

Manual de manutenção de rolamentos da SKF



© SKF, @PTITUDE, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCOAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE e VIBRACON são marcas registradas do Grupo SKF.

™ SKF EXPLORER é uma marca comercial do Grupo SKF.

Epocast 36 é uma marca comercial registrada da H.A. Springer Marine + Industrie Service GmbH, uma empresa Illinois Tool Works.

© Grupo SKF 2012

O conteúdo desta publicação é de direito autoral do editor e não pode ser reproduzido (nem mesmo parcialmente), a não ser com permissão prévia por escrito. Todo cuidado foi tomado para assegurar a precisão das informações contidas nesta publicação, mas nenhuma responsabilidade pode ser aceita por qualquer perda ou dano, seja direto, indireto ou consequente como resultado do uso das informações aqui contidas.

PUB SR/P7 10001/1 PT.BR · Fevereiro de 2012

Algumas imagens utilizadas estão sob licença de Shutterstock.com

1	Noções básicas	8	1
2	Montagem de rolamentos.	44	2
3	Montagem de unidades de rolamento	92	3
4	Montagem caixas de mancal	122	4
5	Instalação de vedações.	140	5
6	Alinhamento	158	6
7	Lubrificação	178	7
8	Inspeção	216	8
9	Solução de problemas	228	9
10	Desmontagem	252	10
11	Danos aos rolamentos e suas causas	288	11
12	Suporte à manutenção.	324	12
13	Apêndices	332	13
14	Índice	438	14

Manual de manutenção de rolamentos da SKF



A marca SKF agora significa mais do que nunca e representa mais para você, nosso estimado cliente.

Embora a SKF mantenha sua liderança como referência de qualidade em rolamentos no mundo inteiro, novas dimensões em avanços técnicos, suporte de produto e serviços transformaram a SKF em um autêntico fornecedor orientado para soluções, agregando mais valor para os clientes.

Essas soluções englobam maneiras de trazer maior produtividade para os clientes, não apenas com inovadores produtos específicos para cada aplicação, mas também através de avançadas ferramentas de simulação de projetos e serviços de consultoria, programas de manutenção da eficiência dos ativos das fábricas e as mais modernas técnicas de gerenciamento de suprimentos da indústria.

A marca SKF ainda significa o que há de melhor em rolamentos, mas agora representa muito mais.

SKF – a empresa de conhecimento em engenharia

Prefácio

O manual de manutenção de rolamentos da SKF é um abrangente guia de trabalho para o profissional de manutenção. Com as recomendações deste manual, a SKF tem a intenção de encorajar práticas de manutenção seguras e hábeis que podem ajudar a aumentar a vida útil dos rolamentos, reduzir o tempo de parada da máquina e reduzir, ao mínimo, as atividades de manutenção não planejadas.

Este manual não tem por objetivo ser um catálogo de projeto de aplicação. Para obter informações detalhadas sobre o projeto de arranjos de rolamentos, visite www.skf.com/bearings.

Estrutura do manual

O manual está dividido em 14 capítulos, marcados com abas azuis numeradas na margem direita:

- O Capítulo 1 aborda o fundamental sobre rolamentos, produtos relacionados e arranjos de rolamentos.
- Os Capítulos 2 a 5 contêm instruções de montagem de rolamentos, caixas de mancal, unidades de rolamento e vedações.
- O Capítulo 6 descreve as atividades de manutenção associadas ao alinhamento da máquina.
- O Capítulo 7 fornece informações e recomendações para atividades de manutenção importantes no campo de lubrificação relacionado aos rolamentos.
- O Capítulo 8 abrange as atividades de manutenção de inspeção e monitoramento das condições.
- O Capítulo 9 é sobre solução de problemas, apresentando condições comuns de problemas e soluções sugeridas.

- O Capítulo 10 contém instruções de desmontagem dos rolamentos, unidades de rolamento, caixas de mancal e vedações.
- O Capítulo 11 é dedicado a danos aos rolamentos, incluindo a classificação ISO.
- O Capítulo 12 fornece uma visão geral dos recursos adicionais da SKF no auxílio à manutenção.
- O Capítulo 13 contém Apêndices com informações de referência importantes necessárias para o trabalho de manutenção, bem como uma visão geral dos produtos de manutenção da SKF.
- O Capítulo 14 é o Índice.

Todo cuidado foi tomado para assegurar a precisão das informações e que as instruções contidas neste manual sejam claras e reflitam práticas seguras, mas não nos responsabilizamos por quaisquer erros ou omissões, bem como por qualquer mau uso de ferramentas e outros equipamentos fornecidos pela SKF.

Uma nota sobre sustentabilidade

Sustentabilidade significa desempenhar atividades, usando recursos de maneira que as gerações futuras não sejam comprometidas. Existem muitas áreas dentro da manutenção de rolamentos, onde a energia pode ser economizada, desde o gerenciamento de resíduos, até a redução do uso de lubrificantes, ao uso adequado de equipamentos e ferramentas. A SKF está comprometida com um ambiente sustentável e incentiva outros a contribuir com a economia de energia e materiais.

SKF – a empresa de conhecimento em engenharia

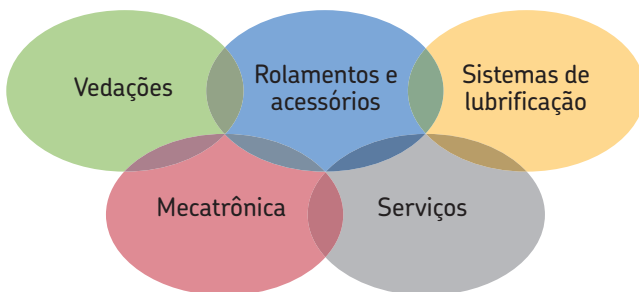
Começando como uma empresa que desenvolveu rolamentos autocompensadores de esferas há 100 anos, a SKF transformou-se em uma empresa de conhecimento em engenharia que tem a capacidade de fazer uso de cinco plataformas para criar inigualáveis soluções para os seus clientes. Essas plataformas naturalmente incluem rolamentos, unidades de rolamentos e vedações, porém se estendem também a outras áreas que incluem: lubrificantes e sistemas de lubrificação, de importância crítica para uma longa vida útil em serviço em diversas aplicações; mecatrônica, que agrega conhecimentos de eletrônica e de mecânica em sistemas para um movimento linear mais eficaz e soluções baseadas em sensores; e uma completa gama de serviços, desde o projeto e apoio logístico, até o monitoramento de condições e sistemas de confiabilidade.

Embora o escopo tenha sido ampliado, a SKF continua a ostentar a liderança em projeto, fabricação e comercialização de rolamentos, bem como produtos complementares, tais como vedações radiais. A SKF detém também uma posição cada vez mais importante no mercado de produtos de movimento linear, rolamentos de alta precisão para a indústria aeroespacial, fu-

sos para máquinas-ferramenta e serviços de manutenção de instalações industriais.

O Grupo SKF possui a certificação global de norma ISO 14001. As divisões individuais receberam aprovação na certificação de qualidade em conformidade com a norma ISO 9000 ou a QS9000.

Contando com aproximadamente 100 instalações industriais ao redor do mundo e empresas de vendas em 70 países, a SKF é uma companhia verdadeiramente internacional. Além disto, os nossos distribuidores e revendedores espalhados por 15 mil pontos ao redor do mundo, um mercado de e-business e um sistema global de distribuição colocam a SKF próxima ao cliente para o suprimento tanto de produtos quanto de serviços. Em resumo, as soluções SKF estão disponíveis em qualquer lugar ou a qualquer momento, sempre que o cliente precisar. Em termos globais, a marca SKF e a corporação estão mais fortes do que nunca. Na qualidade de uma empresa de conhecimento em engenharia, estamos de prontidão para servi-lo com a competência de produtos de classe mundial, recursos intelectuais, e a visão voltada para ajudá-lo a alcançar o sucesso.





© Airbus – photo: em company, H. Goussé

Envolvendo a tecnologia by-wire (eletrônica)

A SKF possui uma inigualável perícia na tecnologia by-wire, que passa por um rápido crescimento, desde o fly-by-wire (voo dirigido eletronicamente), até a drive-by-wire (direção eletrônica), a work-by-wire (operação eletrônica). A SKF foi pioneira na introdução da tecnologia de fly-by-wire e é uma parceira que trabalha numa relação próxima com todos os líderes da indústria aeroespacial. Como exemplo, praticamente todas as aeronaves projetadas pela Airbus incorporam os sistemas by-wire da SKF para o controle de voo, a partir da cabine de comando.



A SKF é também líder na tecnologia de controle eletrônico automotivo, e trabalhou em parceria com engenheiros automotivos no desenvolvimento de dois carros conceito, que empregam controles mecatrônicos para direção e frenagem. Desenvolvimentos adicionais do sistema by-wire conduziram a SKF na produção de uma empilhadeira inteiramente elétrica, que emprega a mecatrônica em vez de sistema hidráulico para todos os controles.



Emprego da força dos ventos

A crescente indústria de energia elétrica gerada pelos ventos proporciona uma fonte de energia limpa e verde (não poluidora). A SKF trabalha numa relação próxima com os principais líderes da indústria global no desenvolvimento de turbinas eficientes e que funcionam sem apresentar problemas, fornecendo uma ampla gama de rolamentos de grande tamanho e dotados de elevado grau de especialização e sistema de monitoramento de condições para ampliar a durabilidade dos equipamentos das instalações eólicas, situadas mesmo nas regiões mais afastadas e inóspitas.



Trabalhando em ambientes extremos

Nos invernos rigorosos, particularmente nos países do Norte, as extremas temperaturas negativas podem fazer com que os rolamentos dos rodios ferroviários engripem, devido à falta de lubrificante. A SKF criou uma nova família de lubrificantes sintéticos formulados para preservar a sua viscosidade de lubrificação, mesmo em tais temperaturas. Os conhecimentos da SKF permitem aos fabricantes e aos usuários finais superar os assuntos relacionados com desempenho resultante de temperaturas extremas, quentes ou frias. Por exemplo, os produtos SKF estão em operação nos mais diferentes ambientes, tais como fornos de cozimento e congelamento instantâneo em instalações de processamento de alimentos.



Desenvolvimento de equipamentos de limpeza mais eficientes

O motor elétrico e o seu rolamento representam a parte mais importante de diversos eletrodomésticos. A SKF trabalha em estreita colaboração com fabricantes de eletrodomésticos para aprimorar o desempenho dos seus produtos, reduzir os custos, reduzir o peso e diminuir o consumo de energia elétrica. Um recente exemplo desta colaboração é a nova geração de aspiradores de pó que proporcionam uma sucção muito maior. Os conhecimentos da SKF na área de tecnologia de rolamentos de pequenas dimensões são também aplicáveis aos fabricantes de ferramentas motorizadas e equipamentos para escritório.



Instalação de um laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento que funciona a 350 km/h

Além das reconhecidas instalações de pesquisa e desenvolvimento da SKF na Europa e nos Estados Unidos, as corridas de carros da Fórmula 1 proporcionam um ambiente inigualável para a SKF ultrapassar os limites de tecnologia de rolamentos. Há mais de 60 anos, os produtos, conhecimentos e engenharia da SKF vêm ajudando a tornar a escuderia Ferrari uma formidável força nas corridas de F1. (Um carro de corrida normal da Ferrari utiliza mais de 150 componentes da SKF.) As lições aprendidas aqui são aplicadas aos produtos que fornecemos aos fabricantes automotivos e ao mercado de reposição ao redor do mundo.



Proporcionar o aprimoramento da eficiência dos ativos

Graças ao seu sistema de confiabilidade, a SKF fornece um abrangente sortimento de produtos que aperfeiçoam a eficiência dos ativos e serviços, desde o hardware e software de monitoramento de condições, até a estratégia de manutenção, assistência relativa a problemas de engenharia e programas de confiabilidade de máquinas. A fim de aperfeiçoar o desempenho e impulsionar a produtividade, determinadas instalações fabris preferem utilizar soluções integradas de manutenção, nas quais a SKF fornece todos os serviços por meio de um contrato com remuneração fixa, baseada no desempenho.



Planejamento para um crescimento sustentável

Graças à sua própria natureza, os rolamentos proporcionam uma contribuição positiva para o ambiente natural, tornando possível que o maquinário opere com maior eficiência, consuma menos energia, e necessite de menos lubrificação. Ao aumentar o nível de desempenho para todos os nossos produtos, a SKF possibilita uma nova geração de produtos e equipamentos de elevada eficiência. Com o olho no futuro e no mundo que deixaremos para os nossos filhos, a política ambiental de saúde e segurança do Grupo SKF, bem como as técnicas de fabricação, são planejadas e implementadas para ajudar na proteção e preservação dos limitados recursos naturais da Terra. Mantemos o compromisso de um crescimento sustentável e ambientalmente responsável.



Noções básicas

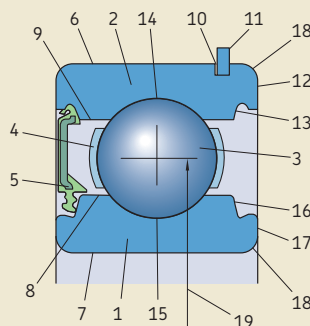
Terminologia	10	Métodos de fixação de rolamentos	31
Tipos e projetos de rolamentos	12	Fixação radial dos rolamentos	31
Rolamentos radiais	12	Seleção de ajustes	32
Rolamentos axiais	18	Ajustes e tolerâncias recomendadas	35
Rolamentos de leva e de apoio	19	Requisitos de precisão dimensional, de forma e de giro	35
Rolamentos Y	21	Rugosidade da superfície dos assentos dos rolamentos	36
Sistema de designação para rolamentos	22	Fixação axial dos rolamentos	37
Designações básicas	22	Dimensões do ponto de contato e do filete	38
Sufixos de designação	24	Arranjos de vedação	39
Identificação de produtos SKF	26	Vedações externos	39
Identificação de rolamentos	26	Soluções de vedação integral de rolamentos	40
Identificação de caixas de mancal bipartidas e unidades de rolamento	27	Armazenagem de rolamentos, vedações e lubrificantes	41
Vedações para reposição	27	Armazenagem de rolamentos, unidades de rolamento e caixas de mancal	41
Vida do rolamento	27	Armazenagem de vedações de elastômeros	42
Vida nominal básica	27	Armazenagem de lubrificantes	42
Vida nominal SKF	27	Descarte de lubrificantes	43
Vida útil	28		
Vida útil do rolamento	28		
Vida útil da vedação	28		
Vida útil do lubrificante	28		
Limpeza	28		
Folga interna do rolamento	29		
Arranjos de rolamentos	30		
Tipos de arranjos de rolamentos	30		
Arranjos de rolamento com fixação e livres	30		
Arranjos de rolamentos ajustados	31		

Terminologia

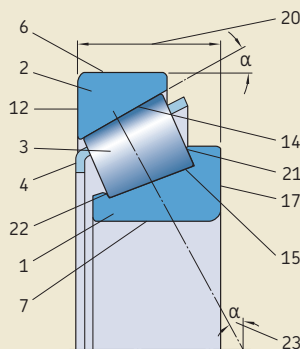
Rolamentos (→ fig. 1)

- 1 Anel interno
- 2 Anel externo
- 3 Corpo rolante: esfera, rolo cilíndrico, rolo de agulha, rolo cônico, rolo autocompensador, rolo toroidal
- 4 Gaiola
- 5 Dispositivo tampador
Vedação – feita de elastômero, com contato (mostrado na figura) ou sem contato
Placa de proteção – feita de aço laminado, sem contato
- 6 Diâmetro externo do anel externo
- 7 Furo do anel interno
- 8 Diâmetro do ressalto do anel interno
- 9 Diâmetro do ressalto do anel externo
- 10 Ranhura para anel de retenção
- 11 Anel de retenção
- 12 Face lateral do anel externo
- 13 Recesso para fixação do dispositivo tampador
- 14 Pista do anel externo
- 15 Pista do anel interno
- 16 Recesso para dispositivo tampador
- 17 Face lateral do anel interno
- 18 Chanfro
- 19 Diâmetro do círculo efetivo do rolamento
- 20 Largura total do rolamento
- 21 Flange-guia
- 22 Flange de retenção
- 23 Ângulo de contato
- 24 Arruela de eixo
- 25 Conjunto de gaiola e elementos rolantes
- 26 Arruela de caixa de mancal
- 27 Arruela de caixa de mancal com superfície de assento esférica
- 28 Arruela de assentamento

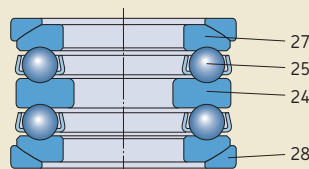
Fig. 1



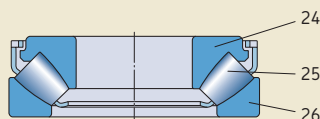
Rolamento rígido de esferas



Rolamento de rolos cônicos



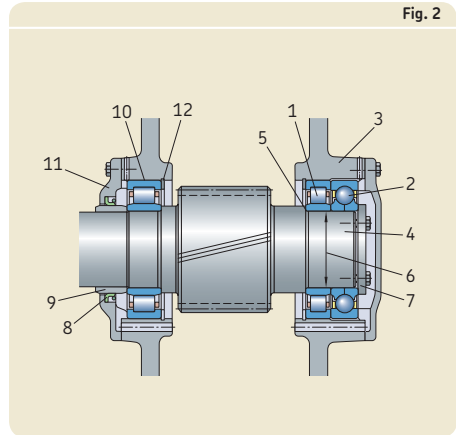
Rolamento axial de esferas de direção dupla



Rolamento axial autocompensador de rolos

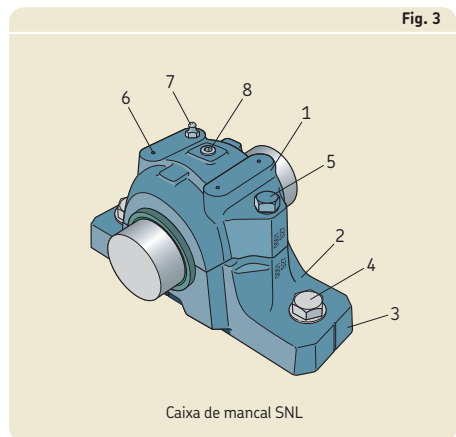
Arranjos de rolamentos (→ fig. 2)

- 1 Rolamento de rolos cilíndricos
- 2 Rolamento de esferas de quatro pontos de contato
- 3 Caixa de mancal
- 4 Eixo
- 5 Ressalto de encosto do eixo
- 6 Diâmetro do eixo
- 7 Chapa de fixação
- 8 Vedação radial de eixo
- 9 Anel espaçador
- 10 Furo da caixa de mancal
- 11 Tampa da caixa de mancal
- 12 Anel de retenção



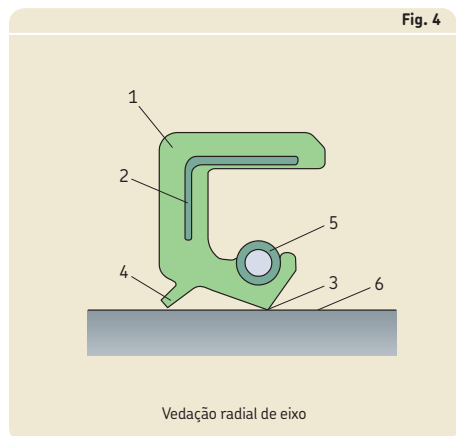
Caixas de mancal (→ fig. 3)

- 1 Tampa da caixa de mancal
- 2 Base da caixa de mancal
- 3 Pé da caixa de mancal
- 4 Parafuso de fixação
- 5 Parafuso da tampa
- 6 Marcação rebaixada
- 7 Conexão de graxa
- 8 Furo para parafuso com olhal



Vedações (→ fig. 4)

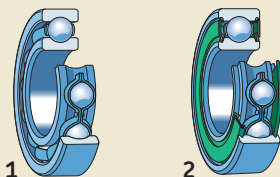
- 1 Invólucro de borracha
- 2 Reforço de aço laminado
- 3 Lábio de vedação
- 4 Lábio de vedação auxiliar
- 5 Mola de lâmina
- 6 Contraface da vedação



Tipos e projetos de rolamentos

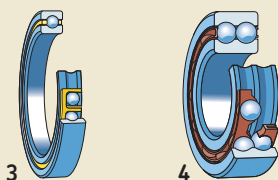
Esta seção fornece um resumo dos diferentes tipos e projetos de rolamentos padrão. A maioria está ilustrada.

Rolamentos radiais

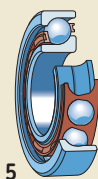


Rolamentos rígidos de esferas

de uma carreira, com ou sem rasgos de entrada
projeto básico aberto (1)
com placas de proteção
com vedações de contato (2)
com uma ranhura para o anel de retenção,
com ou sem
um anel de retenção

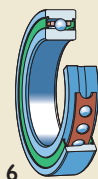


uma carreira com uma seção fixa
projeto básico aberto (3)
com vedações de contato
duas carreiras (4)

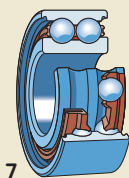


Rolamentos de esferas de contato angular

uma carreira
projeto básico para montagem única
modelo para acoplamento universal (5)

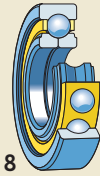


de uma carreira de alta e super precisão
projeto básico aberto
com vedações de contato
projeto aberto de alta velocidade
com vedações de contato (6)
projeto aberto de alta capacidade
com vedações de contato



duas carreiras
com um anel interno inteiro (7)
projeto básico aberto
com placas de proteção
com vedações de contato
com um anel interno de duas peças

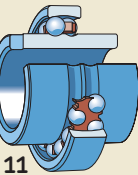
Rolamentos radiais



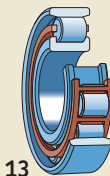
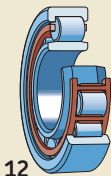
Rolamentos de esferas de quatro pontos de contato (8)



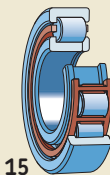
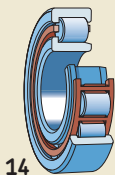
Rolamentos autocompensadores de esferas
com um furo cilíndrico ou cônico
projeto básico aberto (9)
com vedações de contato (10)



com anel interno prolongado (11)

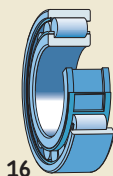


Rolamentos de rolos cilíndricos
uma carreira
Projeto NU (12)
com anel angular
Projeto N (13)



uma carreira
Projeto NJ (14)
com anel angular
Projeto NUP (15)

Rolamentos radiais



16

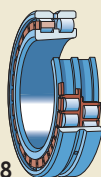
Rolamentos de rolos cilíndricos

uma carreira

projeto NCF de alta capacidade (16)



17



18

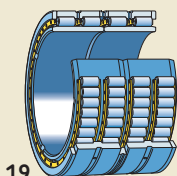
duas carreiras

com um furo cilíndrico ou cônico

Projeto NNU (17)

Projeto NN (18)

Projeto NNUP



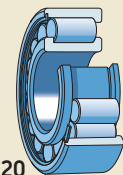
19

quatro carreiras

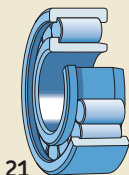
com um furo cilíndrico ou cônico

projeto aberto (19)

com vedações de contato



20



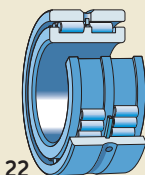
21

Rolamentos de rolos cilíndricos com número máximo de rolos

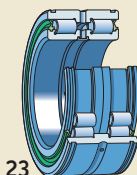
uma carreira

Projeto NCF (20)

Projeto NJG (21)



22



23

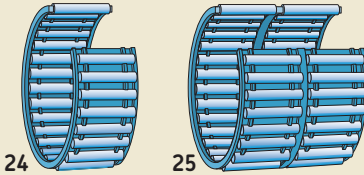
duas carreiras

com flanges integrais no anel interno (22)

com flanges integrais nos anéis interno e externo

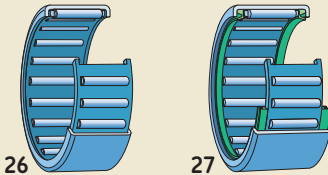
com vedações de contato (23)

Rolamentos radiais



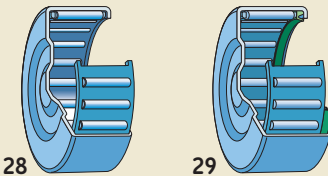
Conjuntos de gaiola e rolos de agulhas

uma carreira (24)
duas carreiras (25)



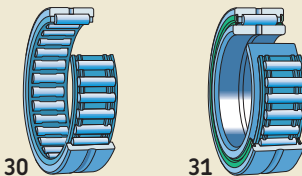
Rolamentos de agulhas com capa estampada, extremidades abertas

uma e duas carreiras
projeto básico aberto (26)
com vedações de contato (27)



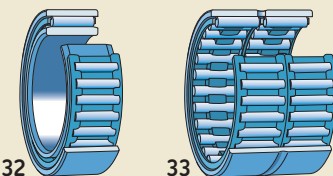
Rolamento de agulhas com capa estampada, extremidade fechada

uma e duas carreiras
projeto básico aberto (28)
com uma vedação de contato (29)



Rolamentos de rolos de agulhas com flanges

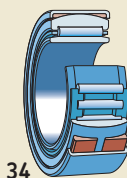
uma e duas carreiras
sem um anel interno (30)
com um anel interno
projeto básico aberto
com vedações de contato (31)



Rolamentos de rolos de agulhas sem flanges

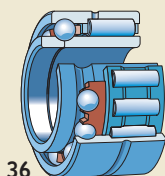
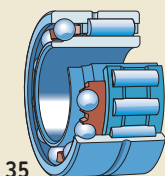
uma e duas carreiras
com um anel interno (32)
sem um anel interno (33)

Rolamentos radiais



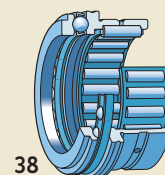
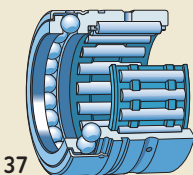
Rolamentos de agulhas alinháveis

sem anel interno
com um anel interno (34)

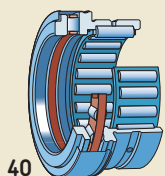
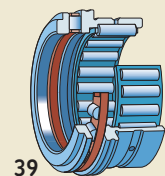


Rolamentos de rolos de agulhas combinados

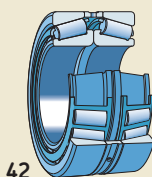
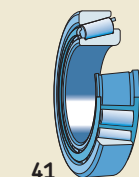
Rolamentos de esferas de contato angular/de
rolos de agulhas
direção única (35)
duas direções (36)



Rolamentos axiais de esferas/rolos de agulhas
com um rolamento axial de esferas contendo
número máximo de esferas (37)
com um conjunto de esferas guiadas pela
gaiola
com ou sem (38) tampa



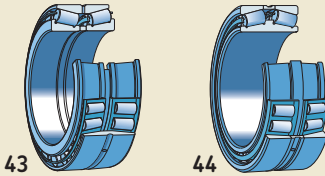
Rolamentos axiais de rolos cilíndricos/de rolos
de agulhas
sem tampa (39)
com tampa (40)



Rolamentos de rolos cônicos

uma carreira
rolamentos únicos (41)
conjuntos de rolamentos combinados
disposição X (42)
disposição O
tandem

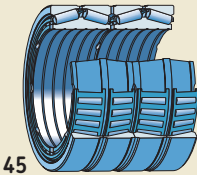
Rolamentos radiais



duas carreiras

Configuração TDO (disposição O) (43)

Configuração TDI (disposição X) (44)



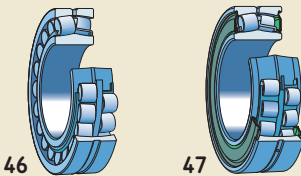
quatro carreiras

configuração TQO projeto aberto

projeto aberto (45)

com vedações de contato (45)

Configuração TQI



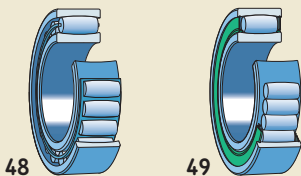
Rolamentos autocompensadores de rolos

com um furo cilíndrico ou cônico

projetos básicos abertos (46)

com vedações de contato (47)

para aplicações vibratórias



Rolamentos de rolos toroidais CARB

com um furo cilíndrico ou cônico

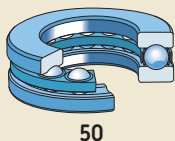
com um conjunto de rolos guiados pela

gaiola (48)

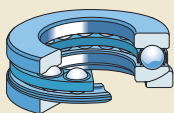
com um número máximo de rolos

com vedações de contato (49)

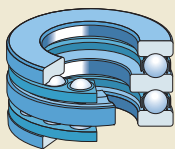
Rolamentos axiais



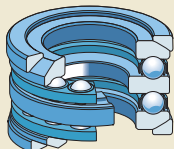
50



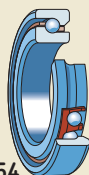
51



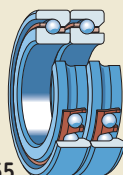
52



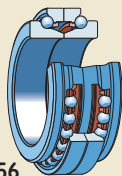
53



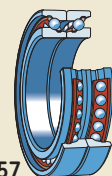
54



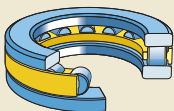
55



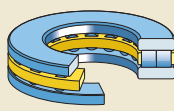
56



57



58



59

Rolamentos axiais de esferas

direção única

com uma arruela plana da caixa de mancal (50)

com uma arruela esférica da caixa de mancal com (51) ou sem arruela de assentamento

direção dupla

com arruelas planas da caixa de mancal (52)

com anéis esféricos da caixa de mancal

com (53) ou sem arruelas de assentamento

Rolamentos axiais de esferas de contato angular

rolamentos de alta e super precisão

direção única

projeto básico para montagem única (54)

modelo para acoplamento universal

conjuntos de rolamentos combinados (55)

direção dupla

projeto padrão (56)

projeto de alta velocidade (57)

Rolamentos axiais de rolos cilíndricos

direção única

uma carreira (58)

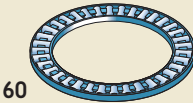
duas carreiras (59)

componentes

conjuntos axiais de gaiola e rolos cilíndricos

arruelas do eixo e da caixa de mancal

Rolamentos axiais



60

Rolamentos axiais de agulhas

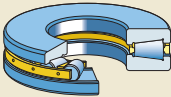
direção única
conjuntos axiais de gaiola e rolos de agulhas (60)
arruelas de pista
arruelas axiais



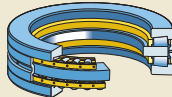
61

Rolamentos axiais autocompensadores de rolos

direção única (61)



62

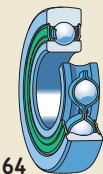


63

Rolamentos axiais de rolos cônicos

direção única
com ou sem (62) tampa
rolamentos de aparafusar
duas direções (63)

Rolamentos de leva e de apoio



64

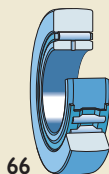


65

Rolos de leva

rolo de leva de uma carreira (64)
rolo de leva de duas carreiras (65)

Rolamentos de leva e de apoio



66

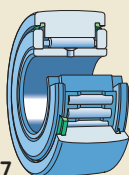
Rolos de suporte

com um conjunto de rolos de agulhas e gaiola,
sem orientação axial

com ou sem vedações de contato

sem anel interno

com um anel interno (66)



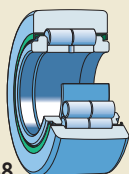
67

com rolos de agulhas, com arruelas axiais para
orientação axial

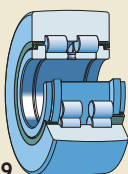
com ou sem vedações de contato

com um conjunto de rolos de agulhas e
gaiola (67)

com um número máximo de rolos



68



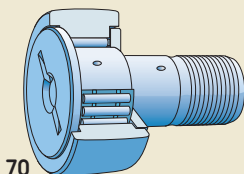
69

com um número máximo de rolos cilíndricos,
guiado axialmente por flanges

com vedações de labirinto (68)

com vedações de contato (69)

com vedações lamelares



70

Rolos de leva com eixo

com rolos de agulhas, guiados axialmente pelo
pino, placa axial e flanges dos rolos

com ou sem vedações de contato

com um assento concêntrico (70)

com um colar excêntrico de assento

com um conjunto de rolos de agulhas e
gaiola (70)

com um número máximo de rolos de
agulhas

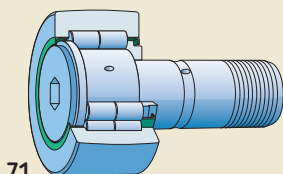
com um número máximo de rolos cilíndricos,
guiado axialmente pelo pino, anel do flange e
flanges dos rolos

com vedações de labirinto (71)

com vedações de contato

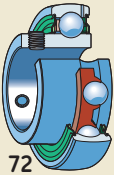
com um assento concêntrico (71)

com um colar excêntrico de assento

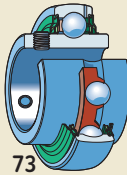


71

Rolamentos Y



72



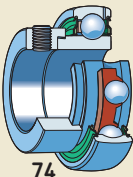
73

Rolamentos Y (rolamentos de inserção)

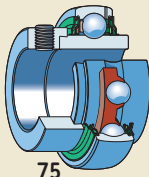
com cavilhas roscadas (fixação)

anel interno prolongado em um lado (72)

anel interno prolongado nos dois lados (73)



74



75

com um colar excêntrico de fixação

anel interno prolongado em um lado (74)

anel interno prolongado nos dois lados (75)

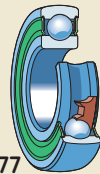


76

com um furo cônico

anel interno prolongado nos dois lados (76)

para montagem da bucha de fixação

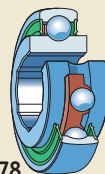


77

com um anel interno padrão

fixado no eixo com um ajuste

interferente (77)



78

com um furo hexagonal

anel interno prolongado nos dois lados (78)

Sistema de designação para rolamentos

Designações básicas

Todos os rolamentos padrão da SKF possuem uma designação básica de características, que geralmente consiste em três, quatro ou cinco algarismos ou em uma combinação de letras e algarismos. O projeto do sistema utilizado para quase todos os tipos padrão de rolamentos de esferas e de rolos é mostrado esquematicamente no **diagrama 1**. Os algarismos e as combinações de letras e algarismos possuem o seguinte significado:

- O primeiro algarismo ou a primeira letra ou combinação de letras identifica o tipo de rolamento e eventualmente uma variante básica.
- Os dois algarismos seguintes identificam a série da dimensões ISO; o primeiro algarismo indica a série da largura ou altura (dimensões B, T ou H), e o segundo, a série do diâmetro (dimensão D).
- Os últimos dois algarismos da designação básica fornecem o código de tamanho do rolamento; multiplicando-se por 5, obtém-se o diâmetro do furo em milímetros.

