibe P



Detektor stanu maszyny



Przegląd narzędzi i produktów SKF do demontażu łożysk

SKF oferuje szeroki asortyment narzędzi i produktów do demontażu łożysk. W celu uzyskania dodatkowych informacji odwiedź stronę www.mapro.skf.com.

Ściągacze mechaniczne



Ściągacze hydrauliczne



Ściągacze do ciężkich zastosowań



Płyty ciągnące



Zestawy ściągaczy wewnętrznych do łożysk

Zestawy do demontażu łożysk
z opraw nieprzelotowych



Aluminiowe pierścienie grzewcze



Regulowane i stałe nagrzewnice indukcyjne



Nakrętki hydrauliczne



Płyn demontażowy



Tabela przeliczników jednostek

Wielkość	Jednostka	Przelicznik			
Długość	cal (in)	1 mm	0,03937 in	1 in	25,40 mm
	stopa (ft)	1 m	3,281 ft	1 ft	0,3048 m
	jard (yd)	1 m	1,094 yd	1 yd	0,9144 m
	mila (mile)	1 km	0,6214 mile	1 mile	1,609 km
Powierzchnia	cal kwadr. (sq.in)	1 mm ²	0,00155 sq.in	1 sq.in	645,16 mm ²
	stopa kwadr. (sq.ft)	1 m ²	10,76 sq.ft	1 sq.ft	0,0929 m ²
Objętość	cal sześć. (cub.in)	1 cm ³	0,061 cub.in	1 cub.in	16,387 cm ³
	stopa sześć. (cub.ft)	1 m ³	35 cub.ft	1 cub.ft	0,02832 m ³
	galon bryt. (gallon)	1 l	0,22 gallon	1 gallon	4,5461 l
	galon amer. (U.S. gallon)	1 l	0,2642 U.S. gallon	1 U.S. gallon	3,7854 l
Prędkość	stopa na sek. (ft/s)	1 m/s	3,28 ft/s	1 ft/s	0,30480 m/s
	mila na godz. (mph)	1 km/h	0,6214 mile/h (mph)	1 mile/h (mph)	1,609 km/h
Masa	uncja (oz)	1 g	0,03527 oz	1 oz	28,350 g
	funt (lb)	1 kg	2,205 lb	1 lb	0,45359 kg
	tona amer. (sh t)	1 t	1,1023 short ton	1 short ton	0,90719 t
	tona ang. (l t)	1 t	0,9842 long ton	1 long ton	1,0161 t
Gęstość	funt na cal sześcienny (lb/cub.in)	1 g/cm ³	0,0361 lb/cub.in	1 lb/cub.in	27,680 g/cm ³
Siła	funt-siła (lbf)	1 N	0,225 lbf	1 lbf	4,4482 N
Ciśnienie, napężenie	funt na cal kwadr. (psi)	1 MPa	145 psi	1 psi	6,8948 × 10 ³ Pa
Moment	cal funt-siła (in.lbf)	1 Nm	8,85 in.lbf	1 in.lbf	0,113 Nm
Moc	stopa-funt na sekundę (ft lbf/s)	1 W	0,7376 ft lbf/s	1 ft lbf/s	1,3558 W
	koń mech. (HP)	1 kW	1,36 HP	1 HP	0,736 kW
Temperatura	stopień	Celsjusz	t _C = 0,555 (t _F - 32)	Fahrenheit	t _F = 1,8 t _C + 32

Indeks

@
@ptitude Exchange *Patrz* SKF @ptitude Exchange

A

aluminiowe pierścienie grzewcze
do demontażu łożysk 255, 258–259
do montażu łożysk 69, 81
Analiza SKF Potrzeb Klienta (SKF Client Needs Analysis) 328
analiza uszkodzeń *Patrz* uszkodzenia łożysk
aplikacje, gdzie panują ekstremalne temperatury 182
automatyczna metoda zliczania cząstek 212
automatyczne smarowanie 197
automatyczne smarownice *Patrz* SKF SYSTEM 24
Autoryzowani Dystrybutorzy SKF 331
awaria łożyska *Patrz* uszkodzenia łożysk

B

bicie 36
tolerancje dla gniazd łożyskowych 386
blaszki ochronne 40

C

całkowita wymiana zasobu smaru 198–199
całkowity koszt własności 329
Certyfikowane przez SKF Firmy Serwisowe Naprawiające Silniki Elektryczne 331
Certyfikowani Partnerzy SKF ds. Utrzymania Ruchu 331
chropowatość powierzchni 36
wartości średnie 387
ciąg średnic 22–23
CircOil *Patrz* SKF CircOil
ciśnienie oleju
obliczenia dla metody SKF Drive-up 58
wartości dla metody SKF Drive-up 406–413
ConCentra *Patrz* SKF ConCentra
częstotliwości uszkodzeń 224
czopy stożkowe (gniazda stożkowe na wale)
demontaż łożysk 259–264
formularz raportu z pomiarów 48
montaż łożysk 54–56
czopy walcowe (gniazda walcowe na wale)
demontaż łożysk 256–259
dokładność kształtu i położenia 386
formularz raportu z pomiarów 48
montaż łożysk 53
czujniki zegarowe 56
czystość 28–29, 46–47
czyszczenie
łożyska 226
uszczelnienia 146

D

demontaż łożysk 254–269
gdy łożysko jest uszkodzone 291
metodami cieplnymi 258–259, 269
metody 255
narzędzia 255, 435–436
osadzonych na czopach stożkowych 259–260
osadzonych na czopach walcowych 256–259
osadzonych na tulejach wciąganych 260–264
osadzonych na tulejach wciskanych 264–267

przygotowania 254
z opraw niedzielonych 267–269
demontaż na gorąco *Patrz* demontaż łożysk metodami cieplnymi
demontaż opraw łożyskowych 278–283
oprawy kołnierzone 282–283
oprawy stojące dzielone 280–281
przygotowania 278
demontaż uszczelnień *Patrz* zdejmowanie uszczelnień
demontaż zespołów łożyskowych 270–277
narzędzia 270
przygotowania 271
z mechanizmem mocowania SKF ConCentra 275–277
z mimośrodowym pierścieniem mocującym 273
z tuleją wciąganą 274
z wkretami mocującymi (dociskowymi) 272
dodatek przeciwienny 203
dodatek przeciwdzewny
w oleju 203
w smarze plastycznym 184
dodatek przeciwnieniąjący
w oleju 203
w smarze plastycznym 184
dodatek przeciwsużyciowy
w oleju 203, 207
w smarze plastycznym 184
dodatki
kompatybilność (zgodność) z materiałami 188–189, 202, 207, 210
w oleju 203
w smarze plastycznym 184
w systemach centralnego smarowania 213
dodatki EP *Patrz* dodatki na bardzo wysokie naciski (EP)
dodatki na bardzo wysokie naciski (EP)
kompatybilność (zgodność) z materiałami 202, 207
w oleju 203, 207
w smarze plastycznym 184
dodatki stałe
w oleju 203
w smarze plastycznym 184
w systemach centralnego smarowania 21
dokładność kształtu 35–36
tolerancje dla gniazd łożyskowych 386
tolerancje dla wałów (montaż na tulejach) 384
dokładność obrotu 35–36
tolerancje dla gniazd łożyskowych 386
tolerancje dla wałów (montaż na tulejach) 384
dopuszczalny okres magazynowania
łożysk 41
uszczelnień elastomerowych 42
środków smarnych 43
dosmarowywanie 195–196
drgania
fałszywe odciski Brinella 308, 319
korekta okresu wymiany smaru 195
testy pracy smarów 188
wykrywanie i usuwanie problemów 234
DURATEMP 145
dwusiarczek molibdenowy
do montażu łożysk 62
w smarze plastycznym 183
dwustronne ustalenie *Patrz* węży łożyskowe nastawne