As exceções mais importantes no sistema básico de designação de rolamentos estão listadas aqui.

- 1 Em alguns casos, o algarismo do tipo de rolamento ou o primeiro algarismo da identificação da série de dimensões é omitido. Esses algarismos são mostrados entre parênteses no **diagrama 1**.
- 2 Rolamentos com diâmetros de furo de 10, 12, 15 ou 17 mm possuem as seguintes identificações de código de tamanho:
00 = 10 mm
01 = 12 mm
02 = 15 mm
03 = 17 mm

- 3 Para rolamentos com um diâmetro de furo menor que 10 mm ou igual a 500 mm e maior, o diâmetro do furo é geralmente dado em milímetros e não é codificado. A identificação de tamanho é separada do restante da designação do rolamento por uma barra inclinada, por exemplo, 618/8 ($d = 8$ mm) ou 511/530 ($d = 530$ mm). Isso também se aplica a rolamentos padrão de acordo com a norma ISO 15:1998, que têm diâmetros de furo de 22, 28 ou 32 mm, por exemplo, 62/22 ($d = 22$ mm).
- 4 Para alguns rolamentos pequenos com um diâmetro de furo menor que 10 mm, como rolamentos de esferas rígidos, autocompensadores e de contato angular, o diâmetro do furo também é dado em milímetros (não codificado), mas não é separado da designação de série por uma barra inclinada, por exemplo, 629, 129 ou 709 ($d = 9$ mm).
- 5 Diâmetros de furo que diferem de diâmetros de furo padrão não são codificados e dados em milímetros com três casas decimais. Essa identificação do diâmetro do furo faz parte da designação básica e é separada da designação básica por uma barra inclinada, por exemplo, 6202/15.875 (rolamento 6202 com um furo especial $d = 15,875$ mm = $\frac{5}{8}$ pol.).

Designações da série

Cada rolamento padrão pertence a uma determinada série, que é identificada pela designação básica, sem a identificação de tamanho. As designações de série costumam incluir um sufixo A, B, C, D ou E, ou uma combinação dessas letras, por exemplo, CA. Essas são usadas para identificar diferenças no projeto interno, por exemplo, ângulo de contato.

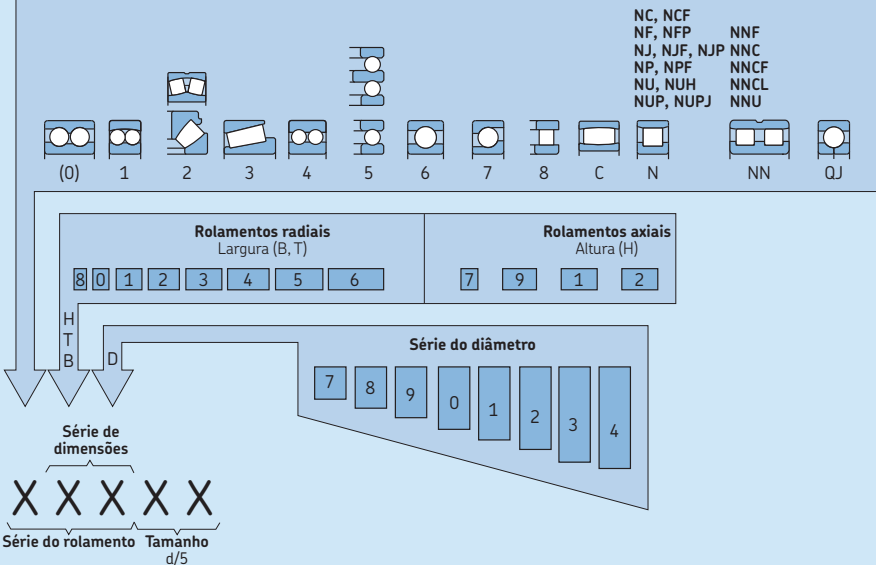
As designações de série de rolamentos mais comuns são mostradas no **diagrama 1**, acima dos esboços dos rolamentos. Os algarismos entre parênteses são omitidos na designação de série.

Sistema de designação para rolamentos de esferas e de rolos métricos padrão da SKF

Série do rolamento

					6(0)4				
					544	623		(0)4	
		223			524	6(0)3		33	
		213			543	622		23	
		232			523	6(0)2	23	(0)3	
		222			542	630	32	22	
		241			522	6(1)0	22	12	
		231				16(0)0	41	(0)2	
		240	323		534	639	31	31	41
		230	313		514	619	60	30	31
		249	303		533	609	50	20	60
		239	332		513	638	7(0)4	814	40
		130	248	322	532	628	7(0)3	894	30
		(1)23	238	302	512	618	7(0)2	874	69
		(1)03		331	511	608	7(1)0	813	59
		(1)22	294	330	510	637	719	893	49
(0)33	(1)02	293	320	4(2)3	591	627	718	812	39
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)2	590	617	708	811	29

Tipo de rolamento



Código	Tipo de rolamento	Código	Tipo de rolamento	Código	Tipo de rolamento
0	Rolamento de duas carreiras de esferas de contato angular	7	Rolamento de uma carreira de esferas de contato angular	QJ	Rolamento de esferas de quatro pontos de contato
1	Rolamento autocompensador de esferas	8	Rolamento axial de rolos cilíndricos	T	Rolamentos de rolos cônicos de acordo com a norma ISO 355-2007
2	Rolamentos autocompensadores de rolos, rolamento axial autocompensador de rolos	C	Rolamento de rolos toroidais CARB		
3	Rolamento de rolos cônicos	N	Rolamento de rolos cilíndricos.		
4	Rolamento rígido de duas carreiras de esferas		Duas ou mais letras são usadas para identificar o número de carreiras ou a configuração dos flanges, por exemplo, NJ, NU, NUP, NN, NNU, NNCF etc.		
5	Rolamento axial de esferas				
6	Rolamento rígido de uma carreira de esferas				

Sufixos de designação

Os sufixos das designações são usados para identificar projetos, variantes ou recursos que diferem do rolamento original ou padrão atual. Alguns dos sufixos de designação usados com mais frequência estão listados aqui.

CN	Folga interna normal, normalmente usada em conjunto com uma letra adicional que identifica uma faixa de folga reduzida ou deslocada	G..	Preenchimento com graxa. Uma segunda letra indica a faixa de temperatura da graxa e uma terceira letra identifica a graxa em questão. Um algarismo após o código de graxa de três letras indica que o grau de preenchimento difere do padrão: Os números 1, 2 e 3 indicam um grau de preenchimento menor que o padrão, enquanto que 4 a 9, um preenchimento maior.
CS	Vedação de contato de borracha de acrílonitrila-butadieno (NBR) reforçado com aço laminado em um lado do rolamento	H	Gaiola tipo encaixe em aço estampada, temperada
2CS	Vedação de contato CS em ambos os lados do rolamento	HT	Preenchimento com graxa para altas temperaturas. HT ou um número de dois algarismos, após HT identifica a graxa em questão. Graus de preenchimento diferentes do padrão são identificados por uma letra ou uma combinação de letra e algarismo, após HTxx.
CS2	Vedação de contato de borracha de flúor (FKM) reforçado com aço laminado em um lado do rolamento	J	Gaiola de aço estampada, centrada nos elementos rolantes, não temperada
2CS2	Vedação de contato CS2 em ambos os lados do rolamento	K	Furo cônico; conicidade de 1:12
CS5	Vedação de contato de borracha de acrílonitrila-butadieno hidrogenada (HNBR) reforçado com aço laminado em um lado do rolamento	K30	Furo cônico; conicidade de 1:30
2CS5	Vedação de contato CS5 em ambos os lados do rolamento	LHT	Preenchimento com graxa para baixas e altas temperaturas. LHT ou um número de dois algarismos, após LHT identifica a graxa em questão. Graus de preenchimento diferentes do padrão são identificados por uma letra ou uma combinação de letra e algarismo, após LHTxx.
C1	Folga interna do rolamento menor que a C2	LS	Vedação de contato de borracha de acrílonitrila-butadieno (NBR) ou poliuretano (AU) com ou sem reforço de aço laminado, em um dos lados do rolamento
C2	Folga interna do rolamento menor que a Normal (CN)	2LS	Vedação de contato LS em ambos os lados do rolamento
C3	Folga interna do rolamento maior que a Normal (CN)	LT	Preenchimento com graxa para baixas temperaturas. LT ou um número de dois algarismos, após LT identifica a graxa em questão. Graus de preenchimento diferentes do padrão são identificados por uma letra ou uma combinação de letra e algarismo, após LTxx.
C4	Folga interna do rolamento maior que a C3	M	Gaiola em latão usinado, centrada nos elementos rolantes
C5	Folga interna do rolamento maior que a C4	MA	Gaiola em latão usinado, centrada no anel externo
F	Gaiola de aço usinado ou de ferro fundido especial, centrada nos elementos rolantes	MB	Gaiola em latão usinado, centrada no anel interno
FA	Gaiola de aço usinado ou de ferro fundido especial, centrada no anel externo	ML	Gaiola em latão usinada tipo janela, inteira, centrada no anel interno ou externo
FB	Gaiola de aço usinado ou de ferro fundido especial, centrada no anel interno		

MT	Preenchimento com graxa para temperaturas médias. MT ou um número de dois algarismos, após MT identifica a graxa em questão. Graus de preenchimento diferentes do padrão são identificados por uma letra ou uma combinação de letra e algarismo, após MTxx.	RZ	Vedação sem contato de borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) reforçado com aço laminado em um lado do rolamento
N	Ranhura para o anel de retenção no anel externo	2RZ	Vedação sem contato RZ em ambos os lados do rolamento
NR	Ranhura para o anel de retenção no anel externo, com o anel de retenção apropriado	TN	Gaiola de poliamida 66 (PA66) moldada por injeção, centrada nos elementos rolantes
P	Gaiola em poliamida 66 (PA66) reforçada com fibra de vidro, moldada por injeção, centrada nos elementos rolantes	TNH	Gaiola de poli-éter-éter-cetona (PEEK) reforçada com fibra de vidro, moldada por injeção, centrada nos elementos rolantes
PHA	Gaiola de poli-éter-éter-cetona (PEEK) reforçada com fibra de vidro, moldada por injeção, centrada no anel externo	TN9	Gaiola em poliamida 66 (PA66) reforçada com fibra de vidro, moldada por injeção, centrada nos elementos rolantes
RS	Vedação de contato de borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) com ou sem reforço de aço laminado em um dos lados do rolamento	V	Rolamento com número máximo de rolos (sem gaiola)
2RS	Vedação de contato RS em ambos os lados do rolamento	WT	Preenchimento com graxa para baixas e altas temperaturas. WT ou um número de dois algarismos, após WT identifica a graxa em questão. Graus de preenchimento diferentes do padrão são identificadas por uma letra ou uma combinação de letra e algarismo, após WTxx.
RSH	Vedação de contato de borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) reforçada com aço laminado em um lado do rolamento	W64	Preenchimento com óleo sólido
2RSH	Vedação de contato RSH em ambos os lados do rolamento	Y	Gaiola em latão estampada, centrada nos elementos rolantes
RSL	Vedação de contato de baixo atrito de borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) reforçada com aço laminado em um lado do rolamento	Z	Placa de proteção de aço laminado estampado em um dos lados do rolamento
2RSL	Vedação de contato RSL de baixo atrito em ambos os lados do rolamento	2Z	Placa de proteção Z em ambos os lados do rolamento.
RS1	Vedação de contato de borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) reforçada com aço laminado em um lado do rolamento		
2RS1	Vedação de contato RS1 em ambos os lados do rolamento		
RS1Z	Vedação de contato de borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) com reforço de aço laminado em um dos lados e uma placa de proteção no outro lado do rolamento		
RS2	Vedação de contato de borracha de flúor (FKM) reforçada com aço laminado em um lado do rolamento		
2RS2	Vedação de contato RS2 em ambos os lados do rolamento		

Identificação de produtos SKF

Identificação de rolamentos

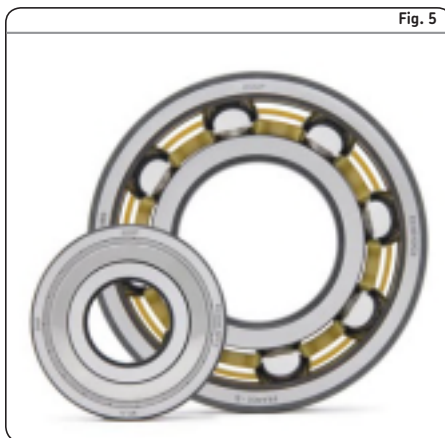
NOTA: Para ter certeza de que está comprando um rolamento SKF genuíno, adquira somente da SKF ou dos Distribuidores Autorizados SKF.

Quase todos os rolamentos da SKF são marcados na face lateral interna ou externa do anel com os identificadores a seguir (→ **fig. 5**):

- 1 Marca comercial SKF
- 2 Designação completa do rolamento
- 3 Data de fabricação, codificada
- 4 País de fabricação

O tipo de rolamento e suas características podem ser identificadas pela sua designação. Outros identificadores, dependendo do tipo de rolamento, também podem estar presentes no rolamento.

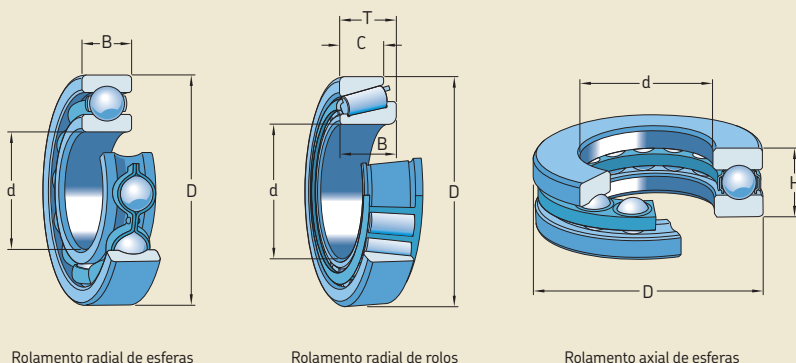
OBSERVAÇÃO: Em alguns casos, somente uma parte da informação se encontra em um anel. Por exemplo, o anel externo de um rolamento de rolos cilíndricos com conjunto de gaiola e rolos pode ter a identificação 3NU20 ou 320 E. Isso identifica um anel externo da série de diâmetros 3 para um furo de 100 mm (20 × 5). Esse anel externo pode ser combinado com um anel interno NU, NJ ou NUP para formar um rolamento completo. Nesse caso, a designação completa do rolamento deve ser encontrada no anel interno, por exemplo NJ 320 ECP/C3. A designação completa sempre



está impressa na embalagem e, na maioria das vezes, pode ser obtida de desenhos de máquinas e especificações de equipamentos. Se a designação marcada no rolamento não está mais legível, a designação básica do rolamento geralmente pode ser identificada medindo-se as dimensões máximas (→ **fig. 6**) e utilizando a informação, disponível on-line em www.skf.com/bearings.

- 5 Identifique o tipo de rolamento (→ *Tipos e projetos de rolamentos, página 12*).
- 6 Meça o furo d do rolamento.
- 7 Meça o diâmetro externo D do rolamento.
- 8 Meça as larguras B , C , T ou a altura H do rolamento.

Fig. 6



Rolamento radial de esferas

Rolamento radial de rolos

Rolamento axial de esferas

- 9 Usando a funcionalidade de busca detalhada, disponível on-line em www.skf.com/bearings, insira as dimensões máximas para identificar a designação básica possível do rolamento.

OBSERVAÇÃO: Para determinar a designação completa do rolamento, identifique o material e o tipo da gaiola, o projeto da vedação e qualquer outra característica visível. Para suporte adicional, entre em contato com um distribuidor autorizado SKF ou com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Identificação de caixas de mancal bipartidas e unidades de rolamento

Todas as caixas de mancal bipartidas All SNL, SONL e SAF têm as suas designações fundidas na tampa da caixa de mancal (→ **fig. 7**). A tampa e a base de cada caixa de mancal são marcados com um único número de série para evitar a mistura de componentes, quando são montadas várias caixas de mancal em uma sessão.

Para unidades de rolamentos, identifique o rolamento e a caixa de mancal (e outros componentes, onde aplicável) separadamente.

Vedações para reposição

Vedações para reposição devem corresponder ao original no projeto e material. Vedações feitas de um material diferente do original só devem ser utilizadas em caso de absoluta necessidade.

AVISO: Ao substituir uma vedação, verifique cuidadosamente o número de peça da vedação antigo. Um simples erro, como usar uma vedação padrão de borracha nitrílica para substituir uma vedação idêntica de borracha de flúor mais resistente, pode resultar em “misteriosa” falha repentina da vedação.

Vida do rolamento

Vida nominal básica

A vida de um rolamento é definida como o número de revoluções ou o número de horas de operação em uma dada velocidade que o rolamento é capaz de suportar, antes de o primeiro sinal de fadiga aparecer em um de seus anéis ou elementos rolantes. Essa vida pode ser calculada como uma função do tipo de rolamento,



carga e velocidade, usando a equação básica da vida útil

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

ou, se a velocidade é constante

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

onde

L_{10} = vida nominal básica (com 90% de confiabilidade
[milhões de revoluções])

L_{10h} = vida nominal básica (com 90% de confiabilidade
[horas de operação])

C = classificação de carga dinâmica básica [kN]

P = carga dinâmica equivalente do rolamento [kN]

n = velocidade de rotação [r/min]

p = expoente para a equação de vida útil
= 3 para rolamentos de esfera
= 10/3 para rolamentos de rolos

Vida nominal SKF

Para rolamentos modernos de alta qualidade, a vida nominal básica pode divergir significativamente da vida útil real em uma determinada aplicação. Por essa razão, a norma ISO 281: 2007 contém uma equação de vida útil modificada para complementar a vida nominal básica.

Noções básicas

A equação para a vida nominal SKF é

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

ou, se a velocidade é constante

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

onde

L_{nm} = vida nominal SKF (com 100 – n1) % de confiabilidade)
[milhões de revoluções]

L_{nmh} = vida nominal SKF (com 100 – n1) % de confiabilidade) [horas de operação]

L_{10} = vida nominal básica (com 90% de confiabilidade)
[milhões de revoluções]

a_1 = fator de ajuste de vida para confiabilidade

a_{SKF} = Fator de modificação da vida SKF

C = classificação de carga dinâmica básica [kN]

P = carga dinâmica equivalente do rolamento [kN]

n = velocidade de rotação [r/min]

p = expoente para a equação de vida útil
= 3 para rolamentos de esfera
= 10/3 para rolamentos de rolos

Para informações adicionais sobre como calcular a vida nominal SKF, visite www.skf.com/bearings.

Vida útil

Vida útil do rolamento

Quando calcular a vida útil básica de rolamentos, o resultado pode divergir significativamente da vida útil em uma determinada aplicação. A vida útil, que é a vida real de um rolamento até a sua falha (se torna inaproveitável) sob condições reais de operação, depende de uma série de fatores que causam influência incluindo a lubrificação, o nível de contaminação no ambiente do rolamento, desalinhamento, instalação adequada e condições de operação tais como cargas, velocidades, temperatura e níveis de vibração. Para considerar esses fatores que causam

influência, a SKF recomenda enfaticamente calcular a vida nominal SKF, e não apenas a vida nominal básica.

Vida útil da vedação

As vedações são utilizadas para manter o lubrificante do lado de dentro e a contaminação do lado de fora do rolamento. Fazendo isso, as vedações também protegem o lubrificante de contaminantes, o que enfim ajuda o rolamento a atingir a vida útil máxima.

Diferentemente dos rolamentos, a vida útil das vedações não pode ser calculada. A vida útil das vedações é mais difícil de prever porque ela depende quase que totalmente das condições de operação, como também do nível de contaminação no ambiente, alinhamento do eixo, procedimentos de instalação e a exposição a produtos químicos adversos como agentes de limpeza.

Vida útil do lubrificante

Em praticamente todas as aplicações, o lubrificante tem um impacto significativo na vida útil do rolamento. Portanto, todos os lubrificantes devem corresponder às condições de operação da aplicação. Não importa se um rolamento em um arranjo é lubrificado com graxa ou óleo, a eficácia do lubrificante irá deteriorar ao longo do tempo, devido ao trabalho mecânico, envelhecimento e ao acúmulo de contaminantes gerados pelo desgaste de componentes e/ou à entrada de contaminantes. Como resultado, a vida útil real de um lubrificante é difícil de ser prevista. No entanto, a SKF fornece diretrizes para intervalos de relubrificação e procedimentos de manutenção, mais adiante nesta publicação.

Limpeza

A contaminação pode afetar, de forma desfavorável, a vida útil do rolamento e da vedação. Ela também pode ter uma influência negativa na vida útil do lubrificante. Por essa razão, é importante que os rolamentos sejam lubrificados com graxa ou óleo limpo e que o lubrificante esteja totalmente protegido contra contaminantes por um sistema de vedação eficaz.

A limpeza deve ser observada durante todas as atividades de manutenção, desde a montagem e relubrificação até a inspeção e desmon-

¹⁾ O fator n representa a probabilidade de falha, ou seja, a diferença entre a confiabilidade necessária e 100%.

tagem. Recomendações detalhadas relativas à limpeza são fornecidas mais adiante nos capítulos relevantes, mas algumas diretrizes gerais são fornecidas aqui:

- Mantenha os rolamentos em sua embalagem original, onde eles estão bem protegidos, até imediatamente antes da montagem.
- Monte os rolamentos em uma área livre de sujeira, poeira e umidade.
- Use ferramentas profissionais para todas as atividades de manutenção.
- Limpe imediatamente derramamentos de graxa e óleo.
- Limpe as conexões de graxa, antes da relubrificação, e feche-as adequadamente com uma tampa de conexão de graxa adequada.
- Use recipientes adequadamente identificados e limpos para transportar e fornecer lubrificante. O uso de um recipiente separado para cada tipo de lubrificante é uma boa prática e é recomendado enfaticamente.
- Durante as lavagens de rotina, direcione a mangueira para longe das vedações.

NOTA: É melhor evitar que os rolamentos fiquem sujos do que limpá-los. Muitos tipos de rolamentos não podem ser separados e portanto são difíceis de limpar.

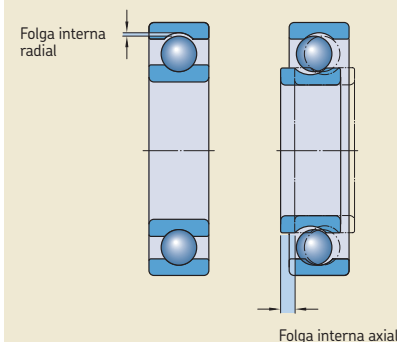
Folga interna do rolamento

A folga interna do rolamento é definida como a distância total que um anel do rolamento pode ser movido em relação ao outro (→ **fig. 8**):

- na direção radial (folga interna radial)
- na direção axial (folga interna axial)

É necessário distinguir entre a folga interna de um rolamento, antes da montagem (→ **Apêndice E**, iniciando na **página 388**) e a folga interna em um rolamento montado que atingiu sua temperatura de operação (folga operacional). A folga interna inicial (antes da montagem) é maior que a folga operacional porque diferentes graus de interferência nos ajustes e diferenças na expansão térmica dos anéis do rolamento e dos componentes associados fazem com que os anéis sejam expandidos ou comprimidos.

Fig. 8



A folga interna radial de um rolamento é de importância considerável para se atingir uma operação satisfatória. Como uma regra geral:

- Rolamentos de esferas devem sempre ter uma folga operacional que é praticamente zero ou pode haver uma leve pré-carga.
- Rolamentos de rolos cilíndricos, esféricos e CARB toroidais sempre devem ter alguma folga residual durante a operação.
- Rolamentos de rolos cônicos sempre devem ter alguma folga residual, exceto em arranjos de rolamentos onde é desejada rigidez, tais como arranjos de rolamentos de pinhão, onde os rolamentos são montados com uma certa quantidade de pré-carga.

OBSERVAÇÃO: Onde as condições de operação e montagem diferem do normal, por exemplo, onde são usados ajustes de interferência para ambos os anéis de rolamento ou prevalecem temperaturas incomuns, rolamentos com uma folga interna maior ou menor que a Normal podem ser necessários. Nesses casos, a SKF recomenda verificar a folga residual no rolamento, após este ter sido montado.

Arranjos de rolamentos

Geralmente são necessários dois rolamentos para suportar um componente rotativo de uma máquina, com arranjo típico incluindo uma posição de rolamento fixo e uma de rolamento livre. Em algumas aplicações, ambos os rolamentos compartilham a responsabilidade de posicionar o eixo axialmente. Estes são chamados de arranjos de rolamentos ajustados ou rolamentos dispostos em X.

Tipos de arranjos de rolamentos

Arranjos de rolamentos fixos e livres

Arranjos com um rolamento fixo e um livre são muito comuns (→ **fig. 9**).

O rolamento na posição fixa, que está tipicamente posicionado na extremidade acionada da máquina, apoia o eixo radialmente e o posiciona axialmente nas duas direções. Ele deve ser, portanto, fixado na posição tanto no eixo como na caixa de mancal. Tipos de rolamentos adequados para a posição fixa incluem:

- rolamentos rígidos de esferas (→ **fig. 9**)
- rolamentos autocompensadores de esferas
- rolamentos autocompensadores de rolos (→ **fig. 10**, esquerda)
- rolamentos de esferas de contato angular de duas carreiras ou de uma carreira em pares
- rolamentos de rolos cônicos pareados
- rolamentos de rolos cilíndricos (NJ e HJ, e rolamentos de projeto NUP)

Combinações de um rolamento radial que pode acomodar uma carga puramente radial e um rolamento que recebe a carga axial também podem ser usadas, por exemplo, um rolamento de rolos cilíndricos de projeto NU e um rolamento de esferas de quatro pontos de contato (→ **fig. 11**).

O rolamento na posição livre fornece o apoio radial e, se necessário, acomoda deslocamento axial no eixo, em relação à caixa de mancal, como resultado de dilatação térmica. Alguns rolamentos podem suportar deslocamento axial dentro do rolamento. Tipos de rolamentos típicos com essa capacidade incluem:

- rolamentos de rolos toroidais CARB

Fig. 9

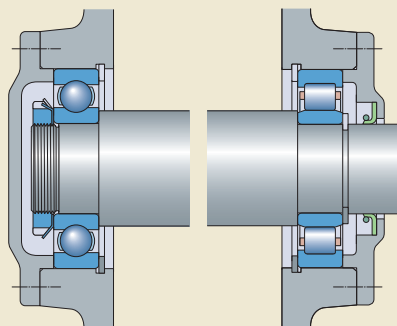


Fig. 10

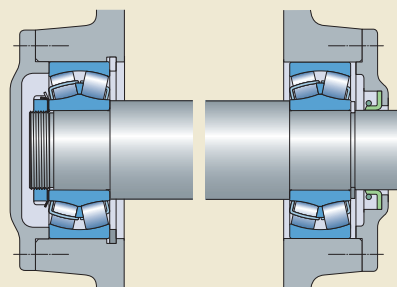
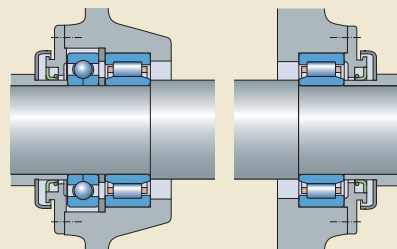


Fig. 11



- rolamentos de rolos cilíndricos com flanges em somente um anel, ou seja, rolamentos de projeto N e NU

Para outros rolamentos na posição livre, o deslocamento axial ocorre entre um dos anéis do rolamento e o seu assento, tipicamente entre o anel externo e o furo da caixa de mancal. Tipos de rolamentos adequados para a posição livre incluem:

- rolamentos rígidos de esferas
- rolamentos autocompensadores de esferas
- rolamentos autocompensadores de rolos
(→ fig. 10, direita)

Arranjos de rolamentos ajustados

Em um arranjo de rolamentos ajustados, o eixo está fixo axialmente em uma direção por um rolamento e na direção oposta pelo outro rolamento. Este arranjo também chamado de disposição em X, geralmente é usado para eixos curtos. Todos os tipos de rolamentos radiais de esferas ou rolos que acomodam cargas axiais em pelo menos uma direção, são adequados para arranjos de rolamentos dispostos em X incluindo:

- rolamentos rígidos de esferas
- rolamentos de esferas de contato angular
(→ fig. 12)
- rolamentos de rolos cônicos

Métodos de fixação de rolamentos

Fixação radial dos rolamentos

Se a capacidade de carga de um rolamento for completamente utilizada, seus anéis ou arruelas devem ser totalmente suportados em torno de sua circunferência completa e em toda a largura da pista.

Geralmente, uma fixação radial satisfatória e um suporte adequado podem ser obtidos somente quando os anéis são montados com um grau adequado de interferência. Anéis dos rolamentos presos inadequada ou incorretamente geralmente provocam danos aos rolamentos e as componentes associados. Em casos onde um ajuste interferente não pode ser usado e deve ser aplicado um ajuste com folga, são

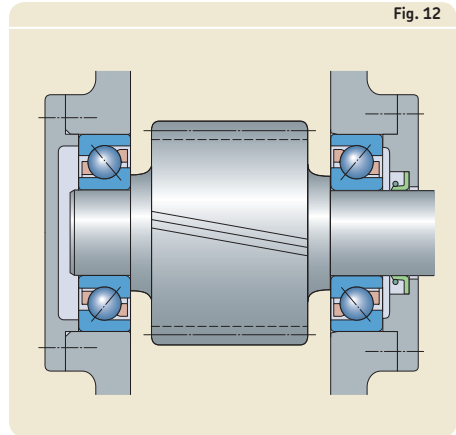
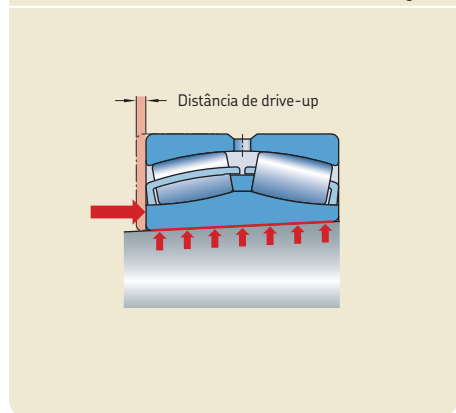


Fig. 13



necessárias precauções especiais para limitar a fluência do rolamento, caso contrário, pode resultar em desgaste do assento do rolamento no eixo ou na caixa de mancal.

OBSERVAÇÃO: Fluência é o movimento relativo entre um anel do rolamento e seu assento, e ocorre tipicamente quando há um ajuste interferente insuficiente para as condições de carga ou quando um ajuste interferente não pode ser aplicado.

Seleção de ajustes

Rolamentos com um furo cilíndrico

Ao escolher ajustes para rolamentos com um furo cilíndrico, a primeira coisa a considerar são as condições de rotação (→ **tabela 1**). Existem, essencialmente, três condições diferentes:

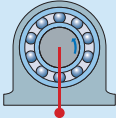
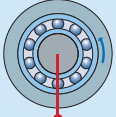
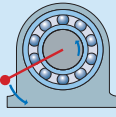
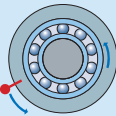
- Carga rotativa refere-se a um anel de rolamento que gira enquanto a direção da carga aplicada está estacionária. (Uma carga rotativa também pode se referir a um anel de rolamento que está estacionário, e a direção da carga aplicada gira.)
- Carga estacionária refere-se a um anel de rolamento que está estacionário, enquanto a direção da carga aplicada também está estacionária. (Uma carga estacionária também pode se referir a um anel de rolamento que gira na mesma velocidade que a carga.)

- Direção da carga indeterminada refere-se a cargas externas variáveis, cargas de choque, vibrações e cargas desbalanceadas em máquinas de alta velocidade. Outros fatores que devem ser levados em consideração ao selecionar ajustes estão listados na **tabela 2**, nas **páginas 33 e 34**.

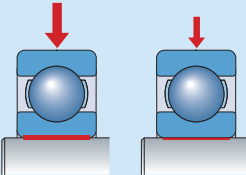
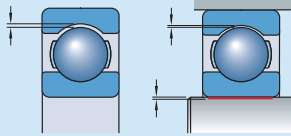
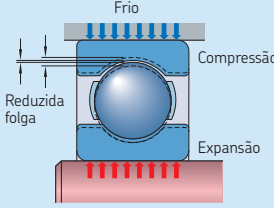
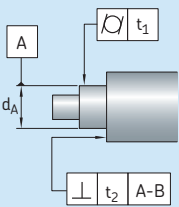
Rolamentos com furo cônico

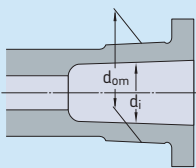
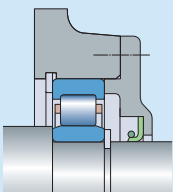
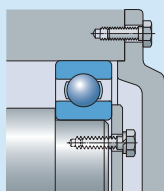
Rolamentos com um furo cônico são montados ou diretamente em um assento de eixo cônico, ou com uma bucha de fixação ou bucha de desmontagem em um assento de eixo cilíndrico. O ajuste do anel interno é determinado pelo quanto o anel é introduzido no assento do eixo ou bucha → **fig. 13, página 31**).

Tabela 1

Condições de rotação e de carregamento				
Condições operacionais	Ilustração esquemática	Condição de carga	Exemplo	Ajustes recomendados
Anel interno rotativo		Carga rotativa no anel interno	Eixos acionados por correia	Ajuste interferente para o anel interno
Anel externo estacionário		Carga estacionária no anel externo		Ajuste com folga para o anel externo
Direção da carga constante				
Anel interno estacionário		Carga estacionária no anel interno	Polias tensoras de esteira transportadora	Ajuste com folga para o anel interno
Anel externo rotativo		Carga rotativa no anel externo	Rolamentos de cubos de rodas de carros	Ajuste interferente para o anel externo
Direção da carga constante				
Anel interno rotativo		Carga estacionária no anel interno	Aplicações vibratórias	Ajuste interferente para o anel externo
Anel externo estacionário		Carga rotativa no anel externo	Peneiras vibratórias ou motores	Ajuste com folga para o anel interno
Carga gira com o anel interno				
Anel interno estacionário		Carga rotativa no anel interno	Triturador giratório	Ajuste interferente para o anel interno
Anel externo rotativo		Carga estacionária no anel externo	(Acionamentos de carrossel)	Ajuste com folga para o anel externo
Carga gira com o anel externo				

Fatores a considerar ao selecionar ajustes

Fatores	Situação	Regras de orientação
Magnitude da carga		Rolamentos submetidos a cargas pesadas tendem a apresentar mais fluência que aqueles submetidos a cargas leves. Para evitar fluência, selecione ajustes interferentes maiores para rolamentos submetidos a cargas mais pesadas. Cargas de choque também devem ser consideradas. A magnitude da carga é definida como: • $P \leq 0,05 C$ – carga leve • $0,05 C < P \leq 0,1 C$ – carga normal • $0,1 C < P \leq 0,15 C$ – carga pesada • $P > 0,15 C$ – carga muito pesada
Folga interna do rolamento	 Folga antes da montagem Folga após a montagem	Quanto mais apertado o ajuste interferente, tanto maior a redução na folga interna inicial do rolamento após a montagem. Quando são aplicados ajustes apertados podem ser necessários rolamentos com folga radial interna maior que a Normal.
Diferenças de temperatura	 Frio Compressão Expansão Quente Reduzida folga	Durante operação, o anel externo muitas vezes tem uma temperatura menor que a do anel interno, resultando em uma folga interna reduzida. Dependendo das temperaturas de operação (esperadas) dos componentes, rolamentos com folga radial interna maior que a Normal podem ser necessários.
Requisitos de precisão do giro	 A t_1 d_A t_2 A-B	Rolamentos com ajustes de folga são susceptíveis a vibração quando altas exigências de precisão são colocadas na precisão de giro. Quando são colocadas altas demandas na precisão de giro, selecione ajustes que correspondam pelo menos ao grau de tolerância IT5 para o eixo e pelo menos ao grau de tolerância IT6 para a caixa de mancal. Para reduzir batimento circular e vibração, selecione ajustes interferentes.

Fatores a considerar ao selecionar ajustes	Situação	Regras de orientação	
Design e material do eixo e da caixa de mancal		Ajustes podem ser menos eficazes para eixos ocos ou caixas de mancal de paredes finas. Contato inadequado no assento do rolamento, por exemplo em caixas de mancal bipartidas, podem criar distorção no anel do rolamento, causando deformação circular. O material do assento do rolamento, se não for feito de aço de rolamento, afetará a seleção do ajuste, devido aos diferentes coeficientes de dilatação térmica.	Selecione ajustes interferentes mais pesados que o normal para rolamentos montados em caixas de mancal de parede fina ou de ligas leves, ou em eixos ocos. Caixas de mancal bipartidas não são adequadas para ajustes interferentes pesados. Para essas caixas de mancal, a SKF recomenda o grupo de tolerância G ou H (ou no máximo K).
Facilidade de montagem e desmontagem		Montar e desmontar é mais fácil para rolamentos com um ajuste de folga que para rolamentos com um ajuste interferente.	Se for necessário um ajuste interferente e a fácil montagem e for desmontagem é essencial selecionar rolamentos separáveis ou rolamentos com um furo cônico. Rolamentos com um furo cônico podem ser montados ou diretamente em um assento de eixo cônico, ou em uma bucha de fixação ou de desmontagem em um assento de eixo cilíndrico.
Deslocamento do rolamento na posição livre		Alguns rolamentos podem acomodar deslocamento axial dentro do rolamento, como rolamentos de rolos cilíndricos tendo um anel sem flanges, rolamentos de rolos de agulhas ou rolamentos de rolos toroidais CARB.	Rolamentos que não podem acomodar deslocamento axial dentro do rolamento devem ter um anel livre, ou seja, selecione um ajuste com folga para o anel que carrega a carga estacionária.

Ajustes e tolerâncias recomendadas

As tolerâncias para o diâmetro do furo e o diâmetro externo de rolamentos são padronizadas internacionalmente. Para alcançar um ajuste adequado, somente um número limitado de classes de tolerâncias ISO precisa ser considerado para os assentos de eixos e caixas de mancal para aplicações de rolamentos. A posição das classes de tolerâncias mais usadas com relação às tolerâncias dos diâmetros interno e externo do rolamento está ilustrada na **fig. 14**.

OBSERVAÇÃO: Uma letra e um algarismo designam cada classe de tolerância ISO. A letra (minúscula para diâmetros de eixos e maiúscula para furos de caixas de mancal) posiciona a zona de tolerância em relação à dimensão nominal. O algarismo fornece o tamanho da zona de tolerância.

Recomendações para ajustes de rolamentos para eixos de aço sólido e para caixas de mancal de ferro fundido e de aço são fornecidas no **Apêndice A**, iniciando na **página 334**. Os valores apropriados para as tolerâncias de assentos de rolamentos em eixos e em caixas de mancal são fornecidos no **Apêndice B**, iniciando na **página 338**.

Se os rolamentos devem ser montados com um ajuste interferente em um eixo oco, geralmente é necessário utilizar um ajuste interferente mais forte do que seria utilizado para um eixo sólido, para obter a mesma pressão superficial entre o anel interno e o assento do eixo. Para informações adicionais, visite www.skf.com/bearings.

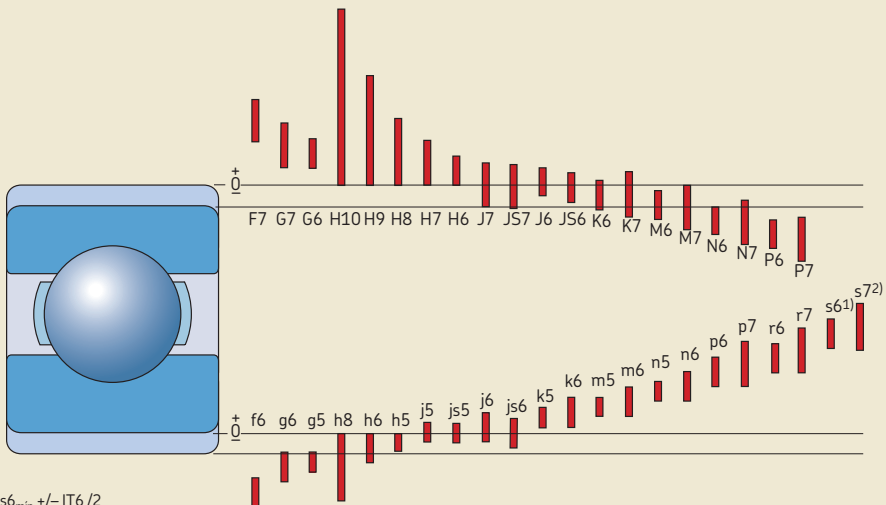
Requisitos de precisão dimensional, de forma e de giro

A precisão dos assentos cilíndricos de rolamentos em eixos e furos de caixas de mancal deve corresponder à precisão dos rolamentos utilizados. A SKF recomenda as seguintes diretrizes para a precisão de forma e de giro, quando se usinar assentos e encostos.

Precisão dimensional

Para rolamentos fabricados na tolerância Normal, a precisão dimensional dos assentos cilíndricos no eixo deve ser, pelo menos, o grau de tolerância IT6. A precisão dimensional da caixa de mancal deve ser, pelo menos, o grau de tolerância IT7. Onde são utilizadas buchas de fixação ou de desmontagem, pode ser permitida uma tolerância de diâmetro para assentos de rolamentos mais ampla (grau de tolerância IT9) (**→ Apêndice B-7, página 384**). Os valores

Fig. 14



Noções básicas

numéricos dos graus de tolerância padrão IT são fornecidos no **Apêndice C**, na **página 385**.

Para rolamentos com maior precisão, graus correspondentemente maiores deverão ser utilizados.

Tolerâncias para forma cilíndrica

A tolerância de cilindridade t_1 de um assento de rolamento deve ser um ou dois graus de tolerância IT melhor que a tolerância dimensional prescrita, dependendo dos requisitos. Por exemplo, se um assento de rolamento em um eixo tiver sido usinado para a classe de tolerância m6, então a precisão de forma deverá ser grau de tolerância IT5 ou IT4. O valor da tolerância t_1 para cilindridade é obtido para um diâmetro de eixo assumido de 150 mm de $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \mu\text{m}$. No entanto, a tolerância t_1 é para um raio, portanto $2 \times t_1$ se aplica para o diâmetro de eixo.

Valores de diretrizes para a tolerância da forma cilíndrica t_1 (e a tolerância de batimento circular total t_3) para assentos de rolamentos são fornecidos no **Apêndice D-1**, na **página 386**.

Quando rolamentos devem ser montados em buchas de fixação ou de desmontagem, a cilindridade do assento da bucha deve ser grau de tolerância IT5/2 (para classe de tolerância h9) (**→ Apêndice B-7, página 384**).

Tolerância para perpendicularidade

Encostos para anéis de rolamento devem ter uma tolerância de perpendicularidade de, pelo menos, um grau de tolerância IT melhor que a tolerância do diâmetro do assento cilíndrico associado. Para assentos de arruelas de rolamentos axiais, a tolerância de perpendicularidade não deve exceder o grau de tolerância IT5.

Valores de diretrizes para a tolerância de perpendicularidade t_2 (e para o batimento circular axial total t_4) são fornecidos no **Apêndice D-1**, na **página 386**.

Rugosidade da superfície dos assentos dos rolamentos

A rugosidade das superfícies dos assentos dos rolamentos não tem o mesmo grau de influência no desempenho dos rolamentos que as precisões dimensionais, de forma e de giro. No entanto, a lisura das superfícies de contato tem

um efeito direto na precisão do ajuste interferente. Para arranjos de rolamentos onde é necessário um alto nível de precisão, valores de referência para a rugosidade superficial média R_a são fornecidos no **Apêndice D-2**, na **página 387**. Esses valores de referência se aplicam a assentos retificados.

OBSERVAÇÃO: Para assentos de torneamento fino, a rugosidade deve ser um ou dois graus mais alta que o dos assentamentos retificados. Para arranjos de rolamentos não críticos, uma rugosidade da superfície relativamente alta é permitida.

Fixação axial dos rolamentos

Um ajuste interferente sozinho não é inadequado para fixar axialmente um anel de rolamento. Como uma regra, são necessários meios adequados de fixar o anel axialmente.

Para rolamentos fixos, ambos os anéis do rolamento devem estar fixos axialmente nos dois lados (→ **fig. 15**).

Para rolamentos livres, a localização axial depende do projeto do rolamento da seguinte maneira:

- Para rolamentos não separáveis, o anel com o ajuste mais apertado (normalmente o anel interno) deve ser fixado axialmente; o anel externo deve ficar livre para se mover axialmente em seu assento (→ **fig. 16**).
- Para rolamentos separáveis, por exemplo, rolamentos de rolos cilíndricos, ambos os anéis devem ser fixados axialmente (→ **fig. 17**).
- Para rolamentos de rolos toroidais CARB, ambos os anéis devem ser fixados axialmente.

Para arranjos de rolamentos ajustados (disposição em X), cada anel de rolamento só precisa ser fixado axialmente em um lado (→ **fig. 18**).

Fig. 15

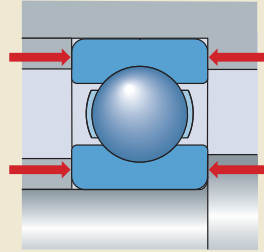


Fig. 16

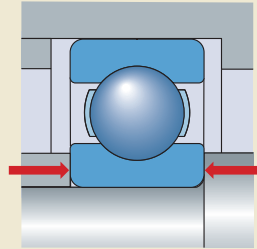


Fig. 18

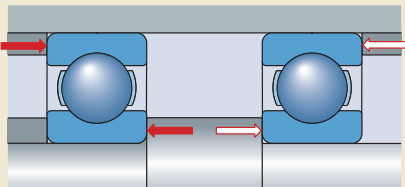
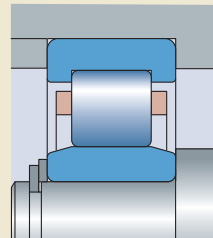


Fig. 17



Dimensões do ponto de contato e do filete

As dimensões dos ressalto do eixo e da caixa de mancal, buchas espaçadoras e tampas devem ser capazes de dar apoio adequado aos anéis do rolamento, sem nenhum contato entre peças giratórias do rolamento e um componente estacionário.

A transição entre o assento do rolamento e o ressalto do eixo ou caixa de mancal, pode ter a forma de um simples filete, ou ser em relevo na forma de um rebaixo. Dimensões adequadas para os filetes são fornecidas no **Apêndice D-3**, na **página 387**. Quanto maior o raio do filete (para a curva da forma lisa), mais favorável a distribuição de tensões na área do filete do eixo.

Para eixos carregados com carga pesada, portanto, um raio grande é geralmente necessário. Nesses casos, um colar espaçador deve ser fornecido entre o anel interno e o ressalto do eixo, para fornecer uma superfície de apoio suficientemente grande para o anel do rolamento. A lateral do colar voltada para o ressalto do eixo deve ser aliviada, de forma a não entrar em contato com o filete do eixo (→ **fig. 19**).

Rolamentos de rolos toroidais CARB

Os rolamentos de rolos toroidais CARB podem acomodar expansão axial do eixo dentro do rolamento. Para garantir que esses deslocamentos axiais do eixo em relação à caixa de mancal possam ocorrer, é necessário proporcionar espaço adequado nos dois lados do rolamento (→ **fig. 20**).

Para calcular a largura necessária do encosto, visite www.skf.com/bearings.

Fig. 19

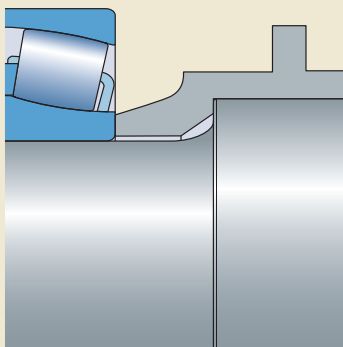
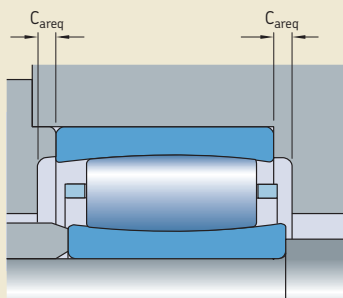


Fig. 20



Arranjos de vedação

O desempenho de um arranjo de vedação é vital para a limpeza do lubrificante e para a vida útil dos rolamentos. Com relação a vedações para rolamentos, é feita uma distinção entre vedações que são integrados ao rolamento e aquelas que estão posicionados fora do rolamento.

Vedações externas

Há duas amplas categorias de vedações externas:

- vedações de contato
- vedações sem contato

As vedações em contato com as superfícies estacionárias são conhecidas como vedações estáticas e sua eficácia depende da deformação radial ou axial de sua seção transversal quando instalados. Exemplos típicos incluem gaxetas e anéis O. Vedações em contato com superfícies deslizantes são chamadas de vedações dinâmicas e são usadas para vedar passagens entre um componente estacionário, por exemplo, uma caixa de mancal, e um componente em movimento, normalmente o eixo. Sua função é a de manter o lubrificante dentro e contaminantes fora do arranjo de rolamentos (→ fig. 21).

A vedação de contato mais comum é a vedação radial de eixo. Outros tipos incluem anéis V-ring e vedações de feltro.

OBSERVAÇÃO: Quando a função principal de uma vedação radial de eixo é o de reter lubrificante, ela deve ser instalada com o lábio da vedação voltado para a graxa, ou seja, voltado para dentro. Quando a função principal é a de excluir contaminantes, o lábio da vedação deve estar voltado para os contaminantes, ou seja, voltado para fora.

Vedações radiais de eixo sem contato funcionam devido ao efeito vedante de uma fresta estreita e relativamente longa, que pode ser disposta axialmente, radialmente, ou em combinação. Vedações sem contato, que variam de vedações simples, do tipo fresta, a labirintos de vários estágios (→ fig. 22) não geram atrito e não se desgastam.

Fig. 21

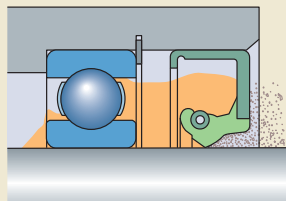


Fig. 22

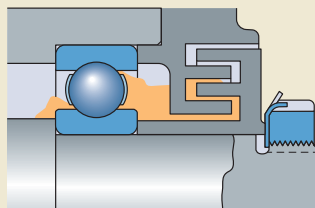
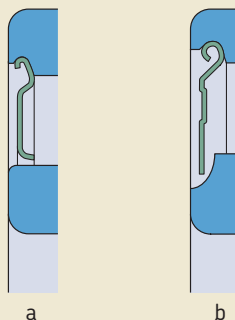


Fig. 23



OBSERVAÇÃO: Vedações sem contato são adequadas para aplicações de altas velocidades e/ou de altas temperaturas.

Soluções de vedação integral de rolamentos

Existem duas categorias de soluções de vedação integral de rolamentos:

- placas de proteção
- vedações

Placas de proteção

Placas de proteção, produzidas em aço laminado, são sem contato e são usadas em aplicações onde a contaminação é limitada. Elas também são utilizadas em aplicações em que o atrito baixo é importante, devido à velocidade ou às temperaturas de operação. Os rolamentos são lubrificados para toda a vida útil e não devem ser relubrificados.

Forma das placas de vedação (→ **fig. 23, página 39**):

- uma fresta estreita com o ressalto do anel interno (**a**)
- uma eficiente vedação de labirinto com um recesso no ressalto do anel interno (**b**).

Vedações

As vedações integradas nos rolamentos da SKF são geralmente feitas de materiais elastômeros e reforçados por aço laminado.

Rolamentos com vedações de contato são preferidos para arranjos, onde é necessária resistência à contaminação, onde a presença de umidade ou respingos de água não pode ser excluída, ou onde é necessária uma longa vida útil com mínima manutenção.

Como uma vedação entra em contato com um anel do rolamento depende do tipo de rolamento e projeto da vedação. Vedações podem fazer contato em qualquer uma das seguintes maneiras (→ **fig. 24**):

- com o ressalto do anel interno (**a**) ou contra um recesso no ressalto do anel interno (**b, c, d**)
- com uma a entrada nas laterais da pista do anel interno (**e, f**) ou do anel externo (**g**)

Fig. 24

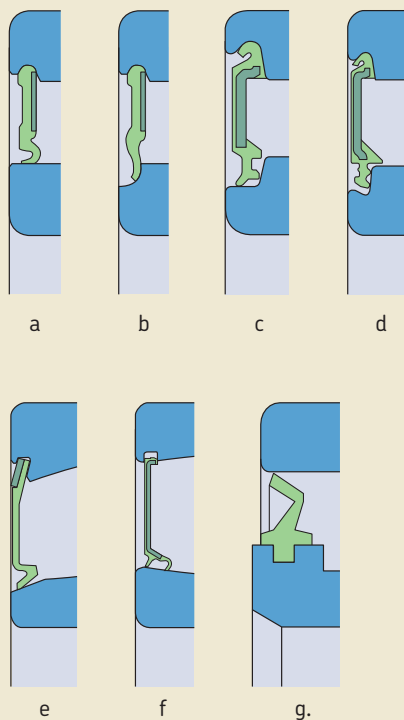
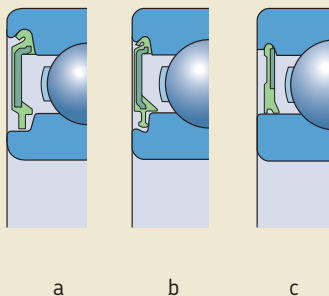


Fig. 25



Para rolamentos rígidos de esferas, a SKF também desenvolveu vedações integrais sem contato, que formam uma fenda extremamente pequena com o anel interno (→ **fig. 25a e b**) e vedações integrais de baixo atrito, que praticamente não têm contato com o anel interno (→ **fig. 25c**). Ambos satisfazem as altas demandas de vedação e operação de baixo atrito do rolamento. Como resultado, os rolamentos equipados com essas vedações podem ser operados nas mesmas velocidades que os rolamentos com placas de proteção, mas com um melhor desempenho da vedação. Eles são lubrificados para toda a vida útil e não devem ser relubrificados.

Armazenagem de rolamentos, vedações e lubrificantes

As condições nas quais os rolamentos, vedações e lubrificantes são armazenados podem ter efeitos prejudiciais sobre o desempenho deles. O controle de estoque também pode desempenhar um papel importante no desempenho, particularmente quando se trata de vedações e lubrificantes. Assim, a SKF recomenda uma política de estoque “first in, first out” (primeiro a entrar, primeiro a sair).

Armazenagem de rolamentos, unidades de rolamento e caixas de mancal

Condições de armazenagem

Para maximizar a vida útil de rolamentos, a SKF recomenda as seguintes práticas básicas de preparação:

- Armazene os rolamentos horizontalmente, em uma área seca, sem vibrações, com uma temperatura fresca e estável. Não deve haver corrente de ar na área de armazenagem.
- Controle e limite a umidade relativa da área de armazenagem desta maneira:
 - 75% a 20 °C (70 °F)
 - 60% a 22 °C (72 °F)
 - 50% a 25 °C (75 °F)

- Mantenha os rolamentos em suas embalagens originais fechadas até imediatamente antes da montagem, para evitar contaminação por poeira e umidade, bem como corrosão dos componentes do rolamento.

OBSERVAÇÃO: Máquinas em condição de espera devem ser giradas ou operadas o mais frequentemente possível para redistribuir a graxa dentro dos rolamentos e mudar a posição dos elementos rolantes em relação às pistas.

Unidades de rolamento e caixas de mancal devem ser armazenadas sob condições similares às dos rolamentos, ou seja, em local fresco, sem poeira, moderadamente ventilado, onde a umidade relativa seja controlada.

Prazo de validade de rolamentos abertos

Os rolamentos da SKF são revestidos com um composto inibidor de ferrugem e embalados adequadamente, antes de sua distribuição. Para rolamentos abertos, o conservante fornece proteção contra a corrosão por aproximadamente cinco anos, desde que as condições de armazenagem sejam adequadas. Após cinco anos, a SKF recomenda seguir as seguintes diretrizes:

- 1 Remova o rolamento da embalagem, sem danificar a embalagem, se possível.
- 2 Limpe o rolamento, usando um solvente adequado.
- 3 Seque o rolamento cuidadosamente.
- 4 Verifique visualmente se o rolamento não apresenta sinais de corrosão ou dano. Se o rolamento estiver em uma condição satisfatória, aplique um novo revestimento de um composto inibidor de ferrugem adequado e acondicione novamente o rolamento em sua embalagem original.

OBSERVAÇÃO: A inspeção e o reacondicionamento de rolamentos é um serviço que pode ser prestado pela SKF. Entre em contato com o representante de vendas local da SKF ou Distribuidor Autorizado SKF.

Prazo de validade de rolamentos selados

O intervalo máximo de armazenagem para rolamentos selados da SKF é imposto pelo lubrificante dentro dos rolamentos. O lubrificante se deteriora ao longo do tempo, como resultado do envelhecimento, condensação e separação do

Noções básicas

óleo e espessante. Portanto, rolamentos selados não devem ser armazenados por mais de três anos.

OBSERVAÇÃO: Para rolamentos pequenos, é impraticável remover as vedações, limpar o rolamento, reengraxá-lo e então reinstalar as vedações. Mas o mais importante nesta prática, é que as vedações poderiam ser danificadas e contaminantes poderiam ser introduzidos nos rolamentos durante o processo.

Alguns rolamentos maiores possuem vedações retidas no anel externo por um anel de retenção. Quando necessário, as vedações podem ser removidas e substituídas.

Armazenagem de vedações de elastômeros

Condições de armazenagem

Para maximizar a vida útil de vedações de elastômeros, a SKF recomenda as seguintes práticas básicas de preparação:

- Armazene vedações de elastômeros horizontalmente, em uma área fresca, moderadamente ventilada, em temperaturas entre 15 e 25 °C (60 e 75 °F).
- Controle e limite a umidade relativa da área de armazenagem ao máximo de 65%.
- Proteja as vedações da luz solar direta ou de luz com alta proporção de radiação UV.
- Mantenha as vedações nas suas embalagens originais até imediatamente antes de sua montagem para evitar degradação do material, quando sujeito ao meio ambiente. Se a embalagem original não estiver disponível, armazene-os em recipientes herméticos.
- Armazene vedações separadamente de solventes, combustíveis, lubrificantes e outros produtos químicos que produzem gases e vapores.
- Armazene separadamente as vedações feitas de materiais diferentes.

AVISO: Vedações nunca devem ser penduradas em pinos ou pregos durante a armazenagem. Se armazenadas dessa maneira, sob tensões ou carga, as vedações estão sujeitas a deformações permanentes e trincas.

Prazo de validade

Borracha natural e sintética altera as suas propriedades físicas ao longo do tempo e é afetada pelo ar, calor, luz, umidade, solventes e certos metais, especialmente cobre e manganês. Como resultado, vedações de borracha podem se tornar inutilizáveis, devido ao endurecimento ou amolecimento, descascamento, trincas ou outros danos superficiais.

Armazenagem de lubrificantes

Condições de armazenagem

Lubrificantes são afetados por temperatura, luz, água, umidade e oxigênio. Exposição acidental a esses elementos normalmente não é prejudicial. No entanto, qualquer exposição acelera o efeito do envelhecimento.

Para maximizar o prazo de validade do lubrificante, a SKF recomenda o seguinte:

- Armazene lubrificantes em uma área seca, sem vibrações onde a temperatura esteja abaixo de 40 °C (105 °F). Isso é particularmente importante para recipientes que foram abertos, já que a umidade causa a degradação do lubrificante e acelera a oxidação.
- Armazene lubrificantes abrigados, em prateleiras de armazenagem adequadas. A armazenagem abrigada também protege qualquer etiquetagem no recipiente.
- Armazene tambores de óleo deitados para evitar o acúmulo de contaminantes na parte superior dos tambores.
- Mantenha as tampas dos recipientes fechadas para evitar a entrada de contaminantes.
- Rotule todos os recipientes de forma inteligível. Problemas de identificação podem surgir se os rótulos estiverem desgastados ou danificados. Também é recomendada a codificação por cores.
- Mantenha os lubrificantes em seus reservatórios originais.
- Não armazene em latas abertas os lubrificantes descartados.

Prazo de validade

O prazo de validade de um lubrificante é o período a partir da data de preenchimento até uma data estimada de vencimento, contanto que o lubrificante seja armazenado adequadamente. As datas de fabricação normalmente estão codificadas nos reservatórios e devem ser monito-

radas regularmente. Em geral, a data de fabricação em latas de graxa e lubrificadores automáticos da SKF, por exemplo, é indicada por um código de quatro dígitos como 0710, que indica que a graxa foi produzida em 2007, semana 10.

A maioria dos lubrificantes deteriora ao longo do tempo. Diretrizes para o prazo de validade de vários lubrificantes são fornecidas na **tabela 3**.

Se um lubrificante excedeu seu prazo de validade, ele pode não ser tão eficaz. Portanto, a SKF recomenda enfaticamente usar somente aqueles lubrificantes que estão bem dentro de seu prazo estimado de validade.

OBSERVAÇÃO: Considere as implicações de custo de uma quebra de máquina resultante de um lubrificante fora do prazo de validade, comparado com o custo de substituição do lubrificante.

Descarte de lubrificantes

Descarte inadequado de lubrificantes pode ser perigoso à comunidade e ao meio ambiente. Descarte todos os lubrificantes de acordo com as leis nacionais e locais e regulamentos e boas práticas de segurança ambiental.

Tabela 3

Prazo de validade do lubrificante a 20 °C (70 °C)	
Lubrificante	Prazo de validade máximo
Óleos lubrificantes	10 anos 1)
Graxas de reposição da SKF (exceto a graxa LGFP 2 para setor alimentício)	5 anos
Graxa para setor alimentício LGFP 2 da SKF	2 anos
Graxa em rolamentos rígidos de esferas selados da SKF, por exemplo MT47, MT33 ou GJN	3 anos
Lubrificante nos lubrificadores SKF SYSTEM 24 da série LAGD	2 anos
Lubrificante nos lubrificadores SKF SYSTEM 24 da série LAGE (exceto quando preenchidos com LGFP 2 ou óleo)	3 anos
Lubrificante nos lubrificadores SKF SYSTEM 24 da série LAGE preenchidos com LGFP 2 ou óleo	2 anos

1) O prazo de validade pode ser reduzido devido a certos pacotes de aditivos no lubrificante. Verifique com o fabricante do lubrificante.