- E**
 elastomer fluorowy
 przyrostek oznaczenia dla uszczelnień 145
 w wysokich temperaturach 142
 elektryczne płyty grzewcze 68
 elementy dystansowe 144
 elementy na wymianę
 oprawy 124–129
 uszczelnienia 142–145
 zespoły łożyskowe 94–100
 elementy SKF Vbracon SM 162–165
 elementy współpracujące
 przygotowania 49
 smarowanie podczas pierwszego montażu 189
 sprawdzanie dokładności 47–49
 wymiały kanałów, rowków i otworów 405
 endoskopy 225–226
 Epocast 36 165
 erozja elektryczna 298–299
 nadmierne napięcie 307
 upływ prądu 321–322
- F**
 fałszywe odciski Brinella 298–299
 spowodowane drganiami 319
 wynikające z nieprawidłowego transportu lub składowania 308
 farba (malowanie)
 na powierzchni osadzenia 130, 161, 165
 zabezpieczanie uszczelnienia 150
 film smarny
 nośność 184, 200
 tworzenie 204
 FKM *Patrz* elastomer fluorowy
 formularz raportu z pomiarów 48
- G**
 gniazda łożyskowe
 chropowatość powierzchni 36, 387
 sprawdzanie dokładności 47–49
 uszkodzenia łożysk 302–303
 wymagania odnośnie dokładności 35–36, 386
 wymiały zaokrągleń przejścia 387
 grafit 183, 184
 grzanie
 monitorowanie temperatury 221
 wykrywanie i usuwanie problemów 233
- H**
 hałas
 monitorowanie stanu maszyny 221
 wykrywanie i usuwanie problemów 233
 HNBR *Patrz* kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe
 HYDROCAM 166
- I**
 instalowanie maszyn 161–166
 inżynieria niezawodności 327
 ISO
 grupa wymiarowa 22–23
 klasy lepkości 203, 415
 klasy tolerancji
 klasyfikacja rodzajów uszkodzeń łożysk 298
 klasyfikacja zanieczyszczeń 212
 pola tolerancji 35
 jakości fundamentów 161
- K**
 kalibrowane stożki
 do osiowania pasów 176
 do osiowania wałów 170
 karty charakterystyki substancji 181
 interpretacja 184–188
 karty informacyjne dla personelu warsztatowego 330
 kauczuk akrylowy 202
 kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe
 przyrostki oznaczeń dla łożysk 24–25
 przyrostki oznaczeń dla uszczelnień 145
 kąpiel olejowa 208
 do podgrzewania łożysk 71
 okresy wymiany oleju 209
 pobieranie próbek oleju 210
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 236–237
 kąt dokręcenia nakrętki łożyskowej 55
 wartości dla łożysk barytkowych 403
 wartości dla łożysk kulkowych wahlowych 402
 wartości dla łożysk toroidalnych CARB 404
 kierunek obciążenia nieokreślony 32
 klasa konsystencji NLGI 184
 testy pracy smarów 188
 klasy lepkości *Patrz* ISO, klasy lepkości
 klasy tolerancji *Patrz* ISO, klasy tolerancji
 klasyfikacja SKF EMCOR 188
 klasyfikacja SKF V2F 188
 klucze hakowe 102–103
 klucze sześciokątne 102
 kody oznaczeń rozmiaru 22
 kołnierze centrujące 84–85
 komory grzewcze 70
 kompleksowe rozwiązania utrzymania ruchu 329
 koncepcja światła ulicznych SKF 186–187
 konstrukcje uszczelnień 39–40
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 238
 konsystencja 185
 testy pracy smarów 188
 kontrakt serwisowy 330
 kontrola 216–227
 podczas pracy 220–224
 podczas przestoju maszyny 224–227
 środki smarne 181
 kontrola temperatury 221
 korekcyjne utrzymanie ruchu *Patrz* reaktywne utrzymanie ruchu
 korozja 298–299
 korozja cierna 302–303, 308, 319
 korozja od wilgoci 308, 317–318
 korozja cierna 298–299
 spowodowana nieprawidłowymi pasowaniami 300
 spowodowana wadliwymi gniazdami 302–303
 testy pracy smarów 188
 usuwanie 226
 korozja od wilgoci 298–299
 spowodowana nieprawidłowym transportem
 lub magazynowaniem 308
 spowodowana nieskutecznym uszczelnieniem 317–318
 wykrywanie i usuwanie problemów 250
 korozja w wyniku tarcia 298–299
 fałszywe odciski Brinella 308, 319
 korozja cierna 298–299, 302–303
 kratery 321–322
 krótka stopa *Patrz* miękka stopa
- L**
 laserowe metody osiowania
 napędów z przesuniętymi osiami 175
 pasów 176–177
 wałów 171–173
 lepkość
 obliczanie 204–206
 oleju 203
 oleju bazowego w smarze plastycznym 185
 równoważniki 414
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 246, 249
 liniaty sinusowe 47
 lista przyrostków
 dla łożysk 24–25
 dla opraw 127–128
 dla uszczelnień 145
 dla zespołów łożyskowych 96
 LuBase 189, 207
 LubeSeLect 189, 192, 207
 luz początkowy 29
 luz roboczy 29
 luz wewnętrzny osiowy 29, 51
 wartości dla łożysk kulkowych skośnych 389–391
 wartości dla łożysk stożkowych 396
 wartości dla łożysk wałowych 394–395
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 248

luz wewnętrzny promieniowy 29, 51
 pomiar za pomocą szczelinomierza 52
 wartości dla łożysk toroidalnych CARB 399–400
 wartości dla łożysk barytkowych 397–398
 wartości dla łożysk igiełkowych 393
 wartości dla łożysk kulkowych samonastawnych (łożysk Y) 401
 wartości dla łożysk kulkowych skośnych 389–390
 wartości dla łożysk kulkowych skośnych
 jednorzędowych dwukierunkowych 391
 wartości dla łożysk kulkowych wahlowych 392
 wartości dla łożysk kulkowych zwykłych 388
 wartości dla łożysk walcowych 393
 wartości luzu wynikowego po montażu 403–404
 wartości zmniejszenia luzu podczas montażu 403–404
 luz wewnętrzny
 początkowy 29, 51
 pomiar za pomocą szczelinomierza 52
 przed i po montażu 29, 51
 roboczy 29
 uwzględnianie przy doborze pasowania 33
 wartości luzu wynikowego po montażu 403–404
 wartości przed montażem 388–401
 wartości zmniejszenia luzu podczas montażu 403–404
 wykrywanie i usuwanie problemów 233, 234, 239–242
 luz 163, 220
 Ł
 łożyska
 częstotliwości uszkodzeń 224
 demontaż 254–269
 dosmarowywanie 194–198
 identyfikacja 26–27
 kontrola 225–226
 montaż 44–91
 podział ze względu na wielkość 46
 przechowywanie 41, 230
 przenoszenie 49–50
 rodzaje i konstrukcje 12–21
 smarowanie podczas montażu 189–191
 system oznaczania 22–25
 terminologia 10
 łożyska barytkowe
 kąty dokręcenia nakrętki łożyskowej 403
 konstrukcje 17
 montaż 90
 montaż (metoda SKF Drive-up) 57–61
 montaż (metoda wtrysku olejowego) 62–66
 wartości dla metody SKF Drive-up 407–411
 wartości luzu wewnętrznego promieniowego 397–398
 wartości przesuwu osiowego 403
 wartości redukcji luzu 403
 łożyska czopa walca w walcu 259
 łożyska do pieców 182
 łożyska do uniwersalnej zabudowy
 montaż 76
 wartości luzu wewnętrznego osiowego 389
 wartości napięcia wstępnego 389
 łożyska igiełkowe
 demontaż 255, 258
 montaż 80–81
 rodzaje i konstrukcje 15–16
 wartości luzu wewnętrznego promieniowego 393
 łożyska kulkowe samonastawne (łożyska Y) 121
 rodzaje i konstrukcje 21
 wartości luzu wewnętrznego promieniowego 401
 łożyska kulkowe skośne
 łożyska do uniwersalnej zabudowy 76
 łożyska pojedyncze 74
 montaż 74–78
 nastawianie łożysk w układzie O 76–77
 nastawianie łożysk w układzie X 74–75
 rodzaje i konstrukcje 12–13
 smarowanie podczas montażu 191
 wartości luzu wewnętrznego osiowego 389
 wartości napięcia wstępnego 389
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 243, 245, 247
 z dwuczęściowym pierścieniem wewnętrznym 78

łożyska kulkowe skośne dwurzędowe
 konstrukcje 12
 montaż 78
 wartości luzu wewnętrznego osiowego 390
 łożyska kulkowe skośne jednorzędowe dwukierunkowe
 konstrukcje 13
 montaż 78
 wartości luzu wewnętrznego osiowego 391
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 244
 łożyska kulkowe wahlowe
 kąty dokręcenia nakrętki łożyskowej 402
 montaż 79–80
 montaż (metoda SKF Drive-up) 57–61
 montaż (metoda wtrysku olejowego) 62–66
 rodzaje i konstrukcje 13
 smarowanie podczas montażu 191
 wartości dla metody SKF Drive-up 392
 wartości luzu wewnętrznego promieniowego 392
 wartości przesuwu osiowego 402
 łożyska kulkowe zwykłe
 rodzaje i konstrukcje 12
 smarowanie podczas montażu 191
 uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem 40
 wartości luzu wewnętrznego promieniowego 388
 łożyska nierozłączne 190
 łożyska poprzeczne 12–17
 łożyska precyzyjne
 rodzaje i konstrukcje 12, 18
 smarowanie podczas montażu 191
 łożyska rozłączne
 montaż 80
 smarowanie podczas montażu 191
 łożyska stożkowe czterorzędowe
 konstrukcje 17
 montaż 89
 łożyska stożkowe dwurzędowe
 konstrukcje 17
 montaż 89
 łożyska stożkowe wielorzędowe *Patrz łożyska stożkowe*
 czterorzędowe
 łożyska stożkowe
 montaż 84–89
 nastawianie łożysk w układzie O 86–88
 nastawianie łożysk w układzie X 84–85
 rodzaje i konstrukcje 16–17
 smarowanie podczas montażu 191
 wartości luzu wewnętrznego osiowego 396
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 245
 łożyska toczne *Patrz łożyska*
 łożyska toroidalne CARB
 kąty dokręcenia nakrętki łożyskowej 404
 montaż 90–91
 montaż (metoda SKF Drive-up) 57–61
 montaż (metoda wtrysku olejowego) 62–66
 rodzaje i konstrukcje 17
 smarowanie podczas montażu 191
 ustalenie osiowe 37
 w oprawach stojących 132
 wartości dla metody SKF Drive-up 412–413
 wartości luzu wewnętrznego promieniowego 399–400
 wartości przesuwu osiowego 404
 wartości redukcji luzu 404
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 240
 wymiary występow oporowych 38
 łożyska uszczelnione 40
 dopuszczalny okres magazynowania 41
 dosmarowywanie 192
 łożyska barytkowe 90
 łożyska kulkowe wahlowe 79
 łożyska kulkowe zwykłe 40
 mycie 189
 podgrzewanie 68
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 238
 łożyska walcowe czterorzędowe
 konstrukcje 14
 montaż 82–84
 łożyska walcowe
 demontaż 258–259

- montaż 80–84
- rodzaje i konstrukcje 13–14
- smarowanie podczas montażu 191
- ustalenie osiowe 37
- wartości luzu wewnętrznego osiowego 394–395
- wartości luzu wewnętrznego promieniowego 393
- łożyska wzdłużne 18–19
- łożyskowania
 - rodzaje 30–31
 - terminologia 11
 - w oprawach stojących 127, 132
- łuszczenie 231
- wykrywanie i usuwanie problemów 244, 249–250
- zapoczątkowane na powierzchni 301, 304, 310–311
- zapoczątkowane pod powierzchnią 303–304, 309

M

- manometry 56
- maszyna ruchoma 167–169
- maszyna stacjonarna 167–168
- maszyny o zmiennej prędkości 223
- materiał kompozytowy *Patrz* poliamid
- maty grzewcze 269
- mechanizm mocowania SKF ConCentra 94–95
- metoda liniału mierniczego
 - do osiowania napędów z przesuniętymi osiami 175
 - do osiowania pasów 176–177
 - do osiowania wałów 170–171
- metoda powierzchnia zewnętrza-powierzchnia czołowa 170–171
- metoda przeciwległych powierzchni zewnętrznych 170–171
- metoda SENSORMOUNT 67
- metoda SKF Drive-up 57–61
 - nakrętki hydrauliczne 406–413
 - narzędzia 56–57
 - wartości ciśnienia oleju 406–413
 - wartości przesuwu osiowego 406–413
- metoda wtrysku olejowego
 - do demontażu łożysk osadzonych na czopach stożkowych 260
 - do demontażu łożysk osadzonych na czopach walcowych 258
 - do demontażu łożysk osadzonych na tulejach wciąganych 264
 - do demontażu łożysk osadzonych na tulejach wciąganych 266
 - do demontażu łożysk z opraw niedzielonych 268
 - do montażu łożysk 62–66
 - wymiary kanałów, rowków i otworów 405
- metoda zliczania pod mikroskopem 212
- metody mocowania na wale 94–96
- metody z czujnikami zegarowymi
 - do metody SKF Drive-up 58–61
 - do nastawiania łożysk kulkowych skośnych 74–77
 - do nastawiania łożysk stożkowych 86–88
 - do osiowania wałów 170–171
- mieszanie smarów *Patrz* smar plastyczny, kompatybilność (zgodność)
- miękką stopa 162
- mikrometry 47–49
- mikropeknięcia 299
- spowodowane nieskutecznym smarowaniem 310
- spowodowane zmęczeniem materiału 309
- mtotki
 - do montażu łożysk 49
 - do montażu uszczelnień 146
- mocowanie na tulei wciąganej 94–95
- demontaż zespołów łożyskowych 274
- montaż zespołów łożyskowych 109–110
- wartości momentów dokręcenia 103
- mocowanie za pomocą cylindrycznego pierścienia mocującego 94–95
- montaż zespołów łożyskowych 119–120
- wartości momentów dokręcenia 102
- mocowanie za pomocą mimośrodowego pierścienia mocującego 94–95
- demontaż zespołów łożyskowych 273
- montaż zespołów łożyskowych 106–108
- wartości momentów dokręcenia 102
- mocowanie za pomocą wkrętów mocujących (dociskowych) 94–95
- demontaż zespołów łożyskowych 272
- montaż zespołów łożyskowych 104–106
- wartości momentów dokręcenia 102
- moment dokręcenia 166