Montagem de rolamentos

Preparativos antes da montagem	46	Ferramentas de montagem da SKF	72
Planejamento	46	Ferramentas mecânicas	72
Limpeza	46	Ferramentas hidráulicas	73
Remoção do conservante de rolamentos novos	47	Equipamentos de aquecimento	73
Verificação de componentes associados	47	Luvas	73
Segurança	49		
Preparação dos componentes	49	Instruções de montagem por tipo de rolamento	74
Manuseio de rolamentos	49	Montagem de rolamentos de esferas de contato angular	74
Folga interna do rolamento	51	Rolamentos independentes	74
Folga antes e depois da montagem	51	Ajuste de rolamentos em disposição X	74
Medição da folga com um calibrador de folga	52	Ajuste de rolamentos em disposição O	76
Montagem a frio	53	Rolamentos com acoplagem universal e conjuntos de rolamentos combinados	76
Métodos mecânicos	53	Rolamentos de esferas de contato angular com um anel interno de duas peças	78
Rolamentos com um furo cilíndrico	53	Montagem de rolamentos autocompensadores de esferas	79
Rolamentos com furo cônico	54	Rolamentos de projeto básico com esferas salientes	79
Método Drive-up da SKF	57	Rolamentos selados com furo cônico	79
Método Drive-up da SKF: passo a passo	58	Rolamentos com anel interno prolongado	80
Método de injeção de óleo	62	Montagem de rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas	80
Método de injeção de óleo: passo a passo	62	Rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas de uma carreira com gaiola	80
SensorMount	67	Rolamentos de rolos cilíndricos de quatro carreiras	82
Montagem a quente	68	Montagem de rolamentos de rolos cônicos	84
Chapas quentes elétricas	68	Rolamentos de rolos cônicos de uma carreira	84
Aquecedores de indução	69	Rolamentos de rolos cônicos de duas carreiras e de carreiras múltiplas	89
Anéis de aquecimento de alumínio	69	Montagem de rolamentos autocompensadores de rolos e de rolos toroidais CARB	90
Gabinetes de aquecimento	70	Rolamentos autocompensadores de rolos selados	90
Irradiadores de infravermelhos	70	Rolamentos de rolos toroidais CARB	91
Painéis de aquecimento	71		
Banhos de óleo	71		

Preparativos antes da montagem

Rolamentos são elementos de máquinas confiáveis que podem fornecer uma longa vida útil, desde que sejam montados e mantidos adequadamente. Para uma montagem correta, é necessária experiência, bem como cuidado, limpeza, precisão, o correto método de montagem e o uso de ferramentas apropriadas para o trabalho.

Planejamento

Antes da montagem, estude todos os desenhos ou instruções para determinar:

- a sequência correta na qual os diversos componentes devem ser montados
- o tipo correto, o tamanho e a variante do rolamento
- o lubrificante adequado e a quantidade de lubrificante a ser usada
- o método adequado de montagem
- as ferramentas adequadas de montagem

As ferramentas e os métodos usados para a montagem de rolamentos muitas vezes dependem do tamanho do rolamento. Geralmente, os rolamentos podem ser categorizados como:

- rolamentos pequenos: diâmetro do furo $d \leq 80$ mm
- rolamentos de médio porte: diâmetro do furo $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- rolamentos grandes: diâmetro do furo $d \geq 200$ mm

Para informações adicionais sobre ferramentas de montagem da SKF, incluindo ferramentas mecânicas, ferramentas hidráulicas, equipamentos de aquecimento e luvas, visite www.mapro.skf.com.

Para instruções detalhadas de montagem para rolamentos específicos (por designação de rolamento), visite www.skf.com/mount.

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece uma abrangente gama de cursos de treinamento de montagem (→ *Treinamento*, iniciando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

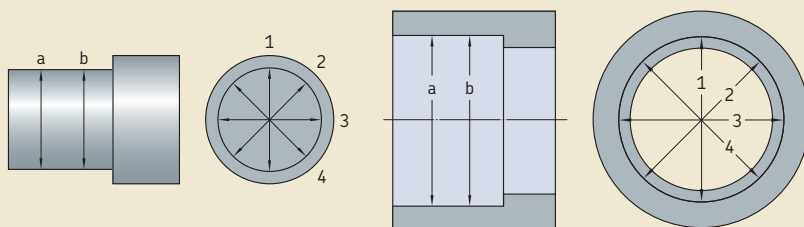
Limpeza

A limpeza é essencial para uma longa vida útil do rolamento. A limpeza começa na sala de armazenagem. Armazene rolamentos em uma área fresca, seca, em prateleiras que não estejam sujeitas à vibração das máquinas adjacentes (→ *Armazenagem de rolamentos, vedações e lubrificantes*, iniciando na **página 41**). Não abra a embalagem do rolamento, até que seja o momento de instalá-lo.

Sempre que possível, instale os rolamentos em uma área seca, livre de poeira e longe de máquinas de trabalho em metal ou de outras máquinas que produzem detritos de usinagem ou poeira. Verifique se os rolamentos e todas as peças a serem unidas, incluindo o lubrificante, estão limpos e livres de contaminantes prejudiciais.

Quando for necessário montar rolamentos em uma área não protegida, o que costuma ocorrer

Fig. 1



com rolamentos grandes, certas precauções precisam ser tomadas para proteger o rolamento e o local de montagem contra contaminantes como pó, sujeira e umidade, até que a instalação tenha sido concluída. Isso pode ser feito cobrindo-se ou enrolando-se os rolamentos, componentes de máquinas, etc. com plástico ou folha metálica.

OBSERVAÇÃO: É melhor evitar que os rolamentos fiquem sujos do que limpá-los. Muitos tipos de rolamento não podem ser separados e portanto são difíceis de limpar.

Remoção do conservante de rolamentos novos

Os rolamentos devem ser deixados em suas embalagens originais até imediatamente antes da montagem, porque assim não serão expostos a nenhum contaminante, especialmente sujeira. Normalmente, o conservante aplicado em rolamentos novos não precisa ser removido completamente. Só é necessário limpar as superfícies do diâmetro externo e do furo.

AVISO: A SKF recomenda lavar e secar cuidadosamente os rolamentos se estes tiverem que ser lubrificados com graxa e usados em velocidades ou temperaturas muito altas. Os rolamentos também devem ser lavados se o lubrificante a ser usado não for compatível com o conservante (→ *Compatibilidade entre graxas e conservantes de rolamentos da SKF*, página 202).

Verificação de componentes associados

Um rolamento só trabalhará satisfatoriamente se os componentes associados tiverem a precisão exigida e se as tolerâncias prescritas forem obedecidas. Portanto:

- Remova todas as rebarbas e ferrugem.
- Verifique a precisão dimensional e de forma de todos os componentes associados ao arranjo de rolamento.
- Verifique os assentos de eixos cilíndricos. Usando um micrômetro, meça em dois pontos no assento do eixo. Meça em quatro direções (→ **fig. 1**). Para assentos grandes, pode ser necessário medir em três ou quatro pontos (→ **Formulário de relatório de medição**, página 48).

Fig. 2

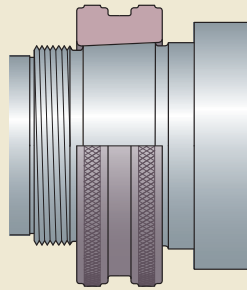


Fig. 3

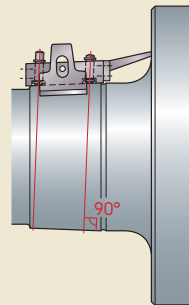
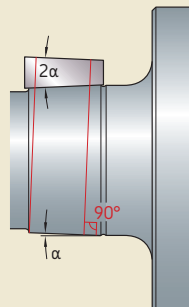


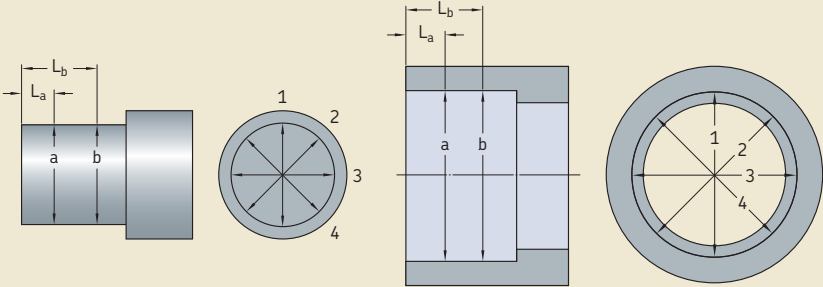
Fig. 4



Rolamento:

Posição do rolamento:

Aplicação:



Direções de medição	Eixo Valores de medição [mm] no local				Caixa de mancal Valores de medição [mm] no local			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
	Distância L				Distância L			
	Diâmetro d				Diâmetro D			
1								
2								
3								
4								
	Média calculada: (1+2+3+4)/4				Média calculada: (1+2+3+4)/4			

Comentários:

Data:

Verificado por:

- Verifique os assentos de eixos cônicos, usando um calibrador anel (→ **fig. 2**), um calibrador cônico (→ **fig. 3**) ou uma barra de senos (→ **fig. 4**).
- Assentos de caixas de mancal normalmente são verificados em dois lugares com um micrômetro interno ou outro calibrador de medição por comparação. Meça em quatro direções (→ **fig. 1, página 46**). Para assentos grandes, pode ser necessário medir em três ou quatro pontos.
- Registre os valores das medições dos diâmetros do eixo e furo para referência futura. Use o formulário do relatório de medição.

Durante a medição, é importante que os componentes e os instrumentos de medição estejam aproximadamente à mesma temperatura. Isso é particularmente importante quando se tratar de rolamentos grandes e os seus componentes associados.

Segurança

Para minimizar a chance de acidentes pessoais, durante o manuseio ou montagem de rolamentos:

- Sempre use luvas, especialmente ao manusear rolamentos aquecidos ou trabalhar com lubrificantes.
- Sempre use ferramentas de elevação ou transporte adequadas.
- Nunca bata no rolamento diretamente com nenhum objeto duro como um martelo de aço ou um cinzel.

Preparação dos componentes

Antes de montar um rolamento, prepare os componentes associados e faça o seguinte:

- Monte todos os componentes que estão no eixo na frente do rolamento.
- Para um ajuste apertado de eixo e/ou caixa de mancal, cubra o(s) assento(s) de rolamento com uma fina camada de óleo leve.
- Para um ajuste com folga de eixo e/ou caixa de mancal, cubra o(s) assento(s) de rolamento com agente anticorrosão por contato da SKF.
- Se o eixo ou bucha está equipada para injeção de óleo, verifique se os dutos e ranhuras estão limpos.

Manuseio de rolamentos

A SKF recomenda usar luvas, assim como ferramentas para elevação e transporte que foram especialmente projetadas para montar rolamentos. Além de ser uma questão de segurança, usar as ferramentas adequadas economizará tempo e esforço.

No manuseio de rolamentos quentes ou com óleo, a SKF recomenda usar luvas resistentes ao calor ou óleo apropriadas (→ **Luvas, página 73**).

O manuseio seguro de rolamentos aquecidos e rolamentos maiores e mais pesados pode ser difícil para uma ou duas pessoas. Nesses casos, deve ser usado equipamento satisfatório para elevar e transportar o rolamento (→ **figs. 5, 6 e 7 página 50**).

Fig. 5

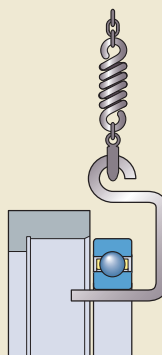
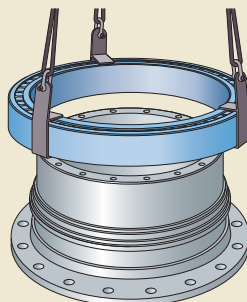


Fig. 6



Montagem de rolamentos

Para rolamentos grandes e pesados, use um equipamento de elevação que sustente o rolamento por baixo (→ **fig. 8**). Nunca suspenda o rolamento por um único ponto, porque isso pode deformar permanentemente os anéis. Uma mola entre o gancho e o equipamento de elevação (→ **fig. 5, página 49**) pode facilitar o posicionamento do rolamento no eixo.

Rolamentos grandes dotados de pinos roscados em um dos lados das faces dos anéis podem acomodar parafusos com olhal. Devido ao tamanho e a profundidade do furo serem limitados pela espessura do anel, esses furos são projetados para acomodar somente o peso do rolamento.

Assegure que os parafusos com olhal sejam sujeitos a carga somente na direção do eixo geométrico da haste (→ **fig. 9**).

AVISO: Nunca coloque nenhum componente adicional no rolamento antes da elevação.

Ao montar uma caixa de mancal sólida e grande sobre um rolamento que já está na posição em um eixo, é recomendável providenciar uma suspensão em três pontos para a caixa de mancal, com uma das lingas ajustável. Isso facilita o processo de alinhamento do furo da caixa de mancal com o diâmetro externo do rolamento.

Fig. 7

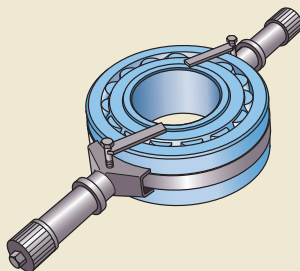


Fig. 8

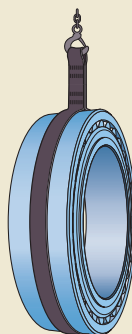


Fig. 9

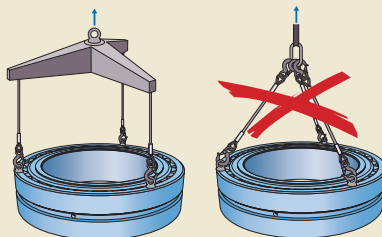


Fig. 10

Folga interna do rolamento

A folga interna de um rolamento é a distância total que um anel do rolamento pode ser movido em relação ao outro.

Movimento na direção radial é chamado de “folga interna radial”; movimento axial é chamado de “folga interna axial” (→ **fig. 10**).

Folga antes e depois da montagem

É importante distinguir entre a folga interna de um rolamento antes da montagem e a folga interna de um rolamento montado sob condições reais de operação.

A folga antes da montagem normalmente é maior que a folga operacional porque os anéis se expandem ou se comprimem, devido ao ajuste interferente e por causa da dilatação térmica dos anéis do rolamento e componentes associados.

Como uma regra geral, a folga interna radial operacional deve ser um pouco maior que zero, embora uma leve pré-carga para rolamentos de esferas normalmente não tem efeito prejudicial. Pré-carga normalmente não é recomendada para rolamentos de reposição porque os assentos podem não estar mais nas condições ideais.

Valores para folga antes da montagem podem ser encontrados no **Apêndice E**, iniciando na **página 388**.

Folga interna radial

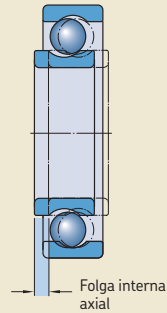


Fig. 11

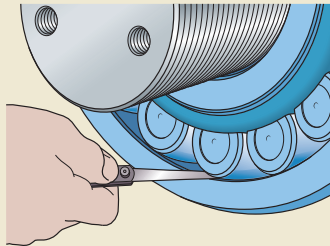
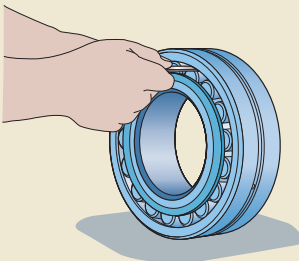
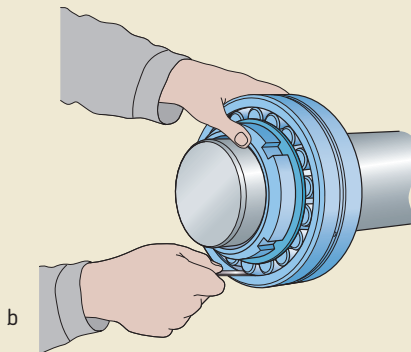


Fig. 12



a



b

Medição da folga com um calibrador de folga

Um calibrador de folga é usado, na maioria das vezes, para medir a folga interna radial em rolamentos autocompensadores de rolos e rolamentos de rolos toroidais CARB de médio e grande porte, antes, durante e depois da montagem (→ **fig. 11, página 51**).

Antes da medição, gire algumas vezes o anel interno ou externo. Verifique se os dois anéis de rolamento e o conjunto de rolos estão arranjados centralizadamente um em relação ao outro.

Para iniciar, selecione uma lâmina do calibrador de folga um pouco mais fina que o valor mínimo para a folga inicial do rolamento (→

Apêndice E, iniciando na página 388). Durante a medição, mova a lâmina para trás e para frente entre o centro do rolo e a pista. Repita esse procedimento usando uma lâmina cada vez mais grossa, até que sinta uma leve resistência entre a lâmina e o rolo. Para confirmar o valor, gire o anel interno 180° e meça mais uma vez. Faça medições entre:

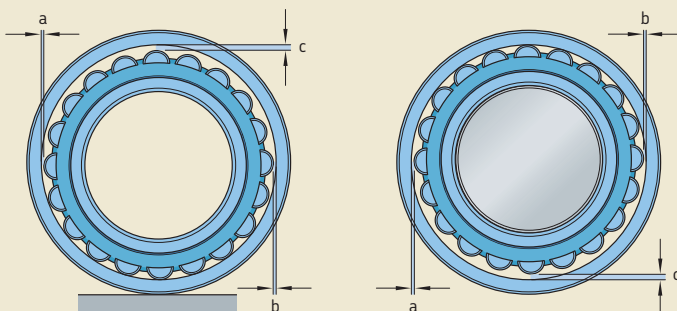
- o anel externo e o rolo na posição mais alta, antes da montagem (→ **fig. 12a, página 51**)
- o anel externo e o rolo na posição mais baixa, após a montagem (→ **fig. 12b, página 51**)

Para rolamentos grandes, especialmente aqueles que possuem um anel externo de parede muito fina, as medições são afetadas pela deformação elástica dos anéis, causada pelo peso do rolamento ou pela força para passar o calibrador de folga pelo vão livre entre a pista e um

rolo sem carga. Para determinar a folga “real” antes e depois da montagem, use o seguinte procedimento (→ **fig. 13**):

- Meça a folga “c” na posição de 12 horas para um rolamento apoiado ou na posição de 6 horas para um rolamento não montado pendurado no eixo.
- Meça a folga “a” na posição de 9 horas e “b” na posição de 3 horas, sem mover o rolamento.
- Obtenha a folga interna radial “real” com uma precisão relativamente boa, usando a seguinte equação:
$$\text{folga interna radial} = 0,5 (a + b + c).$$

Fig. 13



Montagem a frio

Para montagem a frio, existem alguns métodos:

- métodos mecânicos
- o Método Drive-up da SKF
- método de injeção de óleo
- SensorMount

Métodos mecânicos normalmente são usados para instalar pequenos rolamentos com um furo cilíndrico ou cônico sobre um eixo ou para dentro de uma caixa de mancal. Os outros três métodos são usados somente para instalar rolamentos com um furo cônico em um assento cônico.

AVISO: Ao montar um rolamento, nunca bata nele diretamente com nenhum objeto duro como um martelo de aço ou cinzel e nunca aplique a força de montagem através dos elementos rolantes.

Métodos mecânicos

Rolamentos com um furo cilíndrico

Rolamentos pequenos devem ser montados com uma ferramenta de montagem de rolamentos apropriada, por exemplo, o kit de ferramentas de montagem de rolamentos SKF (→ **fig. 14a**).

Se o eixo possui uma rosca externa (→ **fig. 14b** e **c**) ou interna (→ **fig. 14d**), as roscas podem ser usadas para montar o rolamento em um eixo.

Se um rolamento deve ser montado no eixo e no furo da caixa de mancal ao mesmo tempo, a força de montagem deve ser aplicada de forma igual nos dois anéis (→ **fig. 15**).

Para a montagem de um número maior de rolamentos, pode ser usada uma prensa mecânica ou hidráulica. Ao usar uma prensa, coloque uma bucha adequada entre o propulsor e o anel a ser montado (→ **fig. 16, página 54**).

Fig. 14

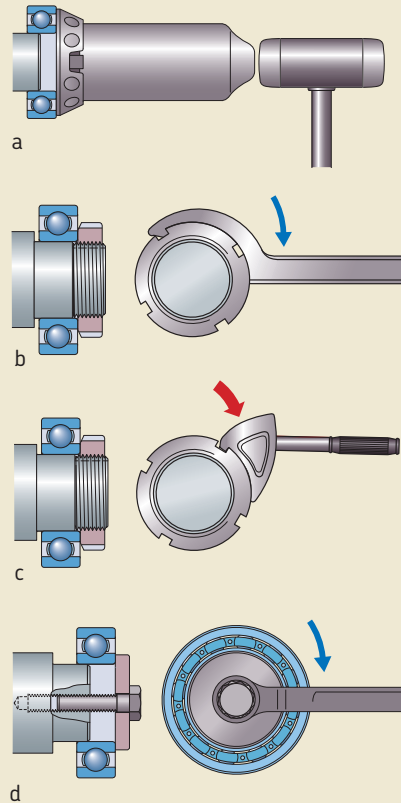
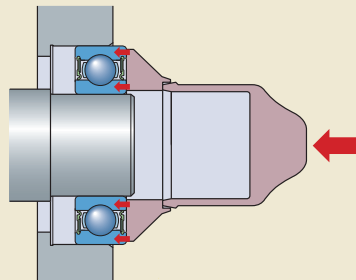


Fig. 15



Rolamentos com furo cônico

Em rolamentos de pequeno e de médio portes, o deslocamento em um assento cônico pode ser feito com o uso de uma ferramenta de montagem de rolamento ou preferencialmente com uma porca de segurança. No caso de buchas de fixação, é usada a porca da bucha.

Pode ser usada uma chave de gancho ou de impacto para apertar a porca (→ **fig. 17**) e para instalar o rolamento no seu assento cônico. Buchas de desmontagem pequenas podem ser conduzidas para dentro do furo do rolamento, usando-se uma ferramenta de montagem de rolamento ou uma tampa de fechamento.

Rolamentos com um diâmetro de furo $d \geq 50$ mm podem ser montados de modo simples e confiável aplicando-se o Método Drive-up da SKF (→ *Método Drive-up da SKF*, iniciando na **página 57**).

Combinar o Método Drive-up da SKF e o método de injeção de óleo facilita a montagem de rolamentos de médio e de grande portes (→ *Método de injeção de óleo*, iniciando na **página 62**).

Combinar o método de injeção de óleo e SensorMount simplifica ainda mais a montagem de rolamentos grandes (→ *SensorMount*, **página 67**).

Rolamentos com furo cônico são montados com um ajuste interferente. O grau de interferência normalmente é determinado por um dos métodos a seguir:

- percepção da redução da folga ao rodar o anel externo
- medição da redução da folga com um calibrador de folga
- medição do ângulo de aperto da porca de segurança
- medição do drive-up axial
- medição da expansão do anel interno

Fig. 16

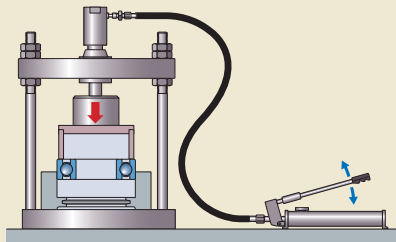
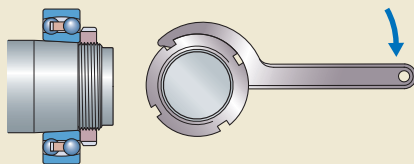
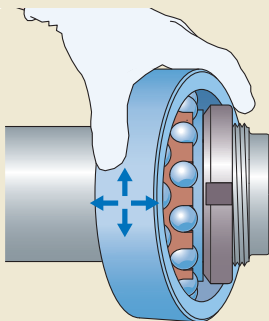


Fig. 17



NOTA: Aplicando-se os valores recomendados para a redução de folga, o ângulo de aperto de porca de segurança, o deslocamento axial ou a expansão do anel interno evita que o anel interno deslize sob condições operacionais normais, mas não garante a folga interna radial correta na operação. As influências adicionais do ajuste de mancal e das diferenças de temperatura, entre o anel interno e o anel externo, devem ser cuidadosamente consideradas ao se selecionar a classe de folga interna radial de rolamento. Para obter informações adicionais, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Fig. 18



Percepção da redução da folga ao rodar o anel externo

Ao montar rolamentos autocompensadores de esferas com folga radial Normal, em geral, é suficiente verificar a redução de folga durante o drive-up axial, girando-se e rodando-se o anel externo (→ **fig. 18**). A redução de folga no rolamento é suficiente quando o anel externo pode ser girado facilmente, mas é sentida uma leve resistência, quando rodado.

Medição da redução da folga com um calibrador de folga

Usar um calibrador de folga (→ **fig. 12, página 51**) é uma maneira de medir a folga interna radial em rolamentos de médio e de grande portes, antes, durante e depois da montagem (→ *Medição da folga com um calibrador de folga, página 52*).

Valores recomendados para redução da folga interna radial são fornecidos para:

- rolamentos autocompensadores de rolos no **Apêndice F-2** (→ **página 403**)
- Rolamentos de rolos toroidais CARB no **Apêndice F-3** (→ **página 404**)

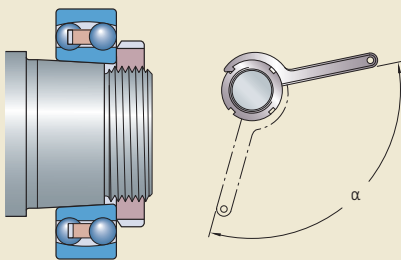
Medição do ângulo de aperto da porca de segurança (α)

A SKF recomenda este método (→ **fig. 19**) para montar rolamentos de pequeno e de médio portes com um furo cônico e até aproximadamente 120 mm de diâmetro de furo. Valores de referência para o ângulo de aperto da porca de segurança (α) são fornecidos para:

- rolamentos autocompensadores de esferas no **Apêndice F-1** (→ **página 402**)
- rolamentos autocompensadores de rolos no **Apêndice F-2** (→ **página 403**)
- Rolamentos de rolos toroidais CARB no **Apêndice F-3** (→ **página 404**)

Antes de iniciar o procedimento de aperto final, coloque o rolamento no assento cônico, até que esteja firmemente posicionado. Ao apertar a porca até o ângulo recomendado (α), ocorre o deslocamento do rolamento no assento cônico pela distância adequada. O anel interno do rolamento, então, terá o ajuste interferente necessário.

Fig. 19



Montagem de rolamentos

Medição do drive-up axial

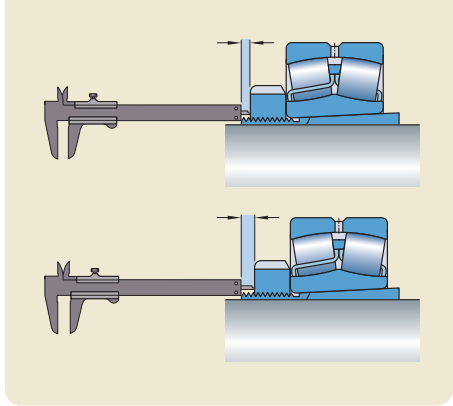
Controlar o deslocamento axial do rolamento em seu assento cônico fornece uma maneira fácil de atingir o ajuste. Uma maneira é simplesmente medir o deslocamento axial (→ **fig. 20**). Este método não é muito preciso, uma vez que não é fácil determinar a posição inicial.

Valores de referência para o drive-up axial são fornecidos para:

- rolamentos autocompensadores de esferas no **Apêndice F-1** (→ **página 402**)
- rolamentos autocompensadores de rolos no **Apêndice F-2** (→ **página 403**)
- Rolamentos de rolos toroidais CARB no **Apêndice F-3** (→ **página 404**)

O método mais adequado é o Método Drive-up da SKF, que é um método fácil, rápido e muito preciso de atingir o correto drive-up e assim o ajuste interferente apropriado (→ *Método Drive-up de SKF*, iniciando na **página 57**).

Fig. 20



Medição da expansão do anel interno

Medir a expansão do anel interno quando o rolamento é instalado no seu assento cônico simplifica o processo de montagem de rolamentos grandes. Para fazer isso, está disponível o método SensorMount, usando-se um sensor integrado no anel interno do rolamento e um indicador de mão dedicado (→ *SensorMount*, **página 67**).

Tabela 1

Ferramentas adequadas para o método Drive-up da SKF	
Designação	Descrição
Porcas hidráulicas HMF ..E, p.e. HMF 40E HMF ..E, p.e. HMF 40E	Porca hidráulica com rosca métrica, p.e. M 200 x 3 Porca hidráulica com rosca em polegadas, p.e. ANF 7.847 x 8 classe 3
Bombas 729124 SRB	Bomba hidráulica de acionamento manual para – pressão de trabalho de até 100 MPa e – porcas hidráulicas com diâmetro de rosca de até 270 mm
TMJL 100 SRB	Bomba hidráulica de acionamento manual para – pressão de até 100 MPa e – porcas hidráulicas com diâmetro de rosca de até 460 mm
TMJL 50 SRB	Bomba hidráulica de acionamento manual para – pressão de trabalho de até 50 MPa e – porcas hidráulicas com diâmetro de rosca de até 1000 mm
Manômetro TMJG 100 D	Faixa de pressão: 0 – 100 MPa
Relógios comparadores TMCD 10R TMCD 1/2R	Relógio comparador horizontal para medição de deslocamentos de até 10 mm Relógio comparador horizontal para medição de deslocamentos em polegadas de até 0.5 pol.
TMCD 5	Relógio comparador vertical para medição de deslocamentos de até 5 mm

Fig. 21

Método Drive-up da SKF

O método Drive-up da SKF é recomendado para rolamentos de médio e de grande portes. O método é baseado em um procedimento de montagem de dois estágios, utilizando-se uma porca hidráulica equipada com um relógio comparador.

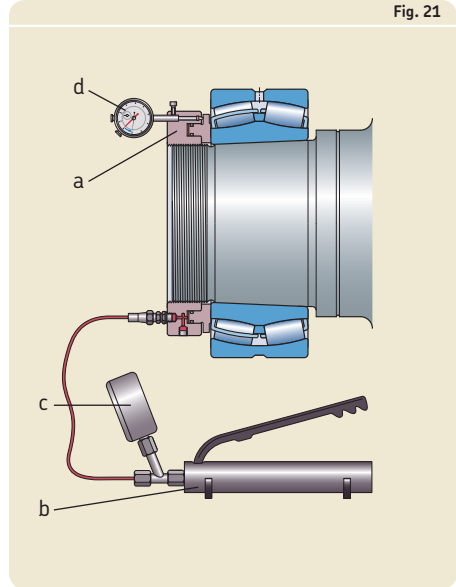
Estágio um: pela aplicação de uma pressão predeterminada na porca hidráulica, é atingida uma posição inicial confiável.

Estágio dois: aumentando-se a pressão na porca hidráulica, o anel interno do rolamento é empurrado mais sobre seu assento cônico. O deslocamento é medido pelo relógio comparador, até que um determinado deslocamento axial seja atingido. Valores de referência para a pressão de óleo necessária para atingir a posição inicial e o deslocamento axial para chegar na posição final são fornecidos para:

- rolamentos autocompensadores de esferas no **Apêndice H-1 (→ página 406)**
- rolamentos autocompensadores de rolos no **Apêndice H-2 (→ página 407)**
- rolamentos de rolos toroidais CARB no **Apêndice H-3 (→ página 411)**

O método Drive-up da SKF requer as seguintes ferramentas (→ **tabela 1 e fig. 21**):

- uma porca hidráulica SKF HMV ..E ou HMVC ..E (**a**)
- uma bomba hidráulica de tamanho adequado (**b**)
- um manômetro adequado para as condições de montagem (**c**)
- um relógio comparador apropriado (**d**)



Método Drive-up da SKF: passo a passo

1 Antes de começar, siga cuidadosamente as diretrizes fornecidas em *Preparativos antes da montagem*, iniciando na **página 46**, e aplique onde apropriado.

2 Determine se uma ou duas superfícies deslizam durante a montagem (→ **fig. 22**):

- uma superfície: **casos 1, 2 e 3**
- duas superfícies: **casos 4 e 5**

3 Verifique se o diâmetro do furo do rolamento e o diâmetro da rosca da porca hidráulica são iguais (→ **fig. 22: casos 1, 3 e 4**). Se sim, a pressão de óleo necessária para atingir a posição inicial é fornecida para:

- rolamentos autocompensadores de esferas no **Apêndice H-1** (→ **página 406**)
- rolamentos autocompensadores de rolos no **Apêndice H-2** (→ **página 407**)
- rolamentos de rolos toroidais CARB no **Apêndice H-3** (→ **página 411**)

Se o diâmetro do furo do rolamento e o diâmetro da rosca da porca hidráulica não são iguais (→ **fig. 22: casos 2 e 5**), a pressão de óleo necessária para atingir a posição inicial deve ser ajustada, uma vez que é usada uma porca hidráulica menor que a mostrada para o rolamento apropriado. Nesses casos, a pressão de óleo necessária pode ser calculada por

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

onde

P_{req} = pressão necessária para a porca hidráulica real [MPa]

P_{ref} = pressão de óleo especificada para a porca hidráulica de referência [MPa]

A_{req} = área do pistão da porca hidráulica real [mm²]

A_{ref} = área do pistão da porca hidráulica de referência especificada [mm²]

Os valores apropriados para P_{ref} , A_{req} e A_{ref} estão listados nos apêndices mencionados acima.