- wartości dla śrub/nakrętek mocujących 105, 131
- wartości dla śrub pokryw górnej 131
- wartości dla zespołów łożyskowych 102–103
- moment tarcia 235
- monitorowanie drgań 222–224
- częstotliwości uszkodzeń łożysk 224
- zbiieranie pomiarów 223
- monitorowanie stanu maszyny 216–224
- hałas 221
- przrzędy SKF 432–434
- smarowanie 222
- temperatura 221
- montaż łożysk 44–91
- instrukcje montażu łożysk różnych typów 74–91
- narzędzia 72–73, 416–418
- nieprawidłowe sposoby montażu 248–249, 305–306
- przy użyciu metod mechanicznych 53–56
- przy użyciu metody SENSORMOUNT 67
- przy użyciu metody SKF Drive-up 57–61
- przy użyciu metody wtrysku olejowego 62–66
- przygotowania 46–49
- warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 240, 243, 245, 247
- montaż na gorąco 68–71
- montaż na zimno 53–67
- montaż opraw 122–139
- oprawy na wymianę 124–129
- oprawy stojące 134–136
- oprawy stojące (SONL) 137–139
- przygotowania 130
- montaż uszczelnień 140–157
- smarowanie podczas montażu 190
- w oprawach stojących dzielonych 133–139
- warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 238–239
- montaż uszczelnień elastomerowych 140–157
- przechowywanie 42
- montaż zespołów łożyskowych 92–121
- elementy na wymianę 94–100
- narzędzia 102–103
- przygotowania 101
- wartości momentów dokręcenia 102–103
- z cylindrycznym pierścieniem mocującym 119–120
- z mechanizmem mocowania SKF ConCentra 111–118
- z mimośrodowym pierścieniem mocującym 106–108
- z tuleją wciągana 109–110
- z wkrętami mocującymi (dociskowymi) 104–106
- mosiądz
 - na podkładki regulacyjne maszyn 163
 - zgodność (kompatybilność) z dodatkami EP 202
- mycie strumieniem wody 29
- mydła 183, 185
- mydła kompleksowe 183
- mydło litowe 185
- mydło wapniowe 185

N

- nadmierne grzanie 233
- nagrzewanie indukcyjne
 - do demontażu łożysk 255, 259
 - do montażu łożysk 69, 82
 - do montażu tulei regeneracyjnych 152
- nakrętki HMV. *Patrz* nakrętki hydrauliczne
- nakrętki hydrauliczne
 - do demontażu łożysk 262, 266
 - do metody SKF Drive-up 56, 406–413
- serie i konstrukcje 73
- napiecie 307
- napiecie wstępne
 - robocze 29, 51
 - wartości dla łożysk kulkowych skośnych 389
 - wykrywanie i usuwanie problemów 240–245
- napinacze śrub 166
- naprawa 331
- naprawa wału 152–154
- narzędzia *Patrz* narzędzia i produkty SKF
- narzędzia i produkty SKF
 - do demontażu 435–436
 - do diagnostyki 432–434

Indeks

- do montażu 416–418
- do osiowania 419
- do smarowania 420–422
- nastawianie łożysk
 - łożyska kulkowe skośne 74–77
 - łożyska stożkowe 84–88
 - wykrywanie i usuwanie problemów 245
- NBR *Patrz* kauczuk i butadienowo-akrylonitrylowe
- nieprostotałość
 - spowodowana niewspółosiowością statyczną 304
 - spowodowana wadliwym gniazdem łożyska 302
 - wykrywanie i usuwanie problemów 251
- nieruchomy pierścień wewnętrzny 293
- niewspółosiowość
 - częstotliwości drgań 222–223
 - napędów z przesuniętymi osiami 175
 - pasów 176–177
 - ślady współpracy 296–297
 - uszczelnień zewnętrznych 238
 - uszkodzenia łożysk 304, 320
 - w zespołach łożysk kulkowych SKF ConCentra 112, 114
 - w zespołach łożysk kulkowych z mimośrodowym pierścieniem mocującym 106, 108
 - w zespołach łożysk kulkowych z tuleją wciągana 110
 - w zespołach łożysk kulkowych z wkrętami mocującymi (dociskowymi) 104, 106
 - w zespołach łożysk wałeczkowych SKF ConCentra 116, 118
 - w zespołach łożysk wałeczkowych z cylindrycznym pierścieniem mocującym 119
 - wałów 167–169
- niewyważenie 223, 243, 246
- niezawodność w oparciu o pracę operatora 219, 330
- niezawodność zasobów 326–329
- numery seryjne
 - na łożyskach kulkowych skośnych jednorzędowych dwukierunkowych 78
 - na łożyskach stożkowych czterorzędowych 89
 - na łożyskach walcowych czterorzędowych 82
 - na oprawach stojących dzielonych 27
- O**
- obciążenia uderowe
 - konieczność stosowania dodatków 207
 - korekta okresu wymiany smaru 195
 - uszkodzenia łożysk 248, 308
- obciążenia wywołane 301, 320
 - wykrywanie i usuwanie problemów 241, 243–244
- obciążenie osiowe
 - obciążenia wywołane 241, 243–244, 301, 320
 - ślady współpracy 294–295
- obciążenie wirujące 32
 - wykrywanie i usuwanie problemów 243
- obieg oleju 208
 - montaż opraw SONL 137–139
 - okresy wymiany oleju 209
 - pobieranie próbek oleju 210
 - w systemach centralnego smarowania 213–215
- obrabiarki
 - smarowanie 191, 215
 - usługi SKF 331
- obróbka maszynowa u klienta 330
- obwódni przyspieszenia 224
- ochrona środowiska 329–330
- odkształcenie plastyczne 298–299
- przeciążenie 305, 308
- wgniecenia 305–306, 316
- odporność na przepracowanie 188
- ograniczenie przemieszczenia przez podłoże 167, 175
- ograniczenie przemieszczenia przez śruby 167, 175
- okresy wymiany oleju 209
- okresy wymiany smaru 192–195
 - wykrywanie i usuwanie problemów 236, 245–246
- olej
 - analiza 210–212
 - dobór 203–207
 - filtrowanie 211–212
 - lepkość 203–206
 - pobieranie próbek 210
 - porównanie ze smarem plastycznym 182, 214
 - zgodność (kompatybilność) 201, 210
- olej bazowy
 - kompatybilność (zgodność) 200–201
 - lepkość 185
 - w oleju 203
 - w smarze plastycznym 183
- olej mineralny
 - w oleju 203–204
 - w smarze plastycznym 183, 189
- olej naturalny
 - w oleju 203
 - w smarze plastycznym 183
- olej syntetyczny
 - w oleju 203
 - w smarze plastycznym 183
- oleje łańcuchowe 209
- do smarownic SKF SYSTEM 199
- oprawy
 - demontaż 278–283
 - identyfikacja 27
 - montaż 122–139
 - rodzaje i konstrukcje 125–127
 - smarowanie podczas montażu 190
 - terminologia 11
- oprawy kołnierzowe
 - demontaż 282–283
 - rodzaje i konstrukcje 125–126
- oprawy naciągowe 125–126
- oprawy SNL *Patrz* oprawy stojące
- oprawy SONL *Patrz* oprawy stojące
- oprawy stojące
 - demontaż 280–281
 - montaż opraw SNL 134–136
 - montaż opraw SONL 137–139
 - rodzaje i konstrukcje 125–126
- oprawy stojące dzielone *Patrz* oprawy stojące
- oprawy stojące niedzielone 126
- osiowanie 158–177
 - maszyn 161–166
 - napędów z przesuniętymi osiami 175
 - pasów 176–177
 - urządzenia SKF 419
 - wałów 167–174
- osiowanie kół pasowych *Patrz* osiowanie pasów
- osiowanie maszyn 161–166
- osiowanie napędów z przesuniętymi osiami 175
- osiowanie napędów z wałem Cardana *Patrz* osiowanie napędów z przesuniętymi osiami
- osiowanie pasów 176–177
- osiowanie powierzchni czołowych kół pasowych 176–177
- osiowanie rowków kół pasowych 176–177
- osiowanie wałów 167–174
 - konwencje pomiarów 167–168
 - metody 170–173
 - tolerancje 169
- otwory poprzeczne 150, 152
- otwór wypływowy smaru 196, 199
- owalność 241
 - spowodowana wadliwym gniazdem łożyska 302–303
 - ślady współpracy 296–297
 - wykrywanie i usuwanie problemów 241
- oznaczenia
 - łożysk 22–25
 - opraw 125–129
 - uszczelnień 143–145
 - zespółów łożyskowych 96–100
- P**
- panele grzewcze 71
- papier ścierny 226
- pasowania
 - dla opraw 336–337
 - dla wałów 334–336
 - dobór 32–34
 - uszkodzenia łożysk 300–302
 - uzyskiwane 338–381

warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 241–242, 246

pełzanie 31

czynniki, które należy uwzględnić przy doborze pasowania 33

spowodowane nieprawidłowymi pasowaniami 300–301

wykrzywanie i usuwanie problemów 243, 246–247

pełzanie pierścienia *Patrz* pełzanie

pęknięcia

- mikropęknięcia 309–312
- spowodowane nieprawidłowymi pasowaniami 300–301
- spowodowane wadliwymi gniazdami 303

pęknięcie 298–299

- pęknięcie termiczne 301
- pęknięcie wymuszone 301, 303
- pęknięcie zmęczeniowe 319

pęknięcie termiczne 298–299

- spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 301

pęknięcie wymuszone 298–299

- spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 301
- spowodowane wadliwym gniazdem 303

pęknięcie zmęczeniowe 298–299

- spowodowane niewspółosiowością podczas pracy 320

piasty kół 87–88

piece grzewcze 182

pienienie (spienianie)

- przyczyny 211
- zabezpieczenie 203

pierścienie dystansowe 91, 134, 151

pierścienie FRB *Patrz* pierścienie ustalające

pierścienie grzewcze *Patrz* aluminiowe pierścienie grzewcze

pierścienie osadzące (zabezpieczające) 91

pierścienie ustalające 132

pierścienie uszczelniające o przekroju okrągłym („oringi”) 39

pierścienie uszczelniające typu V

- montaż na wale 157
- montaż w oprawach stojących 136
- zdejmowanie 186

pierścienie/tuleje udarowe 146

pierścień rozpraszający olej 207–208

- okresy wymiany oleju 209
- w oprawach SONL 137–139

płyn demontażowy 254

płyty ciągnące 260

podkładki

- do opraw 131
- do zespołów łożyskowych 101

podkładki dystansowe 156

podkładki regulacyjne maszyn 163–164

- do nastawiania łożysk kulkowych skośnych 74–75
- do nastawiania łożysk stożkowych 85
- do opraw łożyskowych stojących 130
- do zespołów łożyskowych 101
- serii TMAS 164
- w celu uniknięcia napięcia wstępnego łożysk 244
- warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 241

podstawa korpusu maszyny

- wylewanie żywicy epoksydowej 165
- zjawisko miękkiej stopy 162

pokrycie SKF Springcover 144–145

pokrywy zamykające 133

poła tolerancji *Patrz* ISO, poła tolerancji

poliamid

- oprawy w zespołach łożyskowych 100
- zgodność (kompatybilność) z dodatkami EP 202

polimocznik 183

pompy hydrauliczne

- do metody SKF Drive-up 56
- tabela doboru 72

pompy

- do metody SKF Drive-up 56
- tabela doboru 72

postój

- uszkodzenie spowodowane drganiami 319
- uszkodzenie w wyniku korozji od wilgoci 317–318
- uszkodzenie w wyniku przepływu prądu spowodowanego nadmiernym napięciem przez łożysko 307

powierzchnia współpracująca z uszczelnieniem 142

- naprawa 151–154
- ogłędziny 226–227

wymagania 146

powierzchnie osadzenia

- dla opraw 130
- dla zespołów łożyskowych 101

poziomnice spirytusowe

- do osiowania pasów 176
- do osiowania wałów 170

praca próbna 174

prasy

- do demontażu łożysk 258, 267
- do montażu łożysk 53
- do montażu uszczelnień 146
- prawdziwe odciski Brinella 308

prąd elektryczny

- uszkodzenia w wyniku przepływu prądu spowodowanego nadmiernym napięciem 307
- uszkodzenia w wyniku upływu prądu 321–322
- warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 249–250

pręty prowadzące 81

profilaktyka czynna w utrzymaniu ruchu 219

prognozowane utrzymanie ruchu 218–219

promienniki podczerwieni 70

prostopadłość 36, 386

przechowywanie

- łożysk 41
- środków smarnych 42–43
- uszczelnień elastomerowych 42
- uszkodzenia łożysk 308

przeciążenie 298–299

- spowodowane nieprawidłowym montażem 305
- spowodowane nieprawidłowym transportem lub magazynowaniem 308