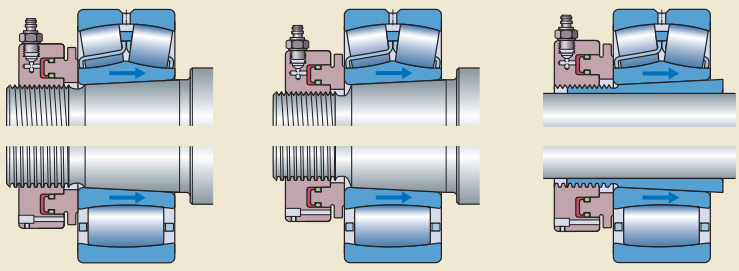
4 Revista as superfícies deslizantes com uma fina camada de óleo leve e coloque o rolamento no eixo ou bucha cônica.

5 Rosqueie a porca hidráulica na rosca do eixo ou bucha de maneira que encoste no rolamento ou na bucha de desmontagem (→ **fig. 23**).

OBSERVAÇÃO: Instruções detalhadas de montagem, específicas à designação do rolamento podem ser encontradas em www.skf.com/mount.

Fig. 22

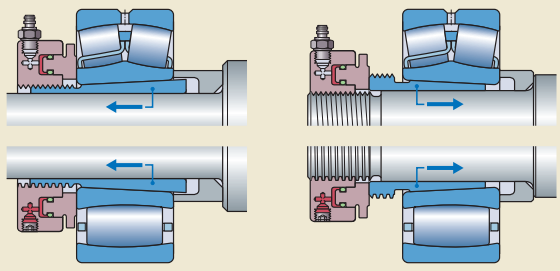
Etapas 2 e 3: determine o número de superfícies deslizantes e o procedimento adequado de início.



caso 1

caso 2

caso 3

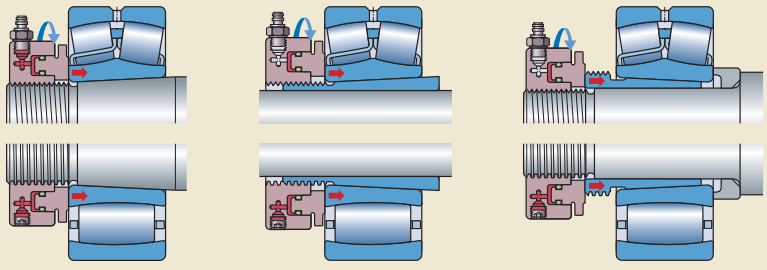


caso 4

caso 5

Fig. 23

Etapa 5: coloque a porca hidráulica no lugar.



Eixo cônico

Bucha de fixação

Bucha de desmontagem

Fig. 24

Etapa 6: aplique a pressão necessária para atingir a posição inicial.

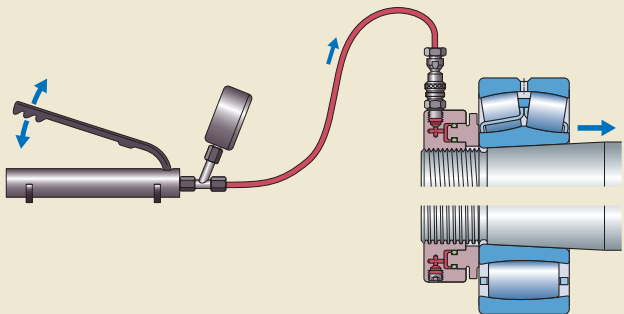


Fig. 25

Etapa 7: leia o deslocamento axial no relógio comparador.

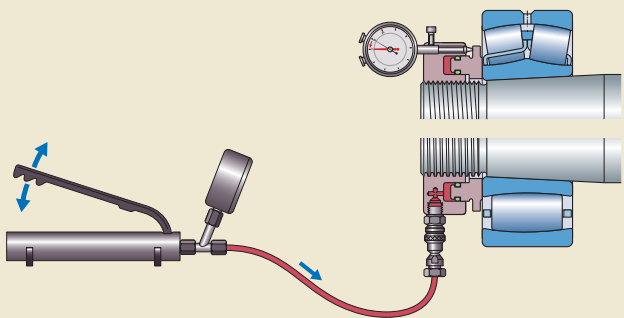
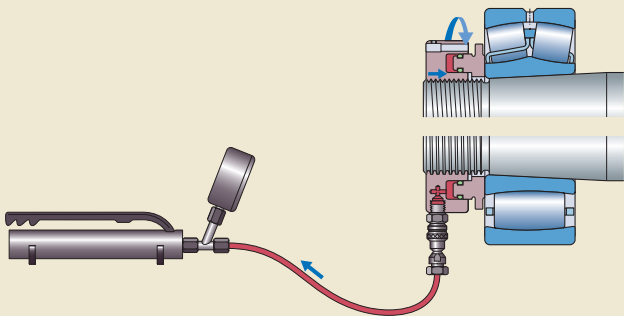


Fig. 26

Etapa 9: drene o óleo da porca hidráulica.



- 6 Conecte a bomba de óleo com a porca hidráulica. Conduza o rolamento até sua posição inicial, aplicando óleo à porca hidráulica, até que a pressão necessária seja atingida. Não alivie a pressão (→ **fig. 24**).

OBSERVAÇÃO: Quando montar o rolamento em combinação com o método de injeção de óleo, não injete óleo entre as superfícies de contato, antes de atingirem a posição inicial.

- 7 Fixe o relógio comparador na porca hidráulica. Ajuste o relógio comparador para a distância de drive-up necessária. Bombeie óleo adicional para a porca hidráulica, até o rolamento ser deslocado a distância necessária e o relógio comparador indicar zero (→ **fig. 25**).

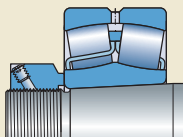
OBSERVAÇÃO: Se está sendo usado o método de injeção de óleo, abra a válvula de alívio de óleo da(s) bomba(s) usada(s) para a injeção de óleo (no eixo ou na bucha) e deixe o óleo drenar, pelo menos, por 20 minutos.

- 8 Quando a montagem estiver concluída, abra a válvula de alívio da bomba de óleo para depressurizar o óleo.
- 9 Para drenar o óleo, leve o pistão da porca hidráulica até a sua posição original. Para fazer isso, rosqueie a porca sobre a parte roscada do eixo ou bucha (→ **fig. 26**).

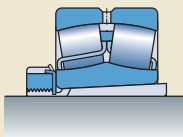
- 10 Desconecte a bomba de óleo e remova a porca do eixo ou bucha. O rolamento não irá se soltar.
- 11 Fixe o rolamento no seu assento do eixo ou na bucha, por exemplo, usando o dispositivo de fixação apropriado (→ **fig. 27**).

Fig. 27

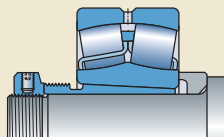
Etapa 11: fixe o rolamento no seu assento do eixo ou na bucha.



Eixo cônico



Bucha de fixação



Bucha de desmontagem

Método de injeção de óleo

Usar o método de injeção de óleo (→ **fig. 28**) pode economizar um esforço considerável ao montar um rolamento com furo cônico. Com este método, óleo sob alta pressão é injetado entre o furo do rolamento e seu assento para formar uma película de óleo. Essa película de óleo separa as superfícies de contato e reduz apreciavelmente o atrito entre elas.

Desde que a aplicação tenha sido preparada para injeção de óleo (→ **Apêndice G, página 405**), este método pode ser usado para montar um rolamento:

- em um eixo cônico
- em uma bucha de fixação
- em uma bucha de desmontagem

O equipamento necessário para o método de injeção de óleo também está disponível na SKF. Os produtos são mostrados e descritos em *Ferramentas hidráulicas*, na **página 73**.

Se o método de injeção de óleo for aplicado ao montar-se rolamentos de médio e grande porte, a SKF recomenda o procedimento passo a passo de montagem a seguir.

O método de injeção de óleo: passo a passo

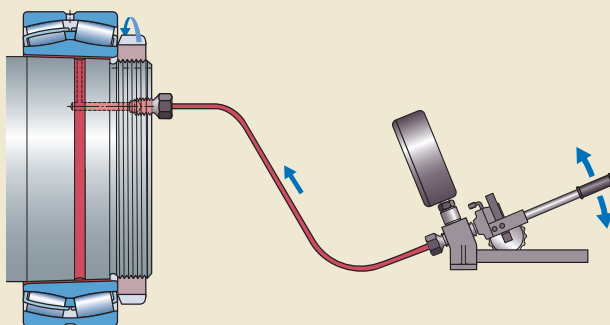
- 1** Antes de começar, siga cuidadosamente as diretrizes fornecidas em *Preparativos antes da montagem*, iniciando na **página 46**, e aplique onde apropriado.

- 2** Meça a folga interna radial do rolamento. Determine também a redução de folga necessária e a distância de drive-up axial do rolamento (→ *Método Drive-up da SKF*, iniciando na **página 57**). Valores de referência são fornecidos para:

- rolamentos autocompensadores de esferas no **Apêndice F-1 (→ página 402)**
- rolamentos autocompensadores de rolos no **Apêndice F-2 (→ página 403)**
- Rolamentos de rolos toroidais CARB no **Apêndice F-3 (→ página 404)**

OBSERVAÇÃO: Ao medir a folga interna radial, siga as instruções fornecidas em *Medição da folga com um calibrador de folga* na **página 52**.

Fig. 28



3 Montagem da bucha:

- Se aplicável, remova a porca e o dispositivo fixação. Ao usar uma porca de segurança para conduzir o rolamento até a posição, revista a rosca da bucha e o lado da porca voltado para o rolamento com uma pasta de dissulfeto de molibdênio.

4 Revista todas as superfícies de contato com uma fina camada de óleo leve.**5 Inicie a montagem do rolamento (→ fig. 29).**

Eixo cônico:

- Empurre o rolamento até o seu assento.

Bucha de fixação:

- Deslize a bucha até a posição. Coloque o rolamento na bucha.

Bucha de desmontagem:

- Coloque o rolamento centralizado no eixo e contra o encosto. Empurre a bucha ao longo do eixo para dentro do furo do rolamento.

6 Coloque os acessórios no lugar.

Eixo cônico:

- Rosqueie a porca de segurança ou a porca hidráulica sobre o eixo, até que o rolamento esteja firmemente na posição.

Bucha de fixação:

- Rosqueie a porca de segurança ou a porca hidráulica sobre a bucha, até que o rolamento esteja firmemente na posição.

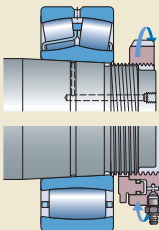
Bucha de desmontagem:

- Ao usar uma porca hidráulica ou aplicar o Método Drive-up da SKF para deslocar a bucha para dentro do furo do rolamento, rosqueie a porca na bucha com o pistão voltado para fora, deixando pelo menos um vão livre correspondente à distância de montagem axial. Providencie um encosto no eixo, por exemplo uma tampa de fechamento para apoio do pistão.

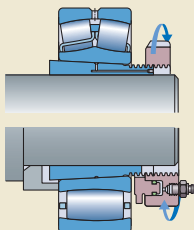
OBSERVAÇÃO: Para resistência excessiva de deslizamento, expanda levemente a bucha colocando uma pequena cunha de plástico no rasgo da bucha.

Fig. 29

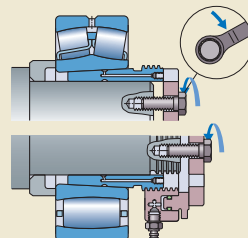
Etapas 5 e 6: coloque o rolamento e os acessórios no lugar.



Eixo cônico



Bucha de fixação



Bucha de desmontagem

Montagem de rolamentos

- 7 Instale as conexões e tubos apropriados (→ **fig. 30**).

Eixo cônico:

- Instale a conexão no furo roscado para o fornecimento de óleo na extremidade do eixo.

Bucha de fixação:

- Parafuse o tubo de extensão do fornecimento de óleo com um conector rápido no lado roscado da bucha.

Bucha de desmontagem:

- Parafuse o tubo de extensão do fornecimento de óleo com um conector rápido no lado roscado da bucha.

- 8 Conecte a(s) bomba(s) de óleo apropriada(s).

OBSERVAÇÃO: Ao aplicar o método Drive-up da SKF, siga o procedimento fornecido em *Método Drive-up da SKF*, iniciando na **página 57**.

- 9 Injete óleo com uma viscosidade de aproximadamente 300 mm²/s a 20 °C (70 °F), por exemplo, Fluido de montagem SKF, entre a(s) superfície(s) de contato, até que as superfícies de contato sejam separadas por uma camada de óleo (→ **fig. 31**).

- 10 Conduza o rolamento (→ **fig. 32**).

Eixo cônico:

- Conduza o rolamento na distância determinada, até a sua posição final no eixo, apertando a porca de segurança ou operando a porca hidráulica.

Bucha de fixação:

- Desloque o rolamento pela distância determinada, até a sua posição final na bucha, apertando a porca de segurança ou operando a porca hidráulica.

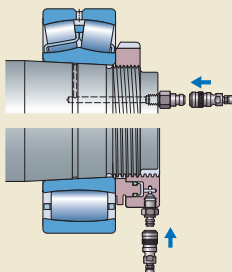
Bucha de desmontagem:

- Desloque a bucha para dentro do furo do rolamento, até a distância axial determinada, apertando os parafusos na sequência correta ou operando a bomba de óleo da porca hidráulica.

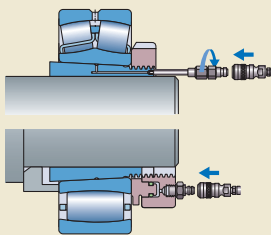
OBSERVAÇÃO: Ao usar o Método Drive-up da SKF, aplique a pressão de óleo apropriada à porca hidráulica, até que o rolamento esteja na posição inicial. Em seguida, posicione o relógio comparador e ajuste-o para o valor do drive-up necessário. Continue a bombear óleo, até que o relógio comparador atinja a distância de drive-up. O relógio comparador então irá indicar zero.

Fig. 30

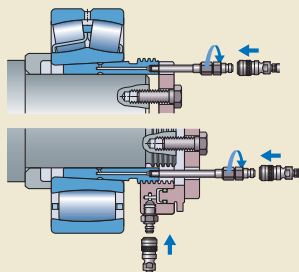
Etapas 7 e 8: instale as conexões e tubos, e conecte o equipamento de injeção de óleo.



Eixo cônico



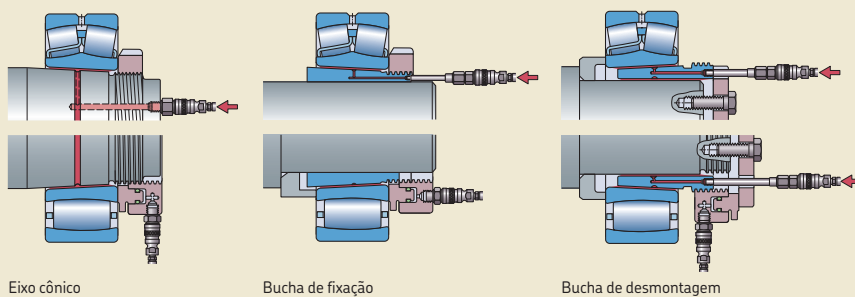
Bucha de fixação



Bucha de desmontagem

Fig. 31

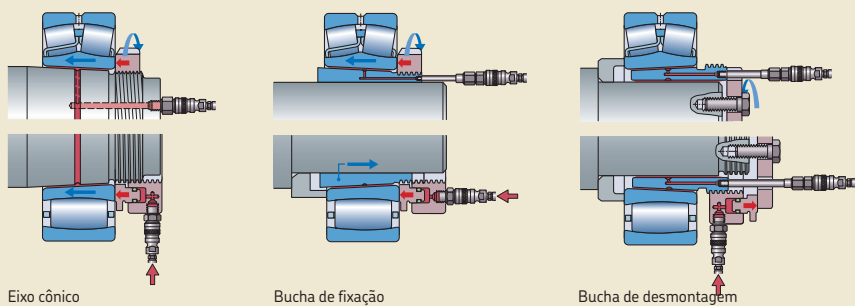
Etapa 9: injete óleo sob alta pressão para separar as superfícies de contato.



2

Fig. 32

Etapa 10: instale o rolamento.



Montagem de rolamentos

- 11** Quando a montagem estiver concluída, abra a válvula de alívio de óleo para a(s) bomba(s) usada(s) para injeção de óleo. Deixe que o óleo drene por, pelo menos, 20 minutos.

AVISO: Ao usar o Método Drive-up da SKF, não alivie a pressão da porca hidráulica neste estágio.

- 12** Verifique a folga interna radial residual, usando um calíbrador de folga.

OBSERVAÇÃO: Ao usar o Método Drive-up da SKF, não é necessário verificar a folga interna radial, após a montagem.

- 13** Se a folga residual estiver de acordo com os valores recomendados, desconecte o fornecimento de óleo do eixo ou bucha (incluindo o tubo de extensão), remova a conexão e recoloque o duto de óleo.

OBSERVAÇÃO: Ao usar o Método Drive-up da SKF, abra a válvula de alívio de óleo na bomba que opera a porca hidráulica. Para esvaziar a porca, retorne o pistão para a posição inicial, desrosqueando a porca da rosca.

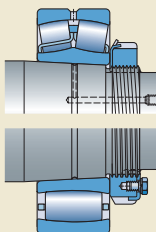
- 14** Onde aplicável, remova a porca de segurança, a porca hidráulica ou os parafusos na tampa de fechamento. O conjunto não se soltará.

- 15** Fixe o rolamento com o dispositivo de fixação adequado (→ **fig. 33**):

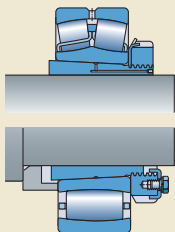
- Para porcas de segurança KM ou KML, use as arruelas de segurança MB ou MBL apropriadas.
- Para porcas de segurança da série HM 30 e HM 31, use a presilha e parafuso fornecidos.
- Para aplicações com uma tampa de fechamento, use parafusos e arruelas de pressão.

Fig. 33

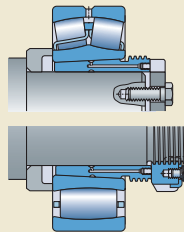
Etapa 15: fixe o rolamento.



Eixo cônico



Bucha de fixação



Bucha de desmontagem

SensorMount

SensorMount possibilita que rolamentos auto-compensadores de rolos e rolamentos de rolos toroidais CARB da SKF com furo cônico e um diâmetro de > 340 mm e acima sejam montados com precisão, sem medir nem a folga interna radial nem a distância de drive-up, antes ou depois da montagem. A montagem é rápida e precisa.

SensorMount utiliza um sensor embutido no anel interno do rolamento e uma indicador de mão dedicado (→ **fig. 34**). O indicador processa as informações do sensor. A expansão do anel interno é exibida como a relação entre a redução da folga (μm) e o diâmetro do furo do rolamento (mm). O valor 0,450 mostrado no indicador é um limite comum para rolamentos operando em condições normais.

Aspectos como tamanho do rolamento, material do eixo, projeto (sólido ou oco) e acabamento superficial não necessitam de considerações especiais.

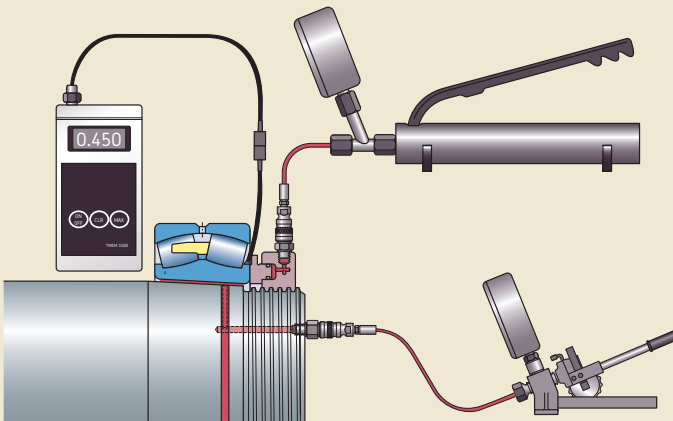
Rolamentos que serão montados em um eixo cônico ou bucha de fixação têm o sensor na lateral do furo de diâmetro pequeno do anel interno – prefixo de designação ZE, por exemplo, ZE 23084 CAK/W33. Rolamentos que serão montados em uma bucha de desmontagem têm o sensor na lateral do furo de diâmetro grande –

prefixo de designação ZEB, por exemplo ZEB C 3084 KM.

OBSERVAÇÃO: Instruções detalhadas de montagem são fornecidas com o rolamento. De forma alternativa, as instruções podem ser encontradas em www.skf.com/mount.

2

Fig. 34



Montagem a quente

A diferença de temperatura necessária entre o anel do rolamento e o eixo ou caixa de mancal depende do grau de interferência e do diâmetro do assento do rolamento.

Ao aquecer rolamentos, o controle da temperatura é essencial:

- Não aqueça rolamentos abertos acima de 120 °C (250 °F).
- Não aqueça rolamentos selados acima de 80 °C (175 °F), devido ao seu preenchimento com graxa e/ou ao material da vedação.

Para caixas de mancal, um aumento moderado de temperatura, de 20 até 50 °C (35 até 90 °F), normalmente é suficiente, já que o grau de interferência raramente é grande.

Assim que o rolamento tiver sido aquecido, o objetivo é o de colocar o rolamento no lugar, até contra o seu ressalto, o mais rápido possível, e mantê-lo lá até que o rolamento esfrie. Para fazer isso, a SKF recomenda usar a ferramenta de manuseio de rolamentos da SKF e equipamento de elevação, principalmente ao montar rolamentos de médio e de grande porte → **figs. 7 até 9 na página 50**).

AVISO: Ao montar um rolamento, nunca bata nele diretamente com nenhum objeto duro como um martelo de aço ou cinzel e nunca aplique a força de montagem através dos elementos rolantes.

Para aquecer um rolamento ou caixa de mancal até a temperatura adequada de forma rápida e segura, a SKF oferece uma grande variedade de aquecedores. A seguir, uma lista de técnicas de aquecimento disponíveis e seus usos típicos.

AVISO: Nunca aqueça um rolamento usando uma chama aberta (→ **fig. 35**)!

Fig. 35

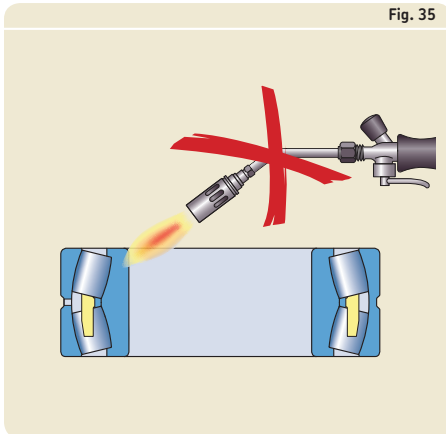
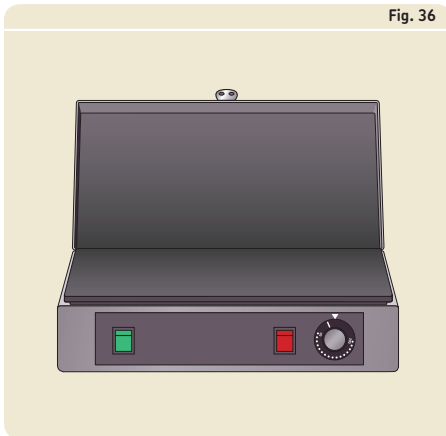


Fig. 36



Chapas quentes elétricas

Uma chapa quente elétrica (→ **fig. 36**) pode ser usada para aquecer pequenos rolamentos ou pequenas caixas de mancal. Para proporcionar um aquecimento uniforme, os rolamentos devem ser virados várias vezes.

A chapa quente elétrica da SKF é um dispositivo de aquecimento controlado termostaticamente com uma faixa de temperatura ajustável de 50 até 200 °C (120 to 390 °F).

AVISO: Rolamentos selados nunca devem entrar diretamente em contato com a chapa de aquecimento. Coloque um anel entre a chapa e o rolamento.

Fig. 37

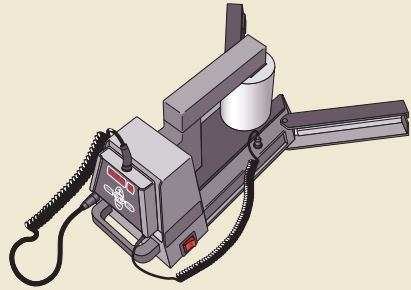
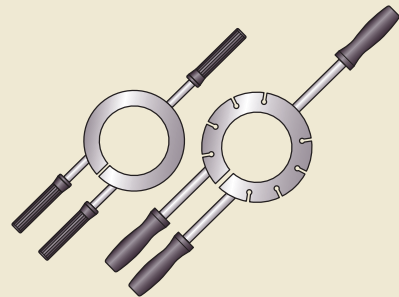


Fig. 38



Aquecedores de indução

A SKF recomenda utilizar um aquecedor elétrico de indução (→ **fig. 37**) para aquecer rolamentos. Aquecedores de indução aquecem rolamentos de forma uniforme, dentro de um tempo relativamente curto e são particularmente seguros porque o aquecedor e o garfo nunca se tornam quentes.

Aquecedores de indução magnetizam o rolamento. Portanto, é importante desmagnetizar o rolamento, antes da instalação. Todos os aquecedores de indução da SKF têm um dispositivo de desmagnetização automático. Eles estão disponíveis em diversos tamanhos para aquecer rolamentos com um diâmetro do furo de 20 mm e acima.

As instruções de operação são fornecidas com os aquecedores de indução.

Anéis de aquecimento de alumínio

Anéis de aquecimento de alumínio (→ **fig. 38**), originalmente desenvolvidos para desmontar os anéis internos de rolamentos de rolos cilíndricos NU, NJ e NUP, também podem ser utilizados para montagem.

Anéis de aquecimento de alumínio da SKF estão disponíveis para tamanhos de rolamentos 204 a 252, 304 a 340 e 406 a 430.

As instruções de operação são fornecidas com os anéis.

Gabinetes de aquecimento

Gabinetes de aquecimento são utilizados tipicamente quando um grande número de rolamentos pequenos de diferentes tamanhos, assim como de caixas de mancal deve se aquecido.

Gabinetes de aquecimento adequados são equipados com um termostato ajustável e ventilador (→ **fig. 39**). O ventilador circula o ar aquecido para manter uma temperatura uniforme em todo o gabinete.

Irradiadores de infravermelhos

Irradiadores de infravermelhos fornecem uma maneira limpa, segura e muito simples de aquecer caixas de mancal pequenas e de parede fina. O irradiador de infravermelhos, encaixado em uma tampa com rosca é colocado no furo da caixa de mancal e ligado. Normalmente leva só alguns minutos para aquecer suficientemente a caixa de mancal, porque o ajuste interferente entre o furo da caixa de mancal e o rolamento raramente é apertado (→ **fig. 40**). Após aquecer, desligue o irradiador, remova-o do furo da caixa de mancal e rapidamente empurre o rolamento frio até a posição.

Fig. 39

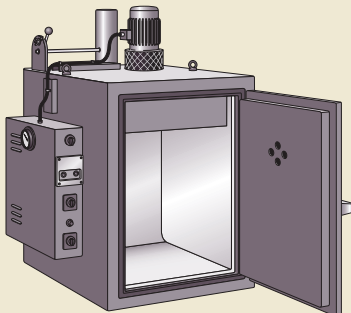
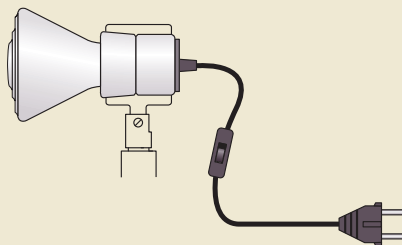


Fig. 40



Painéis de aquecimento

Painéis de aquecimento flexíveis são uma excelente e segura solução para aquecer caixas de mancal sem instalações complicadas. Eles são feitos de diversos materiais flexíveis e estão disponíveis em vários tipos e tamanhos (→ fig. 41).

Painéis de aquecimento atendem necessidades individuais de aquecimento, por exemplo, eles podem ser usados para cobrir a caixa de mancal ou colocados no furo da caixa de mancal ou como um aquecedor inferior plano.

Banhos de óleo

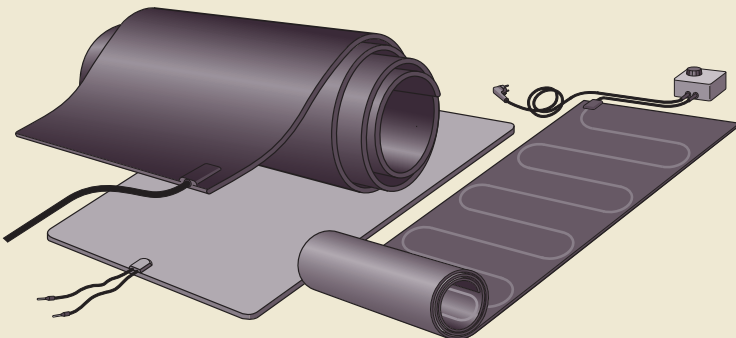
Há vários anos, banhos de óleo eram uma maneira popular de aquecer rolamentos e pequenas caixas de mancal. Hoje, este método não é mais recomendado, devido a razões econômicas, ambientais e de segurança. No entanto, algumas vezes não há alternativa.

Ao aquecer um rolamento em um banho de óleo, algumas regras básicas devem ser seguidas. Use somente óleo limpo com um ponto de fulgor acima de 250 °C (480 °F) e um receptáculo limpo com um termostato ajustável. Além disso, os rolamentos ou anéis de rolamento nunca devem ter contato direto com o receptáculo. Após aquecer o rolamento e antes de empurrar o rolamento até a sua posição no eixo, deixe que o óleo aderido ao rolamento escorra e, em seguida, limpe a parte externa do rolamento.

AVISO

Não coloque rolamentos pesados nos painéis de aquecimento, porque isso pode criar um risco elétrico e pode danificar os elementos de aquecimento.

Fig. 41



Ferramentas de montagem da SKF

Utilizar as ferramentas de montagem adequadas, aplicar o método correto de montagem e seguir os procedimentos corretos ajudará a evitar falhas prematuras do rolamento e proporcionará desempenho adequado do rolamento. Por esse motivo, a gama de produtos de ferramentas de montagem da SKF inclui:

- ferramentas mecânicas
- ferramentas hidráulicas
- equipamentos de aquecimento
- luvas

Uma visão geral das ferramentas e produtos de montagem da SKF é fornecida no **Apêndice J**, iniciando na **página 416**. Para informações adicionais, visite www.mapro.skf.com.

Ferramentas mecânicas

A SKF fornece uma variedade completa de ferramentas mecânicas, como ferramentas de montagem e manuseio de rolamentos e chaves para todas as necessidades comuns de montagem.

O kit de ferramentas de montagem de rolamentos da SKF é composto por 36 anéis de impacto de diferentes tamanhos para facilitar a montagem de mais de 400 rolamentos diferentes (assim com de diversos vedações).

A ampla variedade de chaves da SKF é composta de chaves de gancho (incluindo chaves de gancho ajustáveis e de ganchos especiais), chaves de impacto e soquetes axiais para porcas de segurança.

Tabela 2

Guia de seleção de bombas hidráulicas e injetores de óleo SKF

Pressão máx. de operação	Bomba Designação	Descrição	Capacidade do recipiente de óleo	Encaixe de conexões	Aplicações de montagem
MPa	–	–	cm ³	–	–
50	TMJL 50	Bomba de acionamento manual	2 700	G 1/4	Todas as porcas HMV ..E
100	729124	Bomba de acionamento manual	250	G 1/4	Porcas hidráulicas ≤ HMV 54E
	TMJL 100	Bomba de acionamento manual	800	G 1/4	Porcas hidráulicas ≤ HMV 92E
150	THAP 150	Bomba acionada a ar	Reservatório separado	G 3/4	Todas as porcas HMV ..E, método de injeção de óleo
	728619 E	Bomba de acionamento manual	2 550	G 1/4	Porcas hidráulicas de todos os tamanhos, método de injeção de óleo
300	THAP 300E	Bomba acionada a ar	Reservatório separado	G 3/4	Juntas de pressão grandes, método de injeção de óleo
	226400	Injetor de óleo de acionamento manual	200	G 3/4	Método de injeção de óleo, buchas de fixação e de desmontagem
	729101 B	Kit de injeção de óleo de acionamento manual	200	Vários	Método de injeção de óleo, buchas de fixação e de desmontagem
	TMJE 300	Conjunto de injeção de óleo de acionamento manual	200	Vários	Método de injeção de óleo, buchas de fixação e de desmontagem
400	729101 E	Kit de injeção de óleo de acionamento manual	200	G 1/4	Método de injeção de óleo, juntas de alta pressão

Ferramentas hidráulicas

A SKF desenvolveu uma abrangente variedade de ferramentas hidráulicas, incluindo porcas hidráulicas, bombas hidráulicas e injetores e óleo, para facilitar a instalação de rolamentos.