przeciwkorozyjny środek ochronny (inhibitor korozji) 189

kompatybilność (zgodność) ze smarami 189, 202

usuwanie 202

przedwczesne uszkodzenia łożysk *Patrz* uszkodzenia łożysk

przegląd strategii obsługi maszyn 328–330

przetłamanie 298–299

przemieszczenie osiowe 30–31

- dla łożysk toroidalnych CARB 91
- pomiar przesuwu osiowego 56–57
- uwzględnianie przy doborze pasowania 34
- w oprawach łożyskowych 132
- wartości dla metody SKF Drive-up 406–413

przenoszenie i obchodzenie się

- łożyska 49–50
- środki smarne 181
- uszkodzenia łożysk 305–306, 308

przesuw osiowy

- pomiar przesuwu osiowego 56
- pomiar redukcji luzu 55
- wartości dla łożysk barytkowych 403
- wartości dla łożysk kulkowych wahlowych 402
- wartości dla łożysk toroidalnych CARB 404
- wykrzywanie i usuwanie problemów 246

przetaczanie się elementów tocznych 231

częstotliwość uszkodzeń łożysk 224

przypadki obrotu łożyska 32

PTFE

- przyrostki oznaczeń dla uszczelnień 145
- uszczelnienia promieniowe wałów 143, 146, 150
- w wysokich temperaturach 142
- zgodność (kompatybilność) 202

punktaki

- do montażu uszczelnień 148
- do montażu zespołów łożyskowych 107–108

R

rdza

- spowodowana nieskutecznym uszczelnieniem 317–318
- spowodowana wadliwym gniazdem łożyska 302
- wykrzywanie i usuwanie problemów 246

reaktywne/korekcyjne utrzymanie ruchu 218–219

redukcja luzu 54–55

- wartości dla łożysk barytkowych 403
- wartości dla łożysk toroidalnych CARB 404

regeneracja 331

regulowane stalowe podstawki poziomujące *Patrz* elementy SKF
 Vibracon SM
 regulowanie położenia za pomocą podkładek 163
 rękawice 73
 RMI *Patrz* SKF Reliability Maintenance Institute
 rodzaje uszkodzeń łożysk 298–299
 rolki prowadzące 19–20
 rowek SKF Springlock 144–145
 rowki klinowe 150, 152
 rowkowanie (sfalowanie powierzchni)
 spowodowane drganiami 319
 spowodowane prądem elektrycznym 322
 rozkład obciążenia
 ślady współpracy 292–297
 uwzględnianie przy doborze pasowania 32
 rozpuszczalniki
 do mycia łożysk 225
 postępowanie 225
 rodzaje 254
 rozruch 191
 uruchamianie
 łożysk smarowanych olejem 207
 łożysk smarowanych smarem plastycznym 186–187,
 190–191
 rozszerzalność cieplna
 montaż łożysk toroidalnych CARB 91
 uwzględnianie przy doborze pasowania 33–34
 uwzględnianie przy osiowaniu 161, 169
 rozszerzenie pierścienia wewnętrznego 56
 różnica temperatur
 między pierścieniem wewnętrznym i zewnętrznym 221
 uwzględnianie przy doborze pasowania 33
 uwzględnianie przy osiowaniu 161
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 240
 ruch wału 234
 ruchy oscylacyjne 207

S
 sfalowanie powierzchni 322
 SKF @ptitude Decision Support 327
 SKF @ptitude Exchange 327
 SKF CircOil 215
 SKF Duoflex 215
 SKF DuraLife 145
 SKF DuraLip 145
 SKF Lubrication Planner 180
 SKF LubriLean 215
 SKF Monoflex 215
 SKF Multiflex 215
 SKF Oil+Air 215
 SKF ProFlex 215
 SKF Reliability Maintenance Institute 326–327
 SKF SPEEDI-SLEEVE 225
 montaż 152–153
 SKF SYSTEM 24 198–199
 składanie zespołów łożysk kulkowych 121
 słona woda 185
 smar fluorowy 189, 200, 202
 smar plastyczny
 analiza 222
 dobór 189
 działanie 184
 karty charakterystyki 181, 184–188
 kompatybilność (zgodność) 200–202
 konsystencja 185, 188
 porównanie z olejem 182, 214
 smary SKF 423–431
 starzenie 192, 195
 sztywność 185, 187
 tabela doboru (smary SKF) 430–431
 testy pracy smarów 188
 właściwości 185–188
 zakres temperatury pracy 186–187
 smarowanie 178–215
 narzędzia i produkty SKF 420–422
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 236–237
 zarządzanie 180

smarowanie ciągłe 195, 197
 smarowanie minimalnymi ilościami środka smarnego 214–215
 smarowanie olejowe 203–212
 smarowanie olejowo-powietrzne 207–208
 SKF Oil+Air 215
 smarowanie smarem plastycznym 183–202
 smarowniczi
 do dosmarowywania 195
 pozycja na oprawkach łożyskowych 134, 196
 smary SKF 423–431
 do smarownic SKF SYSTEM 24 199
 tabela doboru 430–431
 Solid Oil 182–183
 sondy ultradźwiękowe 221
 spawanie 172
 SPEEDI-SLEEVE *Patrz* SKF SPEEDI-SLEEVE
 sprawdziany pierścieniowe 47
 sprawdziany stożkowe 47–48
 sprawność energetyczna 329
 sprężone powietrze 226
 sprężyny zaciskowe
 rodzaje i konstrukcje uszczelnień 143–145
 warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 237
 Springcover *Patrz* pokrycie SKF Springcover
 stabilność mechaniczna 188
 staliwo 126
 stetoskop elektroniczny 221
 stosunek lepkości 204
 strategie obsługi maszyn 218–219
 strefy obciążenia 292–297
 styk metal-metal
 powodujący zużycie przylgowe 312
 wykrywanie i usuwanie problemów 233–234, 237, 246, 249
 zabieganie 184, 203
 substancje inne niż mydła 183
 suchy środek smarny 182–183
 SYSTEM 24 *Patrz* SKF SYSTEM 24
 systemy centralnego smarowania 213–215
 systemy smarowania
 centralnego 213–215
 olejowego 207–209
 systemy smarowania olejowego 207–209
 systemy z całkowitą utratą środka smarnego 214
 szczelinomierz
 do osiowania pasów 176
 do osiowania wałów 170
 do pomiaru luzu wewnętrznego 52
 do pomiaru redukcji luzu 55
 do sprawdzania występowania miękkiej stopy 162
 szczeliwa
 aby uniknąć wycieku oleju 137
 do montażu uszczelnień 148, 152
 szkolenia 326–327
 ściągaacze mechaniczne 256, 260
 ściągaacze wewnętrzne do łożysk 268
 ściągaacze ze wspomaganie hydraulicznym 257, 260
 ściągaacze
 do demontażu łożysk osadzonych na czopach stożkowych 260
 do demontażu łożysk osadzonych na czopach walcowych 256–257
 do demontażu łożysk z opraw niedzielných 267–269
 do demontażu opraw kołnierzych 282
 ślady współpracy 291–297
 środek obrotu 167
 środek przeciwko korozji czarnej 49
 środek smarny
 dobór 182
 dopuszczalny okres magazynowania 43
 kontrola 181, 222, 225
 obchodzenie się 181
 przechowywanie 42
 trwałość eksploatacyjna 28
 usuwanie 181
 środki smarne do stosowania w przemyśle spożywczym 209, 424
 środki zabezpieczające (ochronne)
 usuwanie z nowych łożysk 47, 202
 zgodność (kompatybilność) 189, 202
 śruby łączące 131