As porcas hidráulicas da SKF possuem as seguintes características:

- Na série HMV ..E, a partir de um diâmetro da rosca de tamanho 50 até e inclusive 200 mm, elas têm uma rosca métrica, de acordo com a norma ISO 965-3:1998, classe de tolerância 6H.
- Na série HMV ..E, a partir de um diâmetro da rosca de tamanho 205, até e inclusive 1 000 mm, elas têm uma rosca trapezoidal métrica de acordo com a norma ISO 2901:1977, classe de tolerância 7H.
- Na série HMVC ..E, a partir de um diâmetro de rosca de tamanho 1.967, até e inclusive 12.5625 pol., elas têm uma rosca American National, Forma NS, de acordo com a norma ANSI B1.1-1974, classe 3.
- Na série HMVC ..E, a partir de um diâmetro de rosca tamanho 13.339, até e inclusive 37.410 pol., elas têm uma rosca General Purpose ACME, de acordo com a norma ANSI B 1.5-1957, classe 3G.

As bombas hidráulicas e injetores de óleo da SKF estão disponíveis em diversos projetos e tamanhos (→ **tabela 2**). A SKF também oferece uma variedade de acessórios, como tubos de alta pressão, conectores, mangueiras e calibradores.

Equipamentos de aquecimento

O sortimento de ferramentas de aquecimento da SKF inclui aquecedores de indução, chapas quentes elétricas e anéis de aquecimento de alumínio para todas as necessidade comuns de montagem.

Luvas

A SKF fornece vários tipos de luvas para manusear com segurança rolamentos e componentes. Estão disponíveis quatro tipos, cada um adequado para atender condições de trabalho específicas:

- luvas para trabalhos especiais
- luvas resistentes ao calor
- luvas para temperaturas extremas
- luvas resistentes ao calor e a óleo

Instruções de montagem por tipo de rolamento

Os métodos de montagem e ferramentas mencionados em *Preparativos antes da montagem*, iniciando na **página 46**, geralmente podem ser usados para todos os tipos de rolamentos. No entanto, devido ao projeto, tamanho e peso, alguns tipos de rolamentos necessitam de cuidados adicionais ou de métodos de montagem específicos, incluindo:

- rolamentos de esferas de contato angular de uma carreira e rolamentos de rolos cônicos
- rolamentos de esferas de contato angular com um anel interno de duas peças
- rolamentos autocompensadores de esferas com esferas salientes
- rolamentos autocompensadores de esferas selados
- rolamentos autocompensadores de esferas com anel interno prolongado
- rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas de uma carreira com gaiola
- rolamentos de várias carreiras de rolos cilíndricos e cônicos
- rolamentos autocompensadores de rolos e rolos toroidais CARB

Montagem de rolamentos de esferas de contato angular

Rolamentos de esferas de contato angular de uma carreira são tipicamente ajustados contra um segundo rolamento em uma caixa de mancal sólida, em disposição X ou disposição O, para equilibrar as forças opostas.

Rolamentos independentes

Rolamentos de esferas de contato angular independentes destinam-se a arranjos em que somente um rolamento é utilizado em cada posição de rolamento. Embora as larguras dos anéis dos rolamentos sejam feitas com tolerâncias muito apertadas, esses rolamentos não são adequados para montagem imediatamente adjacente um ao outro.

Arranjos de rolamentos ajustados com um rolamento usado em cada posição de rolamento são chamados de arranjos de rolamentos dispostos em X e geralmente são usados para eixos curtos. A folga necessária ou pré-carga nesses arranjos é obtida durante a montagem, movendo axialmente um anel do rolamento.

Ajuste de rolamentos em disposição X

Sempre que possível, a SKF recomenda ajustar os arranjos de rolamentos em disposição X quando o eixo está na posição vertical, assim será apoiado pelo rolamento inferior.

Meça a distância da face lateral do anel externo até a face lateral da caixa de mancal (→ **fig. 42**). Determine a largura necessária do ressalto da tampa de fechamento com base na folga axial necessária ou pré-carga necessária durante operação. Se necessário, determine a espessura necessária dos calços a serem inseridos ou entre a caixa de mancal e a tampa de fechamento, ou entre o anel externo e a tampa de fechamento.

Fixe a tampa de fechamento usinada acabada (e calços) e gire o arranjo de rolamento de volta para a posição horizontal.

Para arranjos de rolamento com folga, verifique o resultado do ajuste, medindo a folga axial residual, usando um relógio comparador (→ **fig. 43**).

OBSERVAÇÃO: Medições diretas com um relógio comparador não são adequadas para arranjos de rolamentos com pré-carga. Na prática, métodos indiretos são usados para o ajuste da pré-carga, por exemplo, por ajustes, medições de deslocamento ou controle do momento de atrito. Para assistência no cálculo da pré-carga, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

OBSERVAÇÃO: Durante a operação, a folga é tipicamente reduzida (aumento da pré-carga) como um resultado do aumento das temperaturas, das diferenças de temperatura entre os anéis interno e externo e de outros fatores como velocidades e cargas.

Fig. 42

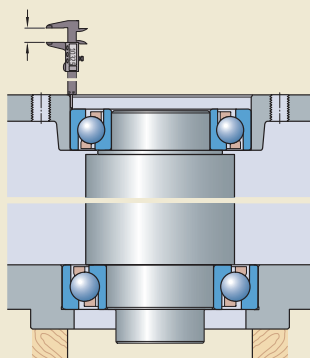
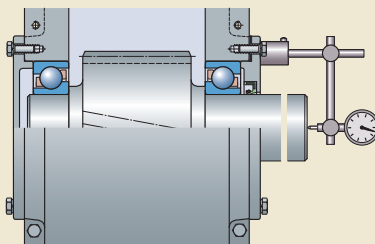


Fig. 43



Ajuste de rolamentos em disposição O

Ao ajustar rolamentos em disposição O, aperte a porca de segurança ou os parafusos na tampa de fechamento, enquanto ocasionalmente gira o eixo (→ **fig. 44**).

Para arranjos de rolamentos com folga, meça a folga axial residual, usando um relógio comparador (→ **fig. 45**). Se a folga residual for grande demais, aperte a porca de segurança ou os parafusos da tampa de fechamento. Se a folga residual for pequena demais, desmonte os rolamentos e comece novamente.

OBSERVAÇÃO: Medições diretas com um relógio comparador não são adequadas para arranjos de rolamentos com pré-carga. Na prática, métodos indiretos são usados para o ajuste da pré-carga, por exemplo, por ajustes, medições de deslocamento ou controle do momento de atrito. Para assistência com cálculos da pré-carga, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

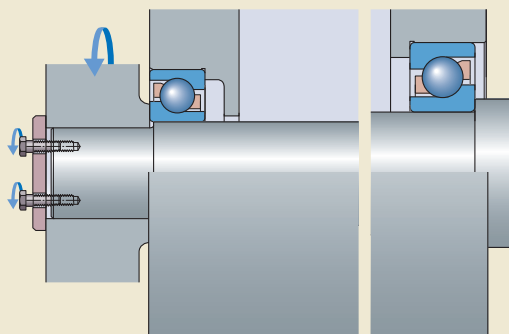
Se for usada uma bucha espaçadora entre dois anéis internos de rolamentos (→ **fig. 46**), a folga necessária ou a pré-carga pode ser ajustada retificando-se a largura da bucha espaçadora, conforme necessário.

OBSERVAÇÃO: Durante a operação, a folga é tipicamente reduzida (aumento da pré-carga) como um resultado do aumento das temperaturas e as diferenças de temperatura entre os anéis interno e externo e outros fatores como velocidades e cargas.

Rolamentos com acoplagem universal e jogos de rolamentos combinados

Quando dois ou mais rolamentos de esferas de contato angular são montados adjacentes um do outro devem ser utilizados rolamentos com acoplagem universal ou conjuntos de rolamentos combinados. Esses rolamentos são especialmente fabricados para que, quando montados imediatamente adjacentes entre si, obtém-se uma determinada folga interna ou pré-carga e/ou uma distribuição uniforme de carga, sem a necessidade de aplicação de calços ou dispositivos similares.

Fig. 44



2

Fig. 45

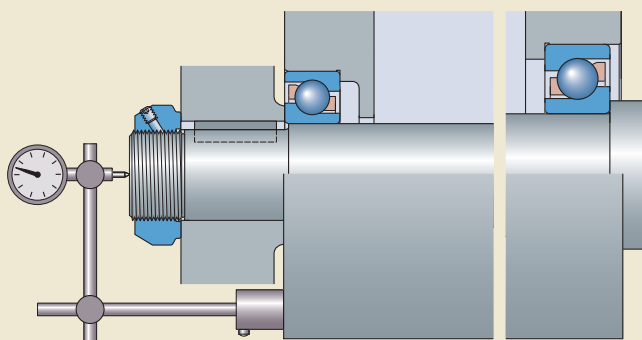
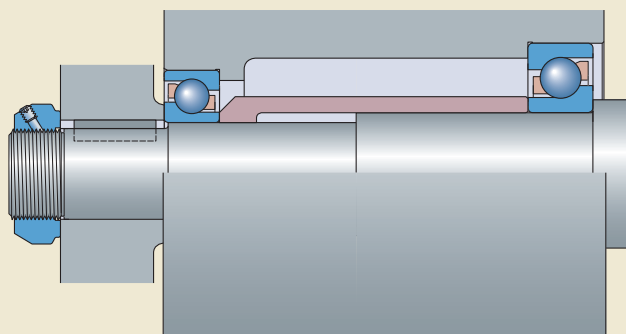


Fig. 46



Rolamentos de esferas de contato angular com um anel interno de duas peças

Para rolamentos de esferas de contato angular de duas carreiras com um anel interno de duas peças e rolamentos de esferas de quatro pontos de contato, deve ser seguida uma sequência de montagem específica (→ **fig. 47**).

Primeiro, desloque a metade interior do anel interno até a posição **(1)**. Em seguida, coloque o anel externo com o(s) conjunto(s) de esferas e gaiola na metade montada do anel interno **(2)**. Finalmente, desloque a metade externa do anel interno contra a metade interna montada do anel interno **(3)**.

Anéis internos pequenos podem ser montados com uma ferramenta de montagem de rolamentos e um martelo sem retrocesso; rolamentos maiores devem ser aquecidos, antes da montagem.

OBSERVAÇÃO: Rolamento de esferas de quatro pontos de contato SKF Explorer são marcados com um número de série na face lateral do anel externo e nas duas metades do anel interno (→ **fig. 48**). Um asterisco em uma das faces laterais do anel externo e em uma das metades do anel interno permite que o rolamento seja montado na mesma posição como originalmente fabricado.

Fig. 48

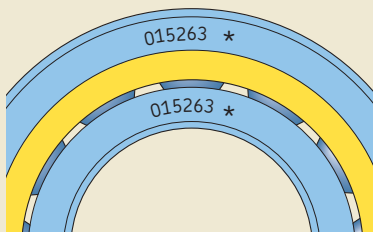
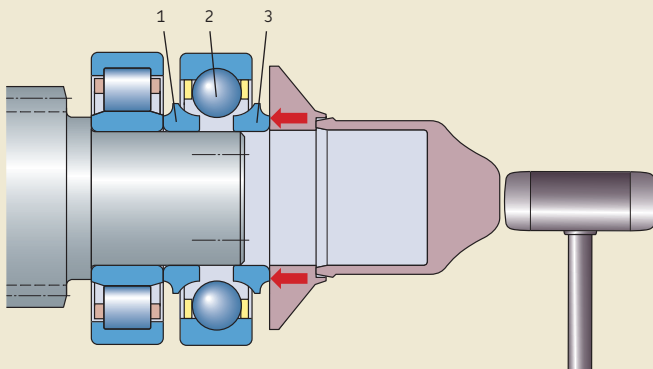


Fig. 47



Montagem de rolamentos autocompensadores de esferas

Rolamentos de projeto básico com esferas salientes

As esferas de alguns rolamentos autocompensadores de esferas na série 12 ($d \geq 120$ mm) e série 13 ($d \geq 90$ mm) são salientes nas laterais do rolamento. Essa característica do projeto precisa ser considerada ao montar esses rolamentos.

Para rolamentos com um furo cilíndrico, a SKF recomenda a montagem com aquecimento. Se o rolamento destina-se a ser montado a frio, o anel intermediário de montagem da ferramenta de montagem deve ser rebaixado, pelo menos, 3 mm para evitar danificar as esferas (→ **fig. 49**).

Se o rolamento possui um furo cônico, a SKF recomenda o Método Drive-up da SKF (→ **página 57**), juntamente com um anel distanciador ou espaçador intermediário (→ **fig. 50**).

Rolamentos selados com furo cônico

Quando um rolamento autocompensador de esferas selado é montado em uma bucha de fixação, use uma bucha de fixação da série H 3 .. E. As buchas de fixação são equipadas com uma porca de segurança KMFE, que tem um rebaixo na face lateral para evitar que a vedação seja danificada (→ **fig. 51**).

Fig. 49

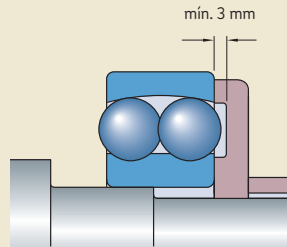


Fig. 50

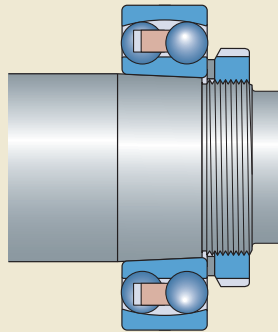


Fig. 51

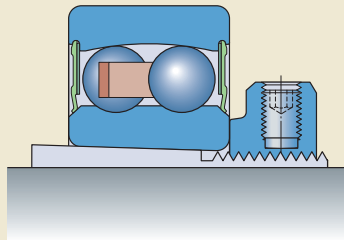
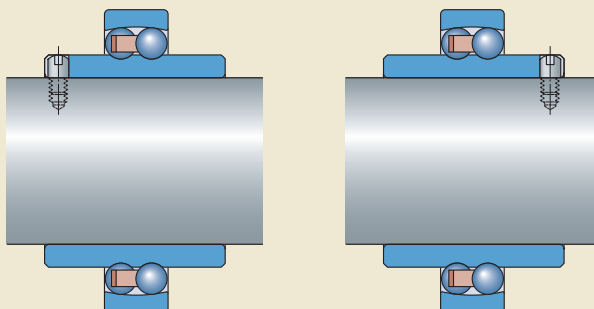


Fig. 52



Rolamentos com anel interno prolongado

Rolamentos autocompensadores de esferas com um anel interno prolongado são fixados axialmente no eixo por meio de um pino ou parafuso com ressalto. Quando são usados dois desse rolamento para apoiar um eixo, eles devem ser posicionados de maneira que os rasgos dos anéis internos estejam ou voltados um para o outro ou opostos um para o outro (→ **fig. 52**). Caso isso não ocorra, o eixo ficará axialmente fixado em apenas uma direção.

Montagem de rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas

Rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas de uma carreira com gaiola

Muitos rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas podem ser separados. Para rolamentos de rolos cilíndricos de projeto NU, por exemplo, o anel externo com o conjunto de rolos e gaiola pode ser montado independentemente do anel interno, o que simplifica a montagem.

Ao montar um anel interno com ou sem um conjunto de rolos e gaiola, a SKF recomenda a montagem com aquecimento. O método utilizado para o aquecimento depende do tamanho do anel (→ *Montagem a quente*, iniciando na **página 68**).

AVISO: Aplique óleo ou graxa aos rolos e às pistas, antes da montagem. Gire o eixo ou caixa de mancal durante a montagem. Verifique se o conjunto de rolos e gaiola não é inclinado durante a montagem (→ **fig. 53**) pois, se for, podem ocorrer danos aos rolos e pistas.

Fig. 53

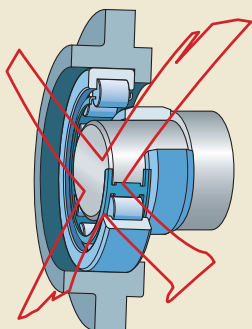


Fig. 54

Para evitar inclinação durante a montagem, a SKF recomenda o seguinte:

- use uma bucha de montagem para rolamentos montados em eixos horizontais (→ fig. 54)
- use uma bucha de montagem e hastes de guia fixadas na caixa de mancal para rolamentos montados em eixos longos e onde a montagem é feita na posição vertical (→ fig. 55)

Quando usar uma bucha de montagem, o diâmetro externo da bucha deve ser o mesmo do diâmetro da pista do anel interno e deve ser usado com classe de tolerância d10 para rolamentos de rolos cilíndricos e na tolerância 0/-0,025 mm para rolamentos de agulhas.

AVISO: Quando usar um aquecedor de indução, verifique se o anel está desmagnetizado, antes de removê-lo do aquecedor. Todos os aquecedores de indução da SKF têm uma função de desmagnetização automática.

Quando usar um anel de aquecimento de alumínio (→ fig. 56), revista a pista do anel interno com óleo resistente à oxidação, por exemplo, óleo lubrificante CLP68, antes de aquecer o anel, e remova o óleo após a instalação.

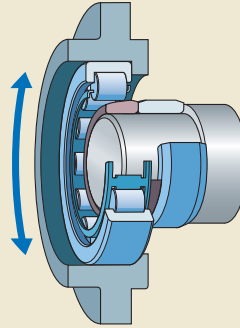


Fig. 55

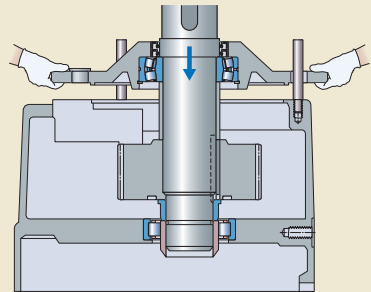
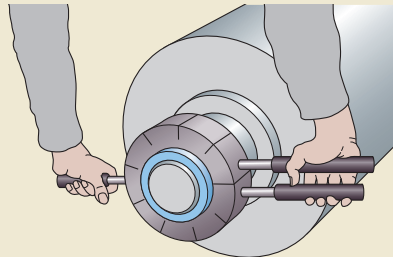


Fig. 56



Rolamentos de rolos cilíndricos de quatro carreiras

Rolamentos de rolos cilíndricos de quatro carreiras são tipicamente usados em laminadoras ou outras aplicações pesadas. Eles têm projeto separável com anel interno móvel e são fabricados em diversos projetos, que diferem basicamente no número de anéis internos e externos, bem como no número de flanges soltos ou integrados no anel externo.

A SKF recomenda montar (e desmontar) o(s) anel(éis) interno(s), utilizando um aquecedor de indução fixo especial da SKF e uma bucha de montagem de fabricação especial (→ *Montagem de um rolamento de rolos cilíndricos de quatro carreiras, utilizando uma bucha de montagem especial*).

Durante a montagem, os componentes individuais do rolamento devem ser montados na ordem correta (→ **fig. 57**). Além disso, todos os componentes do rolamento são marcados com o mesmo número de série para que não haja risco de mistura de componentes, quando vários rolamentos devem ser montados ao mesmo tempo. Os anéis internos e os pares de anéis internos são totalmente intercambiáveis e não precisam ter necessariamente o mesmo número de série que as peças externas.

As faces laterais dos anéis externos são divididas em quatro zonas, marcadas de I a IV. Em cada rolamento, a posição da zona I também é definida por uma linha transversal na superfície externa do anel externo. Quando um rolamento é montado pela primeira vez, a zona I deve ser tipicamente posicionada na zona de carga. Dependendo das condições de operação, os anéis externos normalmente são girados 90°, após um determinado período de serviço, de maneira que uma parte diferente dos anéis externos do rolamento seja posicionada na zona de carga, o que estende a vida útil do rolamento.

Fig. 57

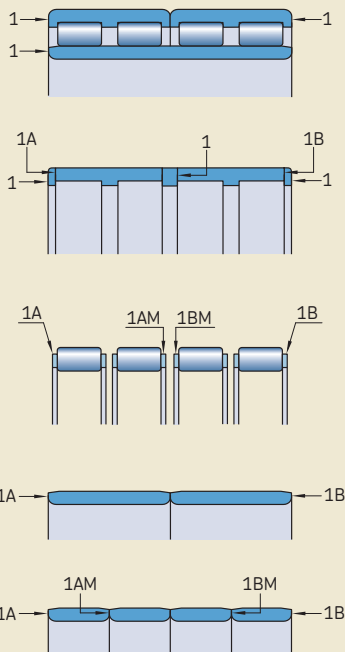


Fig. 58

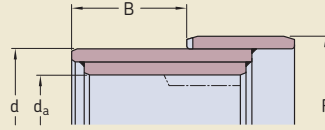
Montagem de um rolamento de rolos cilíndricos de quatro carreiras com uso de uma bucha de montagem especial

A **figura 58** mostra o uso de uma bucha de montagem especial, tipicamente usada para um rolamento de rolos cilíndricos de quatro carreiras com um anel interno de duas peças e anel externo.

O diâmetro externo da bucha é escalonado. O diâmetro externo menor corresponde ao diâmetro do furo do anel interno. O diâmetro maior corresponde ao diâmetro da pista do anel interno. A largura dos dois assentos é igual à largura do(s) anel(éis) interno(s). O diâmetro externo menor é para a montagem do(s) anel(anéis) interno(s); o diâmetro externo maior para a montagem do(s) anel(éis) externo(s) com conjuntos de rolos e gaiola.

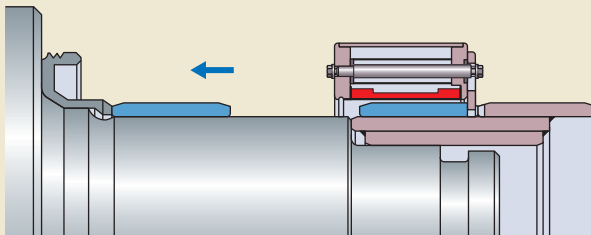
O procedimento de montagem para os anéis internos é o seguinte (→ **fig. 59**):

- 1 Monte todas as peças entre o anel interno e o ressalto do eixo.
- 2 Coloque o primeiro anel na bucha.
- 3 Posicione a bucha (com o anel interno) no diâmetro de apoio do pescoço do rolo.
- 4 Coloque o aquecedor no lugar e aqueça o anel interno até a temperatura necessária.
- 5 Empurre o anel interno, até a posição contra o seu encosto.
- 6 Mantenha pressionado, até que o anel tenha esfriado.
- 7 Remova a bucha.
- 8 Monte o segundo anel interno, repetindo as etapas de 2 até 7.



B = largura do(s) anel(éis) interno(s)
F = diâmetro da pista
d = furo do anel interno
d_a = diâmetro do suporte da bucha

Fig. 59



Montagem de rolamentos

O procedimento de montagem para os anéis externos é o seguinte (→ fig. 60):

- 1 Lubrifique os conjuntos de rolos e gaiola e as pistas do anel externo com o lubrificante a ser usado.
- 2 Coloque o primeiro conjunto de rolos, que deve ser montado na caixa de mancal junto com o segundo conjunto, no diâmetro grande da pista da bucha de montagem.
- 3 Monte as vedações, se houver alguma, na tampa interna antes de ser empurrada para cima contra o colar de vedação.
- 4 Lubrifique os lábios da vedação e tome cuidado para não danificar as vedações.
- 5 Coloque a bucha no eixo e empurre levemente, até que o conjunto completo esteja na posição. Use equipamento de elevação com uma suspensão com mola para facilitar o posicionamento do conjunto do rolamento no eixo.
- 6 Para aplicações lubrificadas com graxa, preencha completamente o arranjo de rolamentos com graxa.
- 7 Monte as vedações externos e trave o arranjo de rolamentos no eixo.

Montagem de rolamentos de rolos cônicos

Rolamentos de rolos cônicos de uma carreira

Um rolamento de rolos cônicos de uma carreira é tipicamente ajustado contra um segundo rolamento, em um arranjo de rolamentos em disposição X ou disposição O, para equilibrar as forças opostas. A folga ou pré-carga no arranjo de rolamentos é obtida durante a montagem movendo axialmente um anel do rolamento.

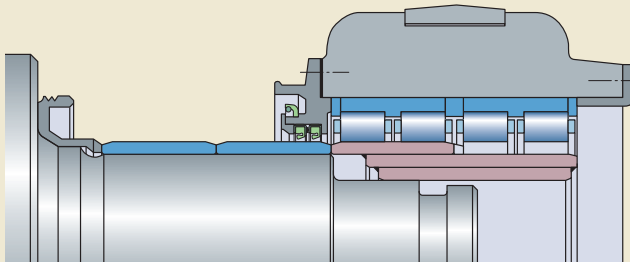
OBSERVAÇÃO: Durante a operação, a folga é tipicamente reduzida (aumento da pré-carga) como um resultado do aumento das temperaturas, das diferenças de temperatura entre os anéis interno e externo e de outros fatores como velocidades e cargas.

AVISO: Durante o ajuste, é importante girar o eixo várias voltas nas duas direções para assegurar que haja contato adequado entre as extremidades dos rolos e os flanges-guia. Se não houver contato apropriado, a folga/pré-carga resultante não será correta, levando a danos precoces do rolamento e falha definitiva.

Ajuste de rolamentos de disposição X (giro do anel interno)

A **figura 61** mostra um arranjo de rolamentos típico para um eixo intermediário em um redutor de engrenagens bipartido, usando rolamentos de rolos cônicos montados em disposição X. A folga ou a pré-carga neste arranjo é obtida, movendo-se o anel externo do rolamento do lado esquerdo por meio do flange de centralização da tampa.

Fig. 60



O seguinte procedimento é simples, confiável e bem comprovado.

Preparativo:

- 1 Use métodos de montagem apropriados para montar os anéis internos (cones) com o conjunto de rolos e gaiola no eixo. Empurre os anéis externos (capas) sobre os conjuntos de rolos e gaiola e coloque o conjunto do eixo no redutor de engrenagens. Parafuse a tampa no lado não ajustável da carcaça e deite a carcaça de lado. É necessário um dispositivo de suporte apropriado que permita girar o eixo.

Determine o comprimento necessário do flange de centralização:

- 2 Gire o eixo com a mão, enquanto pressiona o anel externo do rolamento superior para baixo. Todos os rolos nos rolamentos devem fazer contato com o flange-guia no anel interno. Isso é obtido com alguns giros do eixo.
- 3 Coloque a tampa. O flange de centralização da tampa deve ser suficientemente comprido (→ fig. 62, esquerda) para a posição final do anel externo, senão um espaçador deve ser utilizado (→ fig. 62, direita). Deve haver um vão livre entre a tampa e a carcaça (→ fig. 62, dimensão x).
- 4 Parafuse a tampa, enquanto gira o eixo, até que ocorra um repentino aumento no momento de atrito.
- 5 Meça o vão livre entre a tampa e carcaça (dimensão x).
- 6 Determine o comprimento necessário do flange de centralização (ou do espaçador) ou a espessura do calço:

Comprimento do flange de centralização ou espaçador

$$a_f = a_i - x + s \quad \text{para folga}$$

$$a_f = a_i - x - t \quad \text{para pré-carga}$$

Espessura do calço

$$b_f = x + s \quad \text{para folga}$$

$$b_f = x - t \quad \text{para pré-carga}$$

onde

a_i = comprimento inicial do flange de centralização ou espaçador

a_f = comprimento final do flange de centralização ou espaçador

b_f = espessura final dos calços

x = meça a folga entre a tampa e a carcaça do redutor de engrenagens

s = valor da folga (valor absoluto)

t = valor da pré-carga (valor absoluto)

Montagem final:

- 7 Use o flange de centralização ou o espaçador, até o comprimento necessário. De forma alternativa, insira calços entre a tampa e a carcaça.

- 8 Parafuse a tampa.

OBSERVAÇÃO: Para pré-carga, a resiliência da caixa de mancal não é levada em conta. Se necessário, consulte a publicação da SKF *Rolling bearings in industrial gearboxes* (Rolamentos em redutores de engrenagens industriais).

Fig. 61

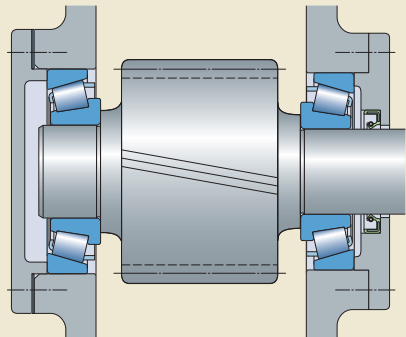
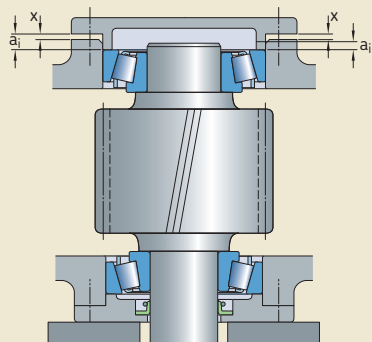


Fig. 62



Montagem de rolamentos

Ajuste de rolamentos em disposição O com uma porca de ajuste (giro do anel interno)

A **figura 63** mostra um arranjo de rolamentos típico, usando rolamentos de rolos cônicos montados em disposição O. A folga ou a pré-carga neste arranjo é obtida, movendo-se o anel interno do rolamento do lado esquerdo e apertando-se a porca de ajuste. Para arranjos que necessitam de pré-carga axial, um valor para o ângulo de aperto ou um torque de aperto deve ser fornecido no desenho de montagem.

Preparativo:

- 1 Use métodos de montagem apropriados para montar os anéis externos (capas) nos seus assentos das caixas de mancal e a parte interior do anel interno (cone) com o conjunto de rolos e gaiola no eixo. É necessário um dispositivo de suporte apropriado que permita ao eixo girar.
- 2 Encaixe juntos o eixo pré-montado e a caixa de mancal. Pode ser necessário um dispositivo para manter o eixo no lugar.
- 3 Monte a parte exterior do anel interno (cone).
- 4 Monte todos os componentes entre o cone exterior e a porca de ajuste.

Ajuste para folga:

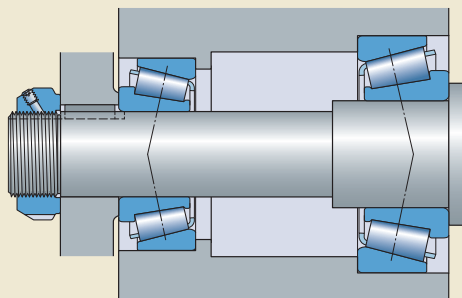
- 5 Meça a folga axial com um relógio comparador. Para fazer isso, coloque a ponta do relógio comparador contra a extremidade do eixo e empurre o eixo firmemente em uma direção, enquanto o gira várias vezes. Ajuste a leitura para zero. Em seguida empurre o eixo na direção oposta e leia o deslocamento axial medido.
- 6 Aperte lentamente a porca de ajuste. Rolamentos com um ajuste apertado no eixo são ajustados gradualmente, até que o valor definido seja atingido. Para fazer isso, meça a folga várias vezes.

AVISO: Faça o ajuste em pequenas etapas. Se for retirada folga demais do arranjo de rolamentos, o anel interno deverá ser desmontado e ajustado novamente, o que pode ser difícil e demorado.

Ajuste para pré-carga:

- 7 Aperte lentamente a porca de ajuste enquanto gira o eixo, até que ocorra um repentino aumento no momento de atrito.
- 8 Continue apertando lentamente a porca, até o valor de torque ou ângulo de aperto definido.

Fig. 63



Ajuste de rolamentos em disposição 0 (aplicação em rodas de veículos – dois rolamentos de rolos cônicos sem espaçador)

Os projetos de cubos de roda diferem de um fabricante para outro. No entanto, os procedimentos corretos para a instalação de rolamentos e vedações e da montagem do cubo da roda permanecem basicamente os mesmos. A **figura 64** mostra um arranjo de rolamentos típico. Como se trata de uma aplicação de giro do anel externo, na maioria dos casos os anéis externos (capas) possuem um ajuste apertado, enquanto que os anéis internos (cones) podem ter um ajuste com folga no eixo-árvore da roda. A folga ou a pré-carga neste arranjo é obtida movendo-se o anel interno do rolamento exterior por meio do aperto da porca de ajuste.

AVISO: Substitua a vedação, cada vez que o cubo for removido do eixo-árvore.

- 1 Pressione os dois anéis externos (capas) para dentro do cubo, utilizando uma ferramenta adequada como uma bucha ou prensa vertical (→ **fig. 65**), tomando cuidado para não danificar as pistas. Verifique se a face lateral de cada anel externo encosta completamente no ressalto do cubo.
- 2 Instale a vedação ou os componentes da vedação relevantes no cubo, utilizando uma ferramenta de instalação de vedação adequada (→ **fig. 66**). Verifique se a vedação está reta e se encostou completamente no fundo.
- 3 Ajuste todos os componentes da vedação ou espaçadores no lado interior do eixo-árvore.
- 4 Prepare o anel interno do rolamento interior:
 - Para aplicações lubrificadas com graxa, aplique graxa ao conjunto de rolos e não deixe de preencher o espaço entre a pista do anel interno e a gaiola.
 - Para rolamentos lubrificadas com óleo, revista o anel interno completamente com uma fina camada de óleo.
- 5 Pressione o anel interno (cone) interior no eixo-árvore, usando uma ferramenta adequada, como uma bucha, tomando o cuidado de não aplicar nenhuma força na gaiola e rolos. Verifique se a face lateral do anel interno encosta completamente no ressalto do eixo-árvore ou no anel de encosto.

Fig. 64

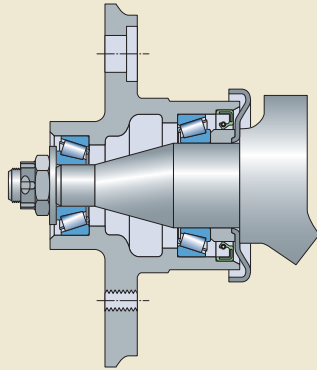


Fig. 65

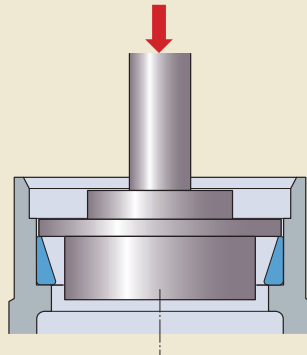
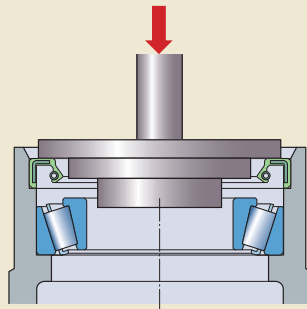


Fig. 66



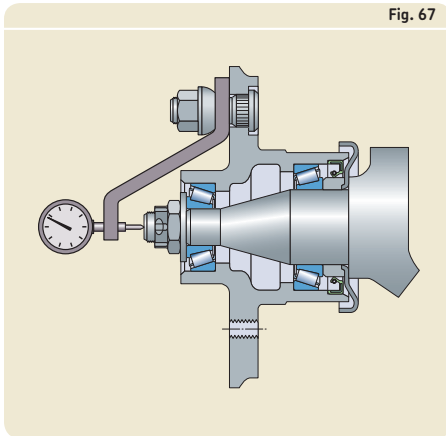
Montagem de rolamentos

- 6 Instale o conjunto do cubo sobre o eixo-árvore, verificando se o furo do cubo e o centro do eixo-árvore estão alinhados. Utilize um suporte mecânico para facilitar esse alinhamento e evitar danificar o eixo-árvore, ros-cas e em particular a vedação.
- 7 Prepare o anel interno do rolamento exterior da mesma forma como feito para o anel interno do rolamento interior.
- 8 Pressione o anel interno exterior com o conjunto de rolos e gaiola no eixo-árvore, utilizando uma ferramenta adequada, como uma bucha, tomando o cuidado de não aplicar nenhuma força na gaiola e rolos.

AVISO: Gire o eixo várias voltas nas duas direções para verificar se há contato adequado entre as extremidades dos rolos e os flanges-guia. Se não houver contato apropriado, a folga resultante não será correta, levando a danos precoces do rolamento e falha definitiva.

- 9 Ajuste a(s) arruela(s) e a porca de ajuste (castelo). Aperte a porca de ajuste com um torquímetro, até o torque apropriado, conforme descrito no manual de serviço ou de manutenção do veículo. De forma alternativa, para arranjos que necessitam de folga axial, aperte lentamente a porca de ajuste, até que o momento de atrito do rolamento aumente rapidamente. Solte a porca girando-a aproximadamente 1/12 de uma volta (30°), até sentir que o arranjo de rolamentos está “livre”.
- 10 Remova o suporte do cubo.
- 11 Verifique se o rolamento gira livremente. Se desejado, verifique a folga axial (jogo na extremidade) no arranjo de rolamentos, usando um relógio comparador da seguinte maneira:
- 12 Prenda o relógio comparador (→ fig. 67), ou use um relógio comparador com base magnética fixado na parte inferior do cubo ou no tambor do freio.

Fig. 67



- 13 Ajuste o relógio comparador, de maneira que sua haste ou ponteiro esteja contra a extremidade do eixo-árvore com a sua linha de ação aproximadamente paralela ao eixo geométrico do eixo-árvore. (Para cubos de alumínio, fixe a base magnética do relógio comparador na extremidade do eixo-árvore com a haste contra o cubo ou o tambor do freio.)
- 14 Ajuste o relógio comparador para zero.
- 15 Segure o conjunto da roda nas posições de 3 horas e 9 horas e empurre-o para trás e para frente. Leia a folga axial como o movimento total do indicador.
- 16 Monte a tampa e execute um teste operacional.

Fig. 68

Rolamentos de rolos cônicos de duas carreiras e de carreiras múltiplas

Rolamentos de rolos cônicos com duas e quatro carreiras são fabricados em muitos projetos, que diferem basicamente no número de anéis externos e também no número de anéis espaçadores entre os anéis internos e externos.

Ao montar esses rolamentos, os componentes individuais do rolamento devem ser montados na ordem correta. As partes que devem ficar juntas são marcadas com letras (**fig. 68**). Além disso, todos os componentes do rolamento são marcados com o mesmo número de série para evitar o risco de mistura de componentes, quando vários rolamentos devem ser montados ao mesmo tempo.

As faces laterais dos anéis externos são divididas em quatro zonas, marcadas de I a IV (→ **fig. 69**). Em cada rolamento, a posição da zona I também é definida por uma linha transversal na superfície externa do anel externo. Quando um rolamento é montado pela primeira vez, a zona I deve ficar tipicamente posicionada na zona de carga. Dependendo das condições de operação, os anéis externos normalmente são girados 90°, após um determinado período de serviço, de maneira que uma parte diferente dos anéis externos do rolamento seja posicionada na zona de carga, para estender a vida útil do rolamento.

Para instruções detalhadas de montagem, consulte a publicação *SKF Explorer four-row tapered roller bearings, Mounting and maintenance instructions* (Rolamentos cônicos de quatro carreiras SKF Explorer, Instruções de montagem e manutenção).

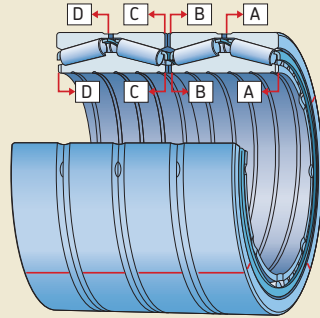
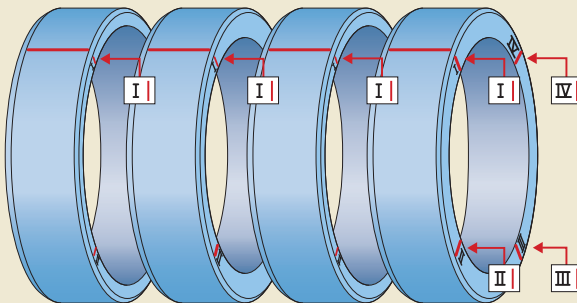


Fig. 69



Montagem de rolamentos autocompensadores de rolos e de rolos toroidais CARB

Devido ao projeto de rolamentos autocompensadores de rolos e de rolos toroidais CARB, os anéis e o conjunto de rolos podem ser deslocados axialmente da posição normal durante o manuseio. Por essa razão, a SKF recomenda montar rolamentos autocompensadores de rolos e de rolos toroidais quando o eixo ou a caixa de mancal está na posição horizontal e girar o anel interno antes da montagem, onde possível.

Ao montar-se rolamentos autocompensadores de rolos e de rolos toroidais CARB (especialmente os grandes e pesados), quando o eixo ou a caixa de mancal está em posição vertical, o complemento de rolos junto com o anel interno ou anel externo irá se mover para baixo, até que toda a folga tenha desaparecido. A menos que uma folga apropriada seja mantida durante e após a instalação, as forças de expansão ou compressão resultantes de um ajuste interferente no anel interno ou externo podem criar uma pré-carga.

AVISO: Essa pré-carga pode causar entalhes nas pistas e/ou impedir que o rolamento gire de modo geral.

Para evitar a ocorrência dessa condição de pré-carga durante uma montagem vertical, use uma ferramenta de manuseio de rolamentos ou um dispositivo especial que mantenha os componentes do rolamento alinhados centralizados (→ **fig. 70**).

Rolamentos autocompensadores de rolos selados

Rolamentos autocompensadores de rolos selados tipicamente não necessitam de relubrificação. No entanto, quando as condições de operação são severas, uma relubrificação pode ser necessária. Rolamentos de menor porte ($d < 100$ mm) possuem uma fita protetora de polímero que cobre a ranhura e furos de lubrificação no anel externo. Se há expectativa de relubrificação, a fita de polímero deve ser removida desses rolamentos, antes da montagem (→ **fig. 71**).

OBSERVAÇÃO: Para informações adicionais sobre relubrificação, consulte *Relubrificação*, iniciando na **página 192**.

Rolamentos autocompensadores de rolos selados com um furo cônico são montados preferencialmente utilizando-se o Método Drive-up da SKF (→ *Método Drive-up da SKF*, iniciando na **página 57**).

Fig. 70

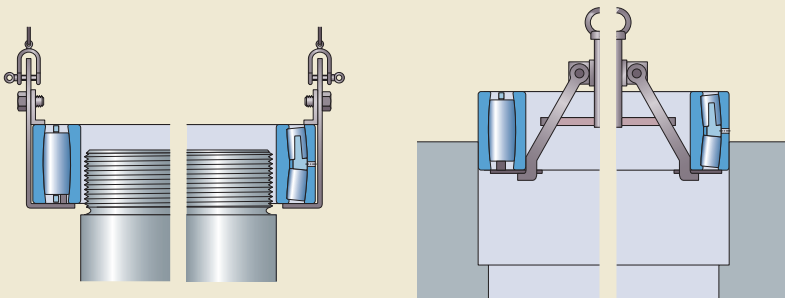


Fig. 71

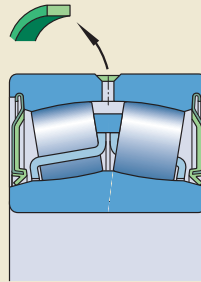


Fig. 72

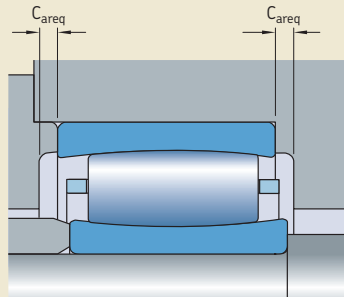
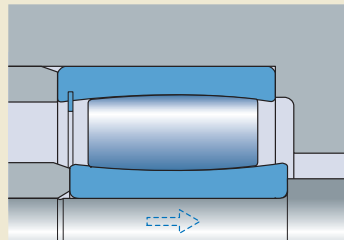


Fig. 73



Rolamentos de rolos toroidais CARB

Levando-se em consideração o deslocamento axial

Os rolamentos de rolos toroidais CARB podem acomodar expansão axial do eixo dentro do rolamento. Para garantir que esses deslocamentos axiais do eixo com relação à caixa de mancal possam ocorrer, é necessário proporcionar espaço adequado nos dois lados do rolamento (→ **fig. 72** e consulte *Dimensões do ponto de contato e do filete*, **página 38**).

Em geral, os anéis dos rolamentos são montados de forma que não ocorra deslocamento entre eles. Entretanto, se podem ser esperadas variações térmicas consideráveis no comprimento do eixo, o anel interno deve ser montado deslocado em relação ao anel externo, na direção oposta à da dilatação térmica esperada.

Rolamentos com um furo cônico podem ser montados com buchas de fixação modificadas e/ou porcas de segurança para evitar que o dispositivo de fixação raspe na gaiola adjacente. Se são usadas porcas de segurança padrão, pode ser necessário um anel espaçador entre o anel interno do rolamento e a arruela de segurança.

O Método Drive-up da SKF é especialmente adequado para montar rolamentos de rolos toroidais CARB em um furo cônico (→ *Método Drive-up da SKF*, iniciando na **página 57**).

Se as informações sobre espaço livre necessário, posição de deslocamento permissível e dimensões do espaçador (onde aplicável) não forem fornecidas no desenho do arranjo, visite www.skf.com/bearings.

Rolamentos com um anel de retenção

Para rolamentos de rolos toroidais CARB contendo número máximo de rolos, que possuem um anel de retenção no anel externo e precisam acomodar deslocamentos axiais relativamente grandes, verifique se o anel interno pode ser deslocado em direção oposta ao anel de retenção (→ **fig. 73**).



Montagem de unidades de rolamento

Geral	94	Montagem de unidades de rolamento de rolos SKF ConCentra	114
Do que lembrar	94	Mancais de rolamento de rolos SKF ConCentra	114
Preparativos antes da montagem	101	Unidades flangeadas de rolamento de rolos SKF ConCentra	117
Ferramentas apropriadas	102	Montagem de unidades de rolamento de rolos com um colar cilíndrico de fixação .	119
Montagem de unidades de rolamento de esferas com fixação por cavilha roscada	104	Montagem de unidades de rolamento de esferas	121
Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em ferro fundido ou material composto.	104		
Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em aço estampado	105		
Montagem de unidades de rolamento de esferas com um colar excêntrico de fixação	106		
Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em ferro fundido ou material composto.	106		
Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em aço estampado	108		
Montagem de unidades de rolamento de esferas com uma bucha de fixação.	109		
Montagem de unidades de rolamento de esferas SKF ConCentra	111		
Mancais de rolamento de esferas SKF ConCentra	111		
Unidades flangeadas de rolamento de esferas SKF ConCentra	113		

Geral

As unidades de rolamento da SKF estão prontas para montar e prontas para usar. Essas unidades normalmente consistem em um rolamento de esferas ou rolos inseridos e uma caixa de mancal fabricada em ferro fundido cinzento, aço laminado ou material composto. Para ajudar a alcançar uma vida útil máxima, eles devem ser instalados corretamente. O uso de procedimentos incorretos ou ferramentas inadequadas pode reduzir a vida útil e danificar as unidades de rolamento. Por serem componentes de precisão, devem ser manuseados cuidadosamente ao montar.

Do que lembrar

As unidades de rolamentos da SKF estão disponíveis em três modelos de caixa de mancal diferentes e, dependendo do tipo de rolamento e tamanho de unidade, diferentes métodos podem ser selecionados para posicionar a unidade no eixo. Os métodos mais comuns são (→ **fig. 1**):

- fixação por cavilha roscada (**a**)
- colar excêntrico de fixação único com cavilha roscada (**b**)
- fixação por bucha de fixação (**c**)
- mecanismo de fixação SKF ConCentra (**d, e**)
- fixação por colar cilíndrico duplo com cavilha roscada (**f**)

Ao selecionar uma unidade de reposição, faça a correspondência com os seguintes elementos do rolamento de esferas ou rolos original:

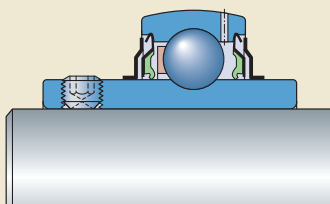
- o método de fixação do eixo (→ **fig. 1** e **tabela 1** na **página 96**)
- o modelo da caixa de mancal (→ **figuras. 2a** a **2t**, a partir da **página 95** e **tabela 2** na **página 100**)
- o método de vedação (→ **tabela 1** na **página 96**)
- o anel interno que pode ser prolongado em um ou ambos os lados (unidades de rolamento de esferas)
- a posição fixa ou livre (unidades de rolamento de rolos)

Para ter mais informações sobre os produtos e ferramentas de manutenção e lubrificação, visite www.skf.com e www.mapro.skf.com.

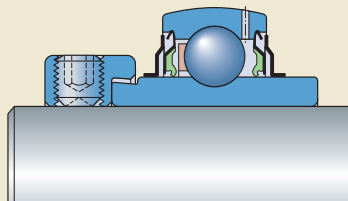
O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece abrangente gama de cursos de treinamento (→ *Treinamento*, iniciando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

Fig. 1

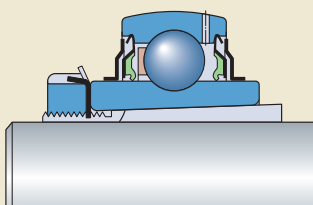
3



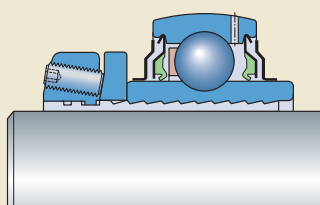
a) Fixação por cavilha rosçada



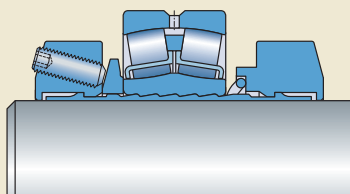
b) Colar excêntrico de fixação único com cavilha rosçada



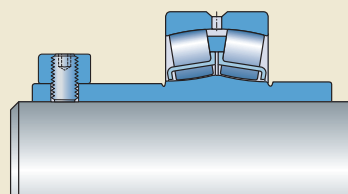
c) Fixação por bucha de fixação



d) Fixação SKF ConCentra, unidades de rolamento de esferas



e) Fixação SKF ConCentra, unidades de rolamento de rolos



f) Fixação por colar cilíndrico duplo com cavilha rosçada

Tabela 1

Dispositivos de fixação de eixos, arranjos e vedações			
Designação designação	Figura ¹⁾	Descrição	Unidade de rolamento completa designação (exemplo)
Dispositivo de fixação			
-	1f	Colar cilíndrico duplo de fixação por cavilha roscada	SYR 2.7/16
FM	1b	Colar excêntrico de fixação único com cavilha roscada	TU 35 FM
KF	1c	Bucha de fixação	SYJ 65 KF
N	1e	Mecanismo de fixação SKF ConCentra	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Duas cavilhas roscadas no anel interno	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Duas cavilhas roscadas no anel interno	FYKC 30 NTR
PF	1d	Mecanismo de fixação SKF ConCentra	SY 45 PF
RM	1a	Duas cavilhas roscadas no anel interno	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Duas cavilhas roscadas no anel interno	SYFJ 45 TF
THR	1a	Duas cavilhas roscadas no anel interno	FYL 25 THR
TR	1a	Duas cavilhas roscadas no anel interno	SYK 20 TR
WF	1b	Colar excêntrico de fixação único com cavilha roscada	FY 60 WF
Arranjo e vedações			
-		Unidade de rolamento de rolos fixa de montagem com colar	SYR 2.7/16
-		Vedações de duplo lábio (padrão)	SYR 2.7/16
AH		Unidades de rolamentos de esferas para arranjos de tratamento de ar	SY 2 TF/AH
F		Unidade de rolamento de rolos fixa para eixos métricos	SYT 45 F
H		Unidade de rolamento de rolos fixa para eixos em polegadas	FSYE 3.15/16 NH
L		Unidade de rolamento de rolos livre para eixos métricos	SYNT 50 L
TS		Labirintos	SYNT 50 LTS
TF		Vedações radiais	SYNT 45 FTF
W		Sem características de relubrificação	SYNT 100 FW
-118		Labirintos	SYR 2.7/16 N-118
-3		Vedações radiais	SYR 2.7/16-3
-18		Labirintos	SYR 2.7/16-18

¹⁾ Na página 95

Fig. 2a



Caixas de mancal
SY, SYH, SYJ, SYM

Fig. 2b



Caixas de mancal
SYK, SYKC, SYL

Fig. 2c



Caixas de mancal
SYF, SYFJ

Fig. 2f



Caixas de mancal
SYNT

Fig. 2d



Caixas de mancal
SYFL

Fig. 2g



Caixas de mancal
SYR, SYE

Fig. 2e



Caixas de mancal
P, S

Fig. 2h



Caixas de mancal flangeadas
FY, FYJ, FYM

Fig. 2i



Caixas de mancal flangeadas
FYK, FYKC, FYL

Fig. 2l



Caixas de mancal flangeadas
FYC

Fig. 2j



Caixas de mancal flangeadas
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Fig. 2m



Caixas de mancal flangeadas
F, PF

Fig. 2k



Caixas de mancal flangeadas
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Fig. 2n



Caixas de mancal flangeadas
FT, PFT

Fig. 2o



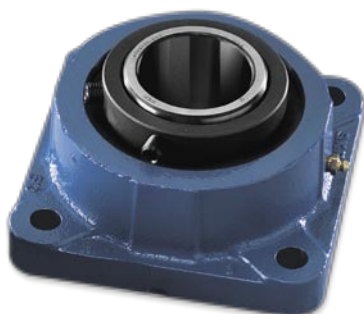
Caixas de mancal flangeadas
PFD

Fig. 2r



Caixas de mancal compensadoras
TU, TUJ, TUM

Fig. 2p



Caixas de mancal flangeadas
FYE

Fig. 2s



Caixas de mancal
compensadoras
TUL

Fig. 2q



Caixas de mancal flangeadas
FYR

Fig. 2t



Caixas de mancal compensadoras
TBR

Modelos de caixas de mancal das unidades de rolamentos de esferas e rolos SKF¹⁾

Caixa de mancal modelo	Descrição
F	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal redonda de aço estampado
FSYE	Mancal de rolamento de rolos com caixa de mancal em ferro fundido e base com quatro parafusos
FSYR	Mancal de rolamento de rolos com caixa de mancal em ferro fundido e base com quatro parafusos
FT	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal oval de aço estampado
FY	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange quadrado
FYC	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange redondo
FYE	Unidade de rolamento de rolos flangeada com caixa de mancal fundida de flange quadrado
FYJ	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange quadrado
FYK	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de poliamida reforçada por flange quadrado
FYKC	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de poliamida reforçada por flange quadrado
FYL	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de poliamida reforçada por flange quadrado
FYM	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange quadrado
FYNT	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange quadrado
FYR	Unidade de rolamento de rolos flangeada com caixa de mancal fundida de flange redondo
FYRP	Unidade de rolamento de rolos flangeada com caixa de mancal fundida de flange redondo e extensão usinada
FYT	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange oval
FYTB	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange oval
FYTBK	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de poliamida reforçada por flange oval
FYTBKC	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de poliamida reforçada por flange oval
FYTJ	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange oval
FYTL	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de poliamida reforçada por flange oval
FYTM	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal fundida de flange oval
P	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal em aço estampado
PF	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa mancal de aço estampado de flange redondo
PFD	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de aço estampado de flange triangular
PFT	Unidade de rolamento de esferas flangeada com caixa de mancal de aço estampado de flange oval
S	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal em aço estampado
SY	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida
SYE	Mancal de rolamento de rolos com caixa de mancal fundida
SYF	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida de base encurtada
SYFJ	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida de base encurtada
SYFL	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal de poliéster de base encurtada
SYH	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida
SYJ	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida
SYK	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal reforçada por poliamida
SYKC	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal reforçada por poliamida
SYL	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal de poliéster
SYM	Mancal de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida
SYNT	Mancal de rolamento de rolos com caixa de mancal fundida
SYR	Mancal de rolamento de rolos com caixa de mancal fundida
TU	Unidade compensadora de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida
TUJ	Unidade compensadora de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida
TUL	Unidade compensadora de rolamento de esferas com caixa de mancal de poliéster
TUM	Unidade compensadora de rolamento de esferas com caixa de mancal fundida

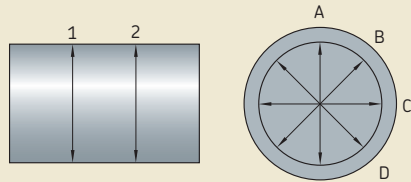
¹⁾ Consulte também as **figs. 2a a 2t**, começando na **página 96**.

Preparativos antes da montagem

Antes de montar uma unidade de rolamento, faça o seguinte:

- Verifique se o eixo está limpo e sem rebarbas. Se não estiver, remova as rebarbas e chanfre a extremidade do eixo com lixa de esmeril ou uma lima fina. Limpe o eixo.
- Verifique se o assento do rolamento no eixo está dentro da tolerância, preferencialmente em duas seções transversais e em quatro direções (→ **fig. 3**).
- Nas unidades de rolamento que usam cavi-lhas roscadas, colar excêntrico de fixação ou colar cilíndrico de fixação, aplique uma fina camada de óleo ao eixo.
- Nas unidades que usam uma bucha de fixação ou o método de fixação SKF ConCentra, use um pano limpo para garantir que o assento do rolamento fique seco e sem graxa.
- Limpe a superfície de apoio da unidade e verifique se a planicidade recomendada está dentro do grau de tolerância IT7.
- Se a unidade for reutilizada depois de remo-vida, verifique se o furo do rolamento e a base da caixa de mancal estão limpos.
- Se for necessário utilizar calços para aumen-tar a altura do centro da unidade, verifique se o calço cobre toda a superfície de contato en-tre a base da unidade e a superfície de apoio.
- A SKF recomenda usar parafusos ou prisio-neiros da classe 8.8 e uma arruela conforme a ISO 7089:2000 ou 7090:2000 e uma ar-ruela de pressão, para fixar as unidades de rolamento de esferas ou rolos à base. Parafu-sos de cabeça sextavada, de acordo com a norma ISO 4014:1999 são apropriados. De forma alternativa, podem ser usados parafu-sos Allen, conforme a norma ISO 4762:1988.
- As unidades de rolamentos não devem ser retiradas de sua embalagem original, até pou-co antes de serem montadas; isso protege as unidades contra contaminantes, especial-mente em ambientes agressivos.

Fig. 3



Ferramentas apropriadas

Para montar unidades de rolamentos de esferas ou rolos da SKF, as únicas ferramentas necessárias são:

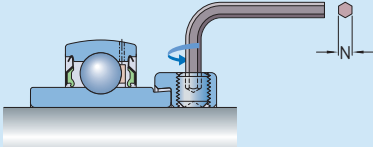
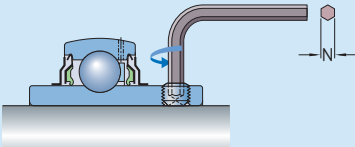
- uma chave Allen ou uma chave de torque para apertar as cavilhas roscadas no anel interno ou no colar de fixação, conforme especificado na **tabela 3**

- uma chave de gancho para apertar as porcas de segurança da bucha de fixação, conforme especificado na **tabela 4**
- torquímetro ou chave Allen para apertar os parafusos ou porcas de fixação

Uma chave 3L, conforme a ISO 2936:2001, acompanha cada unidade de rolamento de esferas ou rolos SKF ConCentra, com um indicador de torque (→ **fig. 21** na **página 113**).

Tabela 3

Chaves Allen e valores de torque de aperto recomendados para unidades de rolamento de esferas com fixação por cavilha roscada ou fixação por colar



Diâmetro do eixo		Tamanho da chave Allen	Torque de aperto
d sobre	incl.	N	
mm / polegada		mm / polegada	Nm (pol.lbf)

Unidades de rolamento de esferas com fixação por cavilha roscada
Unidades com sufixos de designação TF e TR (excluindo as séries abaixo relacionadas)

–	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)

Unidades das Séries SYM .. TF, FYM .. TF e 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)

Unidades com sufixo de designação 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)

Diâmetro do eixo		Tamanho da chave Allen	Torque de aperto
d sobre	incl.	N	
mm / polegada		mm / polegada	Nm (pol.lbf)

Unidades de rolamento de esferas com um colar excêntrico de fixação
Unidades com sufixos de designação FM e 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)

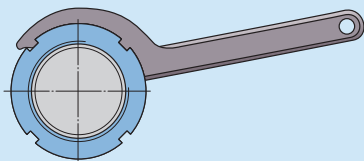
Unidades de rolamento de rolos com fixação por colar cilíndrico

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)

As chaves de gancho fazem parte de um variado sortimento de ferramentas e produtos de montagem SKF (→ **Apêndice J**, começando na **página 416**).

Tabela 4

Chaves de gancho e valores do torque de aperto para unidades de rolamento de esferas das séries SYJ .. KF, FYJ .. KF e FYTJ .. KF, montadas com bucha de fixação



Diâmetro do eixo		Unidade de rolamento	Bucha de fixação apropriada	Chave de gancho apropriada			
d				Designação	Torque de aperto		
		Furo diâmetro	Designação		mín.	máx.	mín.
mm	polegada	mm	–	–	Nm		pol.lbf
19,050	3/4	25	HE 2305	HN 5–6	13	17	115
20	–	25	H 2305	HN 5–6	13	17	115
23,812	15/16	30	HA 2306	HN 5–6	22	28	195
25	–	30	H 2306	HN 5–6	22	28	195
25,400	1	30	HE 2306	HN 5–6	22	28	195
30	–	35	H 2307	HN 7	27	33	239
30,162	1 3/16	35	HA 2307	HN 7	27	33	239
31,750	1 1/4	40	HE 2308	HN 8–9	35	45	310
35	–	40	H 2308	HN 8–9	35	45	310
36,512	1 7/16	45	HA 2309	HN 8–9	45	55	398
38,100	1 1/2	45	HE 2309	HN 8–9	45	55	398
40	–	45	H 2309	HN 8–9	45	55	398
41,275	1 5/8	50	HS 2310	HN 10–11	55	65	487
42,862	1 11/16	50	HA 2310	HN 10–11	55	65	487
44,450	1 3/4	50	HE 2310	HN 10–11	55	65	487
45	–	50	H 2310	HN 10–11	55	65	487
49,212	1 15/16	55	HA 2311 B	HN 10–11	65	85	575
50	–	55	H 2311	HN 10–11	65	85	575
50,800	2	55	HE 2311	HN 10–11	65	85	575
53,975	2 1/8	60	HS 2312	HN 12–13	85	115	752
55	–	60	H 2312	HN 12–13	85	115	752
55,562	2 3/16	65	HA 2313	HN 12–13	110	150	974
57,150	2 1/4	65	HE 2313	HN 12–13	110	150	974
60	–	65	H 2313	HN 12–13	110	150	974
60,325	2 3/8	65	HS 2313	HN 12–13	110	150	974

Montagem de unidades de rolamento de esferas com fixação por cavilha roscada

Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em ferro fundido ou material composto

Quando montar unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em ferro fundido ou material composto (→ **figs. 2a, 2b, 2c, 2d, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2r e 2s** nas **páginas 96 a 99**) com fixação por cavilha roscada (→ **fig. 1a, página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 a) Mancais: deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Alinhe cuidadosamente ambas as unidades e aperte os parafusos de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**.
b) Unidades flangeadas: apoie o eixo na posição de montagem entre as paredes da máquina. Deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Se não houver ressalto, alinhe cuidadosamente ambas as unidades e aperte os parafusos de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**.

c) Unidades compensadoras: deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Instale o conjunto eixo/unidades nas estruturas compensadoras e conecte os parafusos de ajuste pelos furos fundidos das unidades. Alinhe cuidadosamente ambas as unidades.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário relubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permitido do eixo em relação à unidade é de 2°. Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5°.

- 3 Alinhe o eixo axialmente no arranjo de rolamentos (→ **fig. 4**).
- 4 Aperte as cavilhas roscadas no anel interno (→ **fig. 5**) de ambas as unidades com os valores de torque de aperto especificados na **tabela 3** na **página 102**.
- 5 Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente girando o eixo algumas vezes.
- 6 Se aplicável, encaixe a(s) tampa(s) de fechamento na posição.