śruby/nakrętki mocujące
do opraw 131
do zespołów łożyskowych 102, 105
kompensowanie zjawiska miękkiej stopy 162

T

tabela przeliczników jednostek 437
tabele tolerancji
dla opraw (wymiary calowe) 372–381
dla opraw (wymiary metryczne) 350–359
dla wałów (montaż na tulejach) 384
dla wałów (wymiary calowe) 360–371
dla wałów (wymiary metryczne) 338–349
zmodyfikowane odchyłki średnicy wału do stosowania
do łożysk o wymiarach calowych 382–383
tarcie 233
temperatura
monitorowanie 221
odniesienia 203
otoczenia 161
pracy 186–187
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 233
temperatura kroplenia 185
testy pracy smarów 188
temperatura odniesienia 203
temperatura otoczenia
uwzględnianie przy dosmarowywaniu 195–196
uwzględnianie przy osiowaniu maszyn 161
temperatura pracy
korekta okresu wymiany smaru 195
łożysk 187, 204
monitorowanie 221
smaru 186–187
wykrywanie i usuwanie problemów 190, 202, 233
terminologia 10–11
termometry 221
test gorącej płytki 211
test korozji miedzi 188
test ochrony przed korozją 188
test VKA 188
Tester stanu maszyny SKF 223
tłoczona blacha stalowa 100
trwałość eksploatacyjna 28–29
czynniki wpływające 230–231
trwałość łożysk
trwałość eksploatacyjna 28–29
trwałość nominalna 27–28
trwałość nominalna 27–28
trwałość nominalna podstawowa 27
trwałość nominalna wg SKF 27–28
trzcienie 146
tuleje montażowe
do montażu łożysk walcowych 81–84
do zakładania uszczelnień 150
tuleje regeneracyjne 152–153
tuleje regeneracyjne o dużej średnicy 227
montaż 152–153
tuleje wciągane
demontaż łożysk 260–264
demontaż opraw kołnierзовych 282
montaż łożysk (metoda SKF Drive-up) 57–61
montaż łożysk (metoda wtrysku olejowego) 62–66
tuleje wciskane
demontaż łożysk 264–267
montaż łożysk (metoda SKF Drive-up) 57–61
montaż łożysk (metoda wtrysku olejowego) 62–66

U

ugniatanie smaru
powodujące wyciek środka smarnego 222
spowodowane drganiami 195
spowodowane nadmierną ilością smaru 190, 199
wykrywanie i usuwanie problemów 236
układy łożysk O (rozbieżne)
nastawianie łożysk kulkowych skośnych 76–77
nastawianie łożysk stożkowych 86–88
układy łożysk X (zbieżne)

nastawianie łożysk kulkowych skośnych 74–75
nastawianie łożysk stożkowych 84–85
upływ prądu 298–299
spowodowany przepływem prądu elektrycznego 321–322
usługi mechaniczne w zakresie utrzymania ruchu 330
Usługi SKF Monitorowania Zużycia Energii 329–330
usługi w zakresie napraw i modernizacji wrzecion obrabiarek 331
ustalenie łożyska 31–38
ustalenie osiowe 37–38
w oprawach stojących 132
ustalenie promieniowe 31–36
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 241–242, 246
uszczelki blaszane 156
uszczelnienia
do opraw 128–129
do zespołów łożyskowych 96
dopuszczalny okres magazynowania 42
montaż 140–157
terminologia 11
trwałość eksploatacyjna 28
uszczelnienia promieniowe wałów 143–145
uszczelnienia zewnętrzne 39
uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem 40
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 233, 235
zdejmowanie 284–286
uszczelnienia bezstykowe
uszczelnienia zewnętrzne 39
uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem 40
zdejmowanie 284
uszczelnienia czterowargowe
dosmarowywanie 196
smarowanie podczas montażu 190
uszczelnienia dwuwargowe
dosmarowywanie 196
smarowanie podczas montażu 149, 190
uszczelnienia dzielone 133, 154–155
uszczelnienia filcowe 238
uszczelnienia jednolite
montaż 133, 149
rodzaje i konstrukcje 144–145
uszczelnienia labiryntowe 39
dosmarowywanie 196
montaż w oprawach stojących 136
smarowanie podczas montażu 190
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 238
uszczelnienia promieniowe wałów
czyszczenie 146
montaż do oprawy 146–149
rodzaje i konstrukcje 143–145
wymiana 151
zakładanie nad wałem 150
uszczelnienia stykowe
uszczelnienia zewnętrzne 39
uszczelnienia zintegrowane z łożyskiem 40
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 238
zdejmowanie 284–286
uszczelnienia takonitowe 128–129
uszczelnienia zewnętrzne 39
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 238
uszczelnienia zintegrowane
do łożysk 40
do zespołów łożyskowych 96
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 237–238, 251
uszkodzenia łożysk 298–323
eksploatacyjne 309–322
klasyfikacja ISO 298
objawy 232–235
przedeksplatacyjne 300–308
przyczyny 230–231, 298
uszkodzenia maszyn 222
uszkodzenia w transporcie 308
uszkodzenie powierzchni 233–235
uszkodzenie w wyniku uderzenia
spowodowane nieprawidłowym montażem 248, 305
spowodowane nieprawidłowym transportem
lub magazynowaniem 308
utlenianie

Indeks

ochrona 81, 184, 203
powodujące korozję 299
smaru 186
utleniony środek smarny 226, 254
uzyskiwane pasowania
dla opraw (wymiaru calowe) 372–381
dla opraw (wymiaru metryczne) 350–359
dla wałów (wymiaru calowe) 360–371
dla wałów (wymiaru metryczne) 338–349

W
walcowość 36, 386
wały drążone 34–35
wały pionowe
korekta okresu wymiany smaru 195
uwzględnianie przy doborze środka smarnego 182
warga uszczelniająca SKF WAVE 143
wargi dodatkowe
rodzaje i konstrukcje uszczelnień 143–145
smarowanie podczas pierwszego montażu 149, 190
wargi uszczelniające
kierunek ustawienia 146, 239
materiały 145
rodzaje i konstrukcje 143–145
wykonane z PTFE 146
wartość znamionowa filtra 212
ciągnik wielokrążkowy 50, 68
węzły łożyskowe nastawne 31
ustalenie osiowe 37–38
węzły łożyskowe swobodne 30–31
węzły łożyskowe ustalające 30–31
wgniecenia 298–299
rozwoj uszkodzenia łożyska 211, 231
spowodowane nieprawidłowym montażem 305–306
spowodowane nieskutecznym uszczelnieniem 316
wykrzywanie i usuwanie problemów 245, 248
wilgotność
podczas przechowywania łożysk i zespołów łożyskowych 41
podczas przechowywania środków smarnych 43
podczas przechowywania uszczelnień elastomerowych 42
wirujący pierścień zewnętrzny
aplikacja: koło pojazdu 87–88
korekta okresu wymiany smaru 195
ślady współpracy 293
warunki obciążenia 32
woda
odporność smaru plastycznego 183, 185, 188
uszkodzenia łożysk 317–318
zanieczyszczenie 181, 187, 212
zawartość w oleju 210–211
wskaźnik lepkości 203
wskaźnik momentu 112–113
wskaźnik poziomu oleju 137, 139
wsparcie techniczne 324–331
współczynnik obciążenia 187
współczynnik prędkości 187
wartości graniczne dla smarowania smarami plastycznymi 186, 194
wtrysk oleju 208
okresy wymiany oleju 209
wtryskiwacze olejowe 72
wyciek oleju 182
wykrzywanie i usuwanie problemów 236
wyciek smaru 182
testy pracy smarów 188
wykrzywanie i usuwanie problemów 202, 236, 238–239
wycieki 222
wykrzywanie i usuwanie problemów 236, 238–239, 245
wydostawianie się nadmiaru smaru
podczas całkowitej wymiany zasobu smaru 199
podczas dosmarowywania 196
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 239
wydzielanie się oleju ze smaru 181, 184, 187
korekta okresu wymiany smaru 195
testy pracy smarów 188
wykrzywanie i usuwanie problemów 228–251
wymiana smaru 192–198
w łożyskach uszczelnionych 90, 192

wpływ na temperaturę 221
wypusty 150, 152
występy oporowe
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 237, 251
wymagania odnośnie dokładności 35–36, 386
wymiaru 38

X

XNBR *Patrz* kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe

Z

zacieranie
powodujące zużycie przylgowe 301, 312
wykrzywanie i usuwanie problemów 244, 247
zaciśnięcie *Patrz* owalność
zaciśnięcie spowodowane owalnością *Patrz* owalność
zaczeszczacze
rodzaje 183
zgodność (kompatybilność) 201
zalecane pasowania *Patrz* pasowania
zanieczyszczenia ciekłe 212
wykrzywanie i usuwanie problemów 246, 250
zanieczyszczenia stałe 211–212
wykrzywanie i usuwanie problemów 245, 249
zanieczyszczenie
klasyfikacja ISO 212
korekta okresu wymiany smaru 195
powodujące wgniecenia 316
powodujące zużycie ściernie 314–315
rozwoj uszkodzenia łożyska 231
wykrzywanie i usuwanie problemów 245–246, 249–250
zanieczyszczenia 211–212
zaokrąglenia przejścia
warunki powodujące nieprawidłową pracę łożysk 247
wymiaru 38, 387
zapobiegawcze utrzymanie ruchu 218–219
zapora z tworzywa piankowego 165
zarządzanie zasobami 326–329
zdejmowanie uszczelnień 284–286
zespoły dopasowanych łożysk 76
zespoły łożysk kulkowych
demonтаж 272–275
metody mocowania na wale 94–96
montaż 104–114
oznaczenia 96, 100
rodzaje i konstrukcje 96–100
składanie 121
zespoły łożysk kulkowych SKF ConCentra
demonтаж 275
montaż 111–114
zespoły łożysk wałeczkowych
demonтаж 276–277
metody mocowania na wale 94–96
montaż 114–120
oznaczenia 96, 100
rodzaje i konstrukcje 96–100
zespoły łożysk wałeczkowych SKF ConCentra
demonтаж 276–277
montaż 114–118
zespoły łożyskowe
demonтаж 270–277
identyfikacja 27
metody mocowania na wale 94–96
montaż 92–121
oznaczenia 96, 100
przechowywanie 41
rodzaje i konstrukcje 96–100
zespoły łożyskowe Y *Patrz* zespoły łożyskowe
zespoły łożyskowe z oprawą kołnierзовą 100
demonтаж 270–277
montaż 104–120
rodzaje i konstrukcje 96–100
zespoły z oprawą naciagową
demonтаж 270–277
montaż 104–120
zespoły z oprawą stojącą
demonтаж 270–277
montaż 104–120

- rodzaje i konstrukcje 96 –100
- Zestaw do badania smaru SKF 222
- Zestaw narzędzi do montażu łożysk SKF
 - do montażu łożysk 72
 - do montażu uszczelnień 146
- zgodność (kompatybilność)
 - między olejami bazowymi 201
 - między zagęszczaczami 201
 - olej 210
 - smar plastyczny 200 –202
- zliczanie cząstek 212
- zmęczenie materiału 298 –299
 - zapoczątkowane na powierzchni 301, 303–304, 310 –311
 - zapoczątkowane pod powierzchnią 301, 303–304
- zmęczenie materiału zapoczątkowane pod powierzchnią 298 –299, 309
 - spowodowane wadliwym gniazdem łożyska 303
 - spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 301
 - spowodowane niewspółosiowością statyczną 304
- zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni 298 –299
 - spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 301
 - spowodowane nieskutecznym smarowaniem 310 –311
 - spowodowane niewspółosiowością statyczną 304
 - spowodowane wadliwym gniazdem łożyska 303
- wykrywanie i usuwanie problemów 249
- zużycie 298 –299
 - przyłgowe 301, 312
 - ścierne 300 –301, 313, 314–315
- zużycie poprzez polerowanie
 - spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 300 –301
 - spowodowane nieskutecznym uszczelnieniem 315
- zużycie przyłgowe 298 –299
 - spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 301
 - spowodowane nieskutecznym smarowaniem 312
- zużycie ścierne 298 –299
 - spowodowane nieprawidłowym pasowaniem 300 –301
 - spowodowane nieskutecznym smarowaniem 313
 - spowodowane nieskutecznym uszczelnieniem 314–315
- zwilżanie powierzchni 202
- żeliwo sferoidalne 126
- żeliwo
 - oprawy zespołów łożyskowych 100
 - oprawy 126
- żywica epoksydowa
 - do naprawy wału 152
 - do osiowania maszyn 165

SKF Poradnik Obsługi Technicznej Łożysk



® SKF, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOcoat, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE, VIBRACON, @PTITUDE są zarejestrowanymi znakami handlowymi Grupy SKF

™ SKF EXPLORER jest zarejestrowanym znakiem Grupy SKF

Epocast 36 jest zastrzeżonym znakiem handlowym H. A. Springer marine + industrie service GmbH, Illinois Tool Works company

© SKF Group 2010

Zawartość niniejszej publikacji jest chroniona prawem autorskim i nie może być powielana (również we fragmentach) bez uprzedniego uzyskania pisemnego pozwolenia. Wydawca podjął wszelkie starania, aby informacje zawarte w publikacji były dokładne i prawdziwe, jednak nie ponosi żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek straty lub szkody, zarówno bezpośrednie, pośrednie, jak i wtórne, powstałe w wyniku korzystania z informacji zawartych w niniejszej publikacji.

PUB SR/P7 10001/1 PL • Lipiec 2011

Niniejsza publikacja zastępuje publikację 4100.

Zdjęcia użyte na podstawie licencji z Shutterstock.com.