Fig. 4

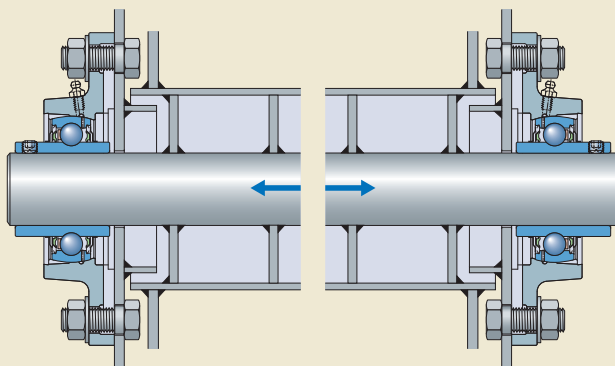
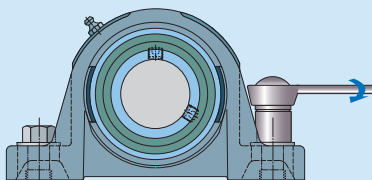


Tabela 5

Valores de torques de aperto recomendados para parafusos e porcas de fixação



Tamanho do parafuso	Torque de aperto	
	Nm	pé.lbf
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

Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em aço estampado

Quando montar unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal de aço estampado (→ figs. 2e, 2m, 2n e 2o nas páginas 97 a 99) de fixação por cavilhas rosçadas (→ fig. 1a, página 95), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na página 101, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 a) Mancais: Coloque as bases das caixas de mancal em suas superfícies de apoio. Deslize um rolamento com o dispositivo de fixação virado para fora em cada extremidade do eixo e apoie o eixo com os rolamentos nas bases das caixas de mancal.

OBSERVAÇÃO: Se a unidade tiver um anel de assentamento de borracha (cartucho), instale primeiramente esse anel no diâmetro externo do rolamento (→ fig. 6).

b) Unidades flangeadas: Posicione uma metade da caixa mancal nas paredes da máquina, apoie o eixo na posição de montagem entre as paredes da máquina e deslize um rolamento com o dispositivo de fixação virado para fora em cada extremidade do eixo.

- 3 Coloque uma tampa de caixa de mancal ou a segunda metade da caixa de mancal sobre cada rolamento (→ fig. 7, página 106) e instale os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte.



Fig. 5

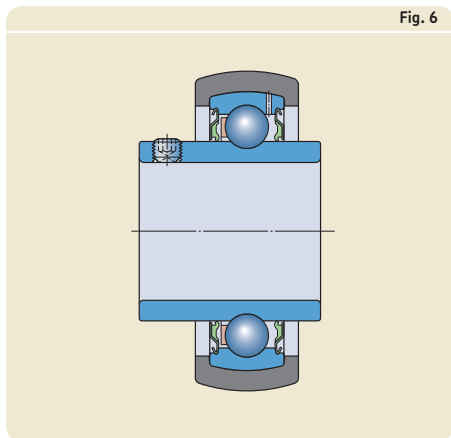


Fig. 6

- 4 Alinhe cuidadosamente as duas caixas de mancal, usando o eixo e aperte os parafusos de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5** da **página 105**.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário relubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permitido do eixo em relação à unidade é de 2°. Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5°.

AVISO: Nas unidades com caixa de mancal de aço estampado o desalinhamento não pode ser compensado depois que os parafusos ou porcas de fixação forem totalmente apertados, a menos que as caixas de mancal possuam um anel de assentamento de borraça (cartucho).

- 5 Se possível, alinhe axialmente o eixo no arranjo de rolamentos (→ **fig. 4** na **página 104**) e gire-o algumas vezes.
- 6 Aperte as cavilhas roscadas no anel interno de ambas as unidades com os valores de torque de aperto especificados na **tabela 3** na **página 102**.
- 7 Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente girando o eixo algumas vezes.



Fig. 7

Montagem de unidades de rolamento de esferas com um colar excêntrico de fixação

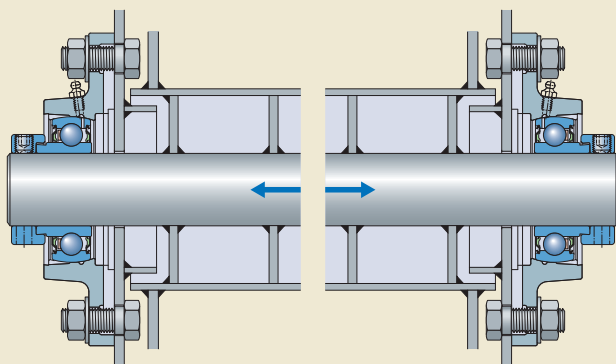
Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em ferro fundido ou material composto

Quando montar unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em ferro fundido ou material composto (→ **figs. 2a, 2c, 2h, 2j, 2l e 2r** nas **páginas 96 a 99**) e um colar excêntrico de fixação (→ **fig. 1b, página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 Remova os colares excêntricos de fixação.
- 3 a) Mancais: deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Alinhe cuidadosamente as duas unidades e aperte os parafusos de fixação, de ambas as unidades, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**, da **página 105**.
b) Unidades flangeadas: Posicione o eixo entre as paredes da máquina. Deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Se não houver ressalto, alinhe cuidadosamente ambas as unidades e aperte os parafusos de fixação usando os valores de torque especificados na **tabela 5** na **página 105**.
c) Unidades compensadoras: deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Instale o conjunto eixo/unidades nas estruturas compensadoras e conecte os parafusos de ajuste pelos furos fundidos das unidades. Alinhe cuidadosamente ambas as unidades.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário relubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permitido do eixo em relação às unidades é de 2°. Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5°.

Fig. 8



3

- 4 Alinhe o eixo axialmente no arranjo de rolamentos (→ **fig. 8**).
- 5 Coloque um colar excêntrico de fixação na extensão do anel interno de cada unidade e aperte manualmente no sentido principal de rotação (→ **fig. 9**). Depois, aperte o colar de fixação, usando uma chave de gancho com um prisioneiro encaixado no furo da circunferência do colar (→ **fig. 10**) ou com um martelo e um punção. Aperte as cavilhas roscadas no colar de fixação de cada unidade com os valores de torque de aperto especificados na **tabela 3**, na **página 102**.
- 6 Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.
- 7 Se aplicável, encaixe a(s) tampa(s) de fechamento na posição.

Fig. 9



Fig. 10



Montagem de unidades de rolamento

Unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal em aço estampado

Quando montar unidades de rolamento de esferas com caixa de mancal de aço estampado (→ figs. 2e, 2m, 2n e 2o nas páginas 97 a 99) e um colar excêntrico de fixação (→ fig. 1b, página 95), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na página 101, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 Remova os colares de fixação.
- 3 a) Mancais: Coloque as bases das caixas de mancal em suas superfícies de apoio. Deslize um rolamento com o dispositivo de fixação virado para fora em cada extremidade do eixo e coloque os rolamentos na metade inferior das unidades.

OBSERVAÇÃO: Se a unidade tiver um anel de assentamento de borracha (cartucho), instale primeiramente esse anel no diâmetro externo do rolamento (→ fig. 11).

- b) Unidades flangeadas: Posicione o eixo entre as paredes da máquina. Deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora.
- 4 Coloque a tampa da caixa de mancal ou a segunda metade da caixa de mancal sobre cada rolamento (→ fig. 12) e instale os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte.
- 5 Alinhe cuidadosamente as duas caixas de mancal, por exemplo utilizando o eixo, e aperte os parafusos de fixação, usando os valores de torque especificados na tabela 5, na página 105.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário relubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permitido do eixo em relação à unidade é de 2°. Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5°.

AVISO: Nas unidades com caixa de mancal de aço estampado o desalinhamento não pode ser compensado, depois que os parafusos ou porcas de fixação forem totalmente apertados, a menos que as caixas de mancal possuam um anel de assentamento de borracha (cartucho).

Fig. 11

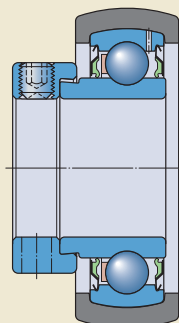


Fig. 12



- 6 Se possível alinhe axialmente o eixo no arranjo de rolamentos (→ fig. 8 na página 107) e gire-o algumas vezes.
- 7 Coloque um colar excêntrico de fixação na extensão do anel interno de cada unidade e aperte firmemente no sentido principal de rotação. Aperte o colar de fixação em sua posição final, usando uma chave de gancho com um prisioneiro encaixado no furo da circunferência do colar ou com um martelo e um punção. Aperte a cavilha roscada no colar de retenção de cada unidade com os valores de torque de aperto especificados na tabela 3 da página 102.
- 8 Se aplicável, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.

Montagem de unidades de rolamento de esferas com uma bucha de fixação

Para montar mancais de rolamento de esferas com uma bucha de fixação (→ **fig. 1c, página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 Determine a posição das buchas de fixação no eixo (→ **fig. 13**).

OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha de fixação ao longo do eixo. No caso de eixo escalonado, a posição da unidade no eixo é determinada pelo encosto, o que simplifica consideravelmente a montagem.

- 3 Remova a porca e a arruela de segurança das buchas de fixação.
- 4 Alargue um pouco cada bucha de fixação inserindo um chave de fenda no rasgo da bucha (→ **fig. 14**). Em seguida, deslize-as pelo eixo até a posição, com a rosca virada para fora.
- 5 Posicione a primeira unidade de rolamento em seu lugar na bucha de fixação.
- 6 Posicione a arruela de segurança e aperte a porca de segurança, até que o anel interno, bucha e eixo façam o contato apropriado.
- 7 Aperte mais a porca de segurança com a chave de gancho até um ângulo de aperto de cerca de 70° (→ **fig. 15**) ou com um torquímetro com os valores de torque recomendados (→ **tabela 4 na página 103**). Ao apertar a porca, não deixe a bucha girar no eixo. Durante o aperto, o eixo se movimentará axialmente, no assento da bucha cônica, conforme o deslocamento axial da unidade.

Fig. 13

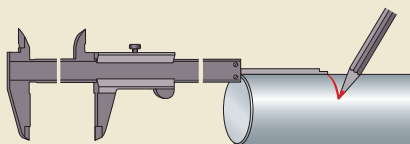


Fig. 14



Fig. 15



Montagem de unidades de rolamento

- 8 Posicione a unidade na bucha, dobrando uma aba da arruela de segurança em uma das ranhuras existentes ao redor da circunferência da porca (→ **fig. 16**).
- 9 Coloque os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte.
- 10 Posicione a unidade de rolamento na outra extremidade do eixo em seu lugar na bucha.
- 11 Repita **as etapas de 6 a 9**. Fazendo isso, a unidade deve poder se mover na bucha de fixação ao longo do eixo, conforme seu deslocamento axial no assento da bucha cônica.
- 12 Alinhe cuidadosamente ambas as unidades.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário re-lubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permissível do eixo em relação às unidades é de 2°. Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5°.

- 13 Aperte os parafusos ou porcas de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5** na **página 105**.
- 14 Se aplicável, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.
- 15 Se aplicável, encaixe a(s) tampa(s) de fechamento na posição.

Para montar unidades de caixa de mancal flangeadas de rolamento de esferas com uma bucha de fixação, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicações da SKF.



Fig. 16

Montagem de unidades de rolamento de esferas SKF ConCentra

AVISO: Nunca tente desmontar a unidade. Além disso, nunca aperte as cavilhas roscadas no colar de montagem, a menos que a unidade esteja montada em um eixo. Se essas recomendações não forem seguidas, a bucha escalonada SKF ConCentra pode ser danificada.

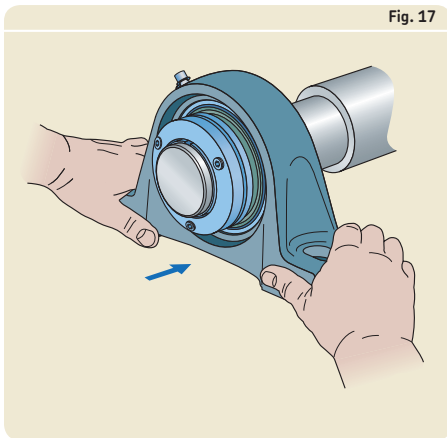
Mancais de rolamento de esferas SKF ConCentra

Quando montar mancais de rolamento de esferas SKF ConCentra (→ **fig. 1d, página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 Com o colar de montagem virado para fora, deslize a unidade até cada extremidade do eixo (→ **fig. 17**).
- 3 Posicione a primeira unidade de rolamento no seu lugar correto e instale os parafusos de fixação, mas não os aperte.

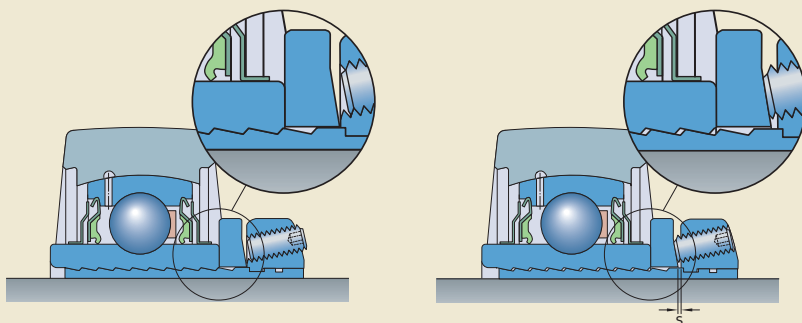
OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha escalonada SKF ConCentra ao longo do eixo (→ **fig. 18**).

Fig. 17



3

Fig. 18



Montagem de unidades de rolamento

- 4 Posicione o colar de montagem de maneira que nenhuma cavilha roscada fique virada para a separação na bucha.
- 5 Use o lado curto da chave Allen fornecida e aperte as cavilhas manualmente (→ **fig. 19**).
- 6 Use o lado longo da chave Allen para apertar os parafusos um total de $1/2$ volta, alternando em dois incrementos ($1/4$ de volta e $1/4$ de volta), de acordo com o padrão de montagem (→ **fig. 20**), começando pelo lado oposto à separação na bucha.
- 7 Monte o indicador de torque vermelho fornecido no lado curto da chave Allen (→ **fig. 21**) e aperte os parafusos, até que a chave Allen encoste no indicador de torque (→ **fig. 22**). Se for utilizado um torquímetro, aplique o valor de recomendado de torque de 7,4 Nm (5.5 pé.lbf).
- 8 Alinhe a unidade e aperte os parafusos ou porcas de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5** na **página 105**.
- 9 Posicione a unidade de rolamento na outra extremidade do eixo. Coloque os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte.
- 10 Repita as etapas de 4 a 7. Fazendo isso, a unidade deve poder se mover axialmente ao longo do eixo, de acordo com seu deslocamento axial “s” na bucha SKF ConCentra (→ **fig. 18** na **página 111**).
- 11 Alinhe o eixo cuidadosamente.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário re-lubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permissível do eixo em relação às unidades é de 2° . Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5° .

- 12 Aperte os parafusos ou porcas de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5** na **página 105**.
- 13 Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.

Fig. 19

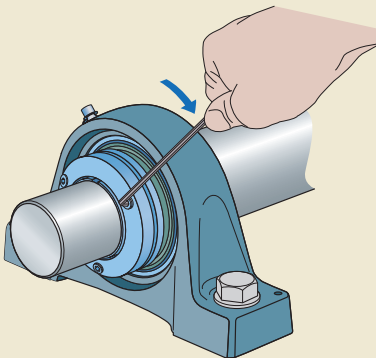


Fig. 20

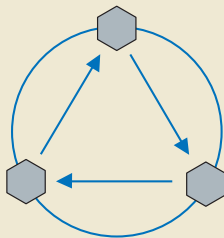
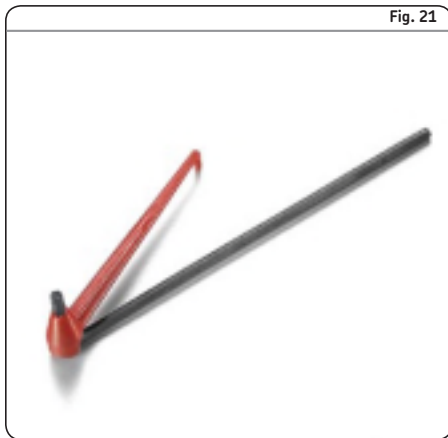


Fig. 21



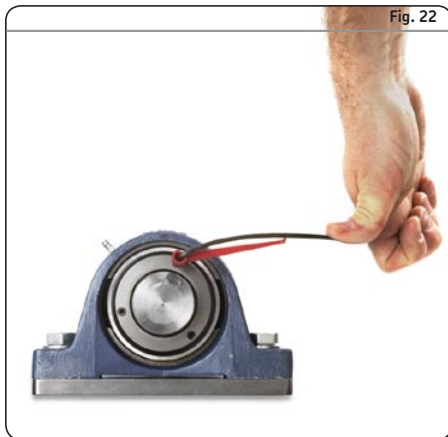
Unidades flangeadas de rolamento de esferas SKF ConCentra

Para montar unidades flangeadas de rolamento de esferas SKF ConCentra (→ **fig. 1d, página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 Apoie o eixo na posição de montagem entre as paredes da máquina.
- 3 Com o colar de montagem virado para fora, deslize uma unidade, até cada extremidade do eixo.

OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha escalonada SKF ConCentra ao longo do eixo (→ **fig. 18, página 111**).

Fig. 22



- 4 Coloque a primeira unidade de rolamento em sua posição correta e aperte os parafusos ou porcas de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5, na página 105**.
- 5 Posicione o colar de montagem de maneira que nenhuma cavilha roscada fique virada para a separação na bucha.
- 6 Use o lado curto da chave Allen fornecida e aperte as cavilhas manualmente.
- 7 Use o lado longo da chave Allen para apertar os parafusos um total de $\frac{1}{2}$ volta, alternando em dois incrementos de ($\frac{1}{4}$ de volta e $\frac{1}{4}$ de volta), de acordo com o padrão de montagem (→ **fig. 20**), começando pelo lado oposto à separação na bucha.
- 8 Monte o indicador de torque vermelho fornecido no lado curto da chave Allen (→ **fig. 21**) e aperte os parafusos, até que a chave Allen encoste no indicador de torque. Se for utilizado um torquímetro, aplique o valor recomendado de torque de 7,4 Nm (5.5 pé.lbf).
- 9 Posicione a unidade de rolamento na outra extremidade do eixo em seu lugar correto. Coloque os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte.

- 10** Repita as etapas de 5 a 8. Fazendo isso, a unidade deve poder se mover axialmente ao longo do eixo (→ **fig. 23**), de acordo com seu deslocamento axial “s” na bucha SKF ConCentra (→ **fig. 18** na **página 111**).
- 11** Alinhe o eixo cuidadosamente.

OBSERVAÇÃO: quando for necessário re-lubrificar a unidade, o desalinhamento máximo permissível do eixo em relação às unidades é de 2°. Caso contrário, é possível acomodar desalinhamento de até 5°.

- 12** Aperte os parafusos ou porcas de fixação usando os valores de torque especificados na **tabela 5**, na **página 105**.
- 13** Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.

Montagem das unidades de rolamento de rolos SKF ConCentra

AVISO: Nunca tente desmontar a unidade. Além disso, nunca aperte as cavilhas roscadas no colar de montagem, a menos que a unidade esteja montada em um eixo. Se essas recomendações não forem seguidas, a bucha escalonada SKF ConCentra pode ser danificada.

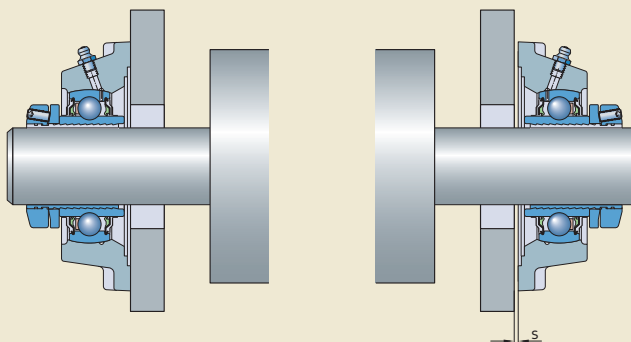
Mancais do rolamento de rolos SKF ConCentra

Quando montar mancais de rolamento de rolos SKF ConCentra (→ **fig. 1e**, **página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2 Determine a posição da unidade fixa e da unidade livre no eixo. A unidade fixa deve sempre estar no lado do acionamento.
- 3 Com o colar de montagem virado para fora, deslize a unidade até cada extremidade do eixo (→ **fig. 24**).

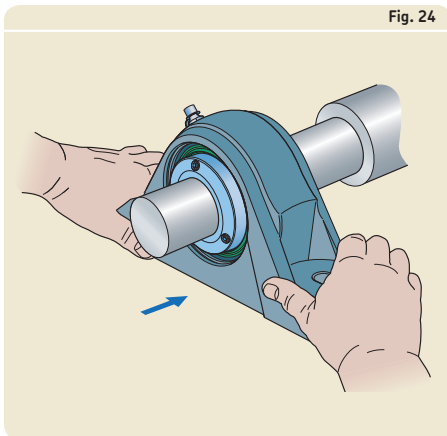
OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha escalonada SKF ConCentra ao longo do eixo (→ **fig. 25**).

Fig. 23



- 4 Coloque os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte.
- 5 Posicione axialmente a unidade de rolamento fixa no eixo e alinhe a unidade de rolamento na superfície de apoio. As unidades SYNT possuem marcas verticais nas extremidades da base da caixa do mancal para que essa operação seja mais fácil (→ **fig. 26**).
- 6 Trave a unidade de rolamento fixa no eixo.

Fig. 24

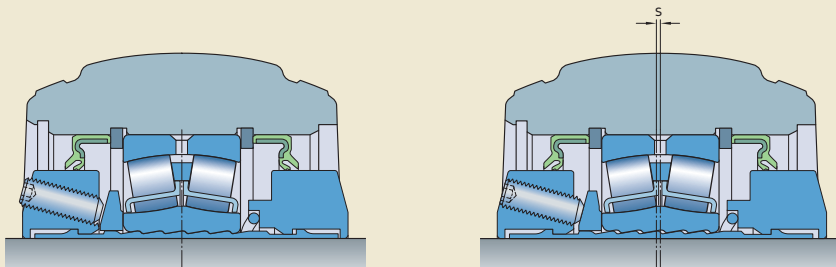


3

Fig. 26



Fig. 25



Montagem de unidades de rolamento

- 7 Posicione o colar de montagem de maneira que nenhuma cavilha roscada fique virada para a separação na bucha. Use o lado curto da chave Allen fornecida e aperte cada parafuso manualmente, até ficar firme. Siga o padrão de montagem (→ **fig. 27**), começando pelo parafuso oposto à separação na bucha. Monte o indicador de torque vermelho fornecido no lado curto da chave Allen (→ **fig. 21** na **página 113**) e aperte o parafuso, até que a chave sextavada encoste no indicador de torque (→ **fig. 28**). Se utilizar um torquímetro para apertar as cavilhas roscadas (→ **fig. 29**), utilize uma ponta de 3 mm. Seguindo o padrão de montagem, em primeiro lugar aperte manualmente os parafusos, até ficarem firmes. Depois continue a apertar cada parafusos novamente com o valor de torque de aperto de 7,4 Nm (5.5 pé.lbf).
- 8 Verifique novamente o alinhamento da unidade fixa. O desalinhamento máximo permitido do eixo em relação às unidades é de 1,5°.
- 9 Localize o meio do assento do rolamento na unidade livre. Apoie o eixo. Segure os colares nas duas extremidades do rolamento série Y sem carga e movimente-o de uma das extremidades da caixa de mancal para a outra enquanto a caixa de mancal é fixada. Se apenas o alongamento térmico do eixo for esperado, a SKF recomenda que a posição final do rolamento seja colocada voltada para o rolamento fixo (→ **fig. 30**).

OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha escalonada SKF ConCentra ao longo do eixo (→ **fig. 25** na **página 115**).

- 10 Prenda o rolamento livre no eixo como na **etapa 7**.
- 11 Alinhe a unidade cuidadosamente. Aperte os parafusos de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**, na **página 105**.
- 12 Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.
- 13 Se aplicável, encaixe a tampa de fechamento na posição.

Fig. 27

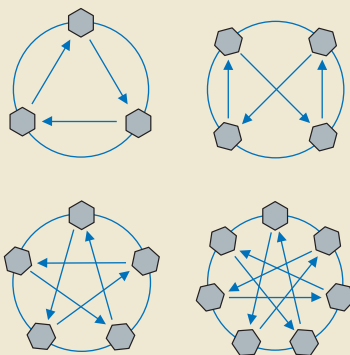


Fig. 28



Fig. 29



Unidades flangeadas de rolamento de rolos SKF ConCentra

Para montar unidades flangeadas de rolamento de rolos SKF ConCentra (→ **fig. 1e, página 95**), leia cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1** Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 2** Determine a posição da unidade fixa e da unidade livre no eixo. A unidade fixa deve sempre estar no lado do acionamento.
- 3** Apoie o eixo na posição de montagem entre as paredes da máquina.
- 4** Com o colar de montagem virado para fora, deslize uma unidade até a posição em cada extremidade do eixo.

OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha escalonada SKF ConCentra ao longo do eixo.

- 5** Coloque os parafusos ou porcas de fixação, mas não os aperte (→ **fig. 31**).

Fig. 31

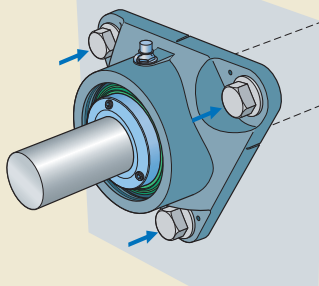
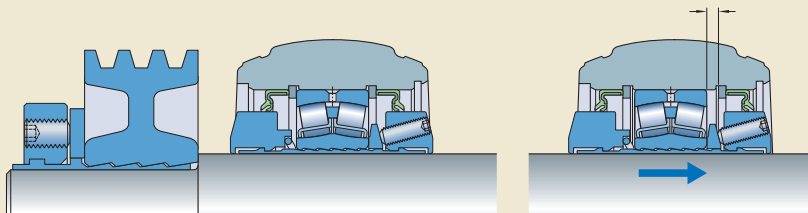


Fig. 30



Montagem de unidades de rolamento

- 6 Trave o rolamento fixo no eixo. Posicione o colar de montagem de maneira que nenhuma cavilha roscada fique virada para a separação da bucha. Use o lado curto da chave Allen fornecida e aperte as cavilhas manualmente. Use o lado longo da chave Allen para apertar os parafusos um total de $\frac{1}{2}$ volta, alternando em dois incrementos de $\frac{1}{4}$ de volta e $\frac{1}{4}$ de volta), de acordo com o padrão de montagem (→ **fig. 27** na **página 116**), começando pelo lado oposto à separação na bucha. Monte o indicador de torque vermelho fornecido no lado curto da chave Allen e aperte o parafuso até que a chave Allen encoste no indicador de torque (→ **fig. 32**). Se for utilizado um torquímetro (→ **fig. 33**), aplique o valor recomendado de torque de 7,4 Nm (5.5 pé.lbf).
- 7 Verifique novamente o alinhamento da unidade fixa. O desalinhamento máximo permitido do eixo em relação à unidade é de $1,5^\circ$.
- 8 Localize o meio do assento do rolamento na unidade livre. Apoie o eixo. Segure o colar do rolamento série Y sem carga e movimente-o de uma das extremidades da caixa de mancal para a outra enquanto a caixa de mancal é fixada. Se apenas o alongamento térmico do eixo for esperado, a SKF recomenda que a posição final do rolamento seja colocada voltada para o rolamento fixo.

OBSERVAÇÃO: Considere que durante a montagem, a unidade será deslocada axialmente na bucha escalonada SKF ConCentra ao longo do eixo.

- 9 Prenda o rolamento livre no eixo, como na **etapa 6**.
- 10 Alinhe a unidade cuidadosamente. Aperte os parafusos de fixação, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**, na **página 105**.
- 11 Se possível, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente, girando o eixo algumas vezes.
- 12 Se aplicável, encaixe a tampa de fechamento no recesso do furo da caixa de mancal.

Fig. 32

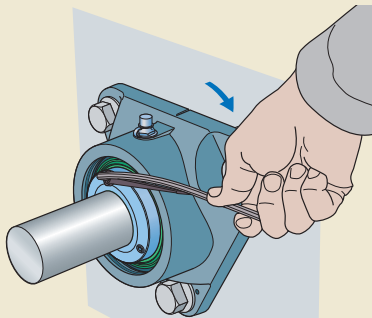
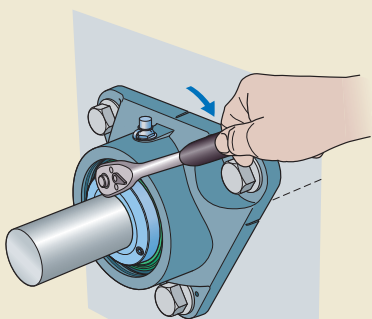


Fig. 33

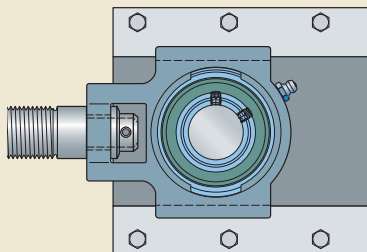


Montagem de unidades de rolamento de rolos com um colar cilíndrico de fixação

Quando montar unidades de rolamento de rolos com um colar cilíndrico de fixação (→ **fig. 1f**, **página 95**), siga cuidadosamente as diretrizes de *Preparativos antes da montagem* na **página 101**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

- 1 Determine a posição da unidade fixa e da unidade livre no eixo. A unidade fixa deve sempre estar no lado do acionamento.
- 2 Monte no eixo todos os componentes localizados entre as duas unidades de rolamento.
- 3 a) Mancais: Deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Alinhe cuidadosamente ambas as unidades. Instale os parafusos de fixação e aperte-os, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**, na **página 105**. O desalinhamento máximo permitido do eixo em relação às unidades é de $1,5^\circ$.
 b) Unidades flangeadas: Apoie o eixo na posição de montagem entre as paredes da máquina. Deslize uma unidade em cada extremidade do eixo. Se não houver um encosto, alinhe cuidadosamente ambas as unidades. Instale os parafusos de fixação e aperte-os, usando os valores de torque especificados na **tabela 5**, na **página 105**. O desalinhamento máximo permitido do eixo em relação às unidades é de $1,5^\circ$.
 c) Unidades compensadoras: Deslize uma unidade em cada extremidade do eixo com o dispositivo de fixação virado para fora. Instale o conjunto eixo/unidades nas estruturas compensadoras e conecte os parafusos de ajuste pelos furos fundidos das unidades (→ **fig. 34**). Alinhe cuidadosamente ambas as unidades. O desalinhamento máximo permitido do eixo em relação às unidades é de $1,5^\circ$.
- 4 Alinhe o eixo axialmente no arranjo do rolamentos.
- 5 Aperte ambas as cavilhas roscadas no colar cilíndrico de fixação que seguram o eixo através dos furos abertos do anel interno da unidade fixa com os valores de torque especificados na **tabela 3**, na **página 102**.

Fig. 34



Montagem de unidades de rolamento

- 6 Localize o meio do assento do rolamento na unidade livre, apoiando o eixo e movimentando o rolamento da série Y sem carga de uma das extremidades da caixa de mancal para a outra. Se apenas o alongamento térmico do eixo for esperado, a SKF recomenda que a posição final do rolamento seja colocada voltada para o rolamento fixo (→ **fig. 35**).
- 7 Prenda o rolamento livre no eixo, como na **etapa 3**.
- 8 Se aplicável, verifique se o arranjo de rolamentos pode girar livremente girando o eixo algumas vezes.

Fig. 35

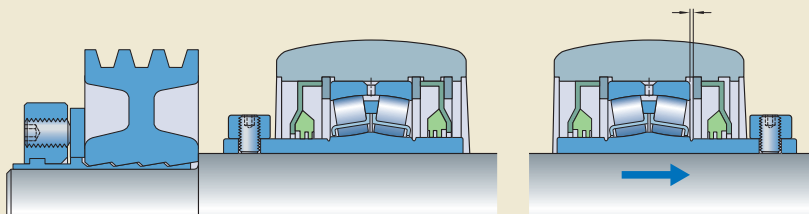


Fig. 36

Montagem de unidades de rolamento de esferas

Se os rolamentos Y e caixas de mancal Y feitos de ferro fundido cinzento ou de material composto não forem fornecidos com as unidades, é necessário primeiramente montá-los. Para fazer isso, o rolamento deve ser inserido no rasgo de entrada do furo da caixa de mancal (→ **fig. 36**) – para rolamentos de esferas com um colar excêntrico de fixação, primeiramente remova o colar de fixação. Pode ser utilizada uma peça redonda de madeira ou um pedaço de tubo, etc. para girar o rolamento até sua posição com o dispositivo de fixação voltado para a mesma direção dos rasgos de entrada (→ **fig. 37**).

AVISO: Ao inserir o rolamento, garanta que o furo de lubrificação do lado do dispositivo de fixação e os rasgos de entrada da caixa de mancal não coincidam (→ **fig. 38**).

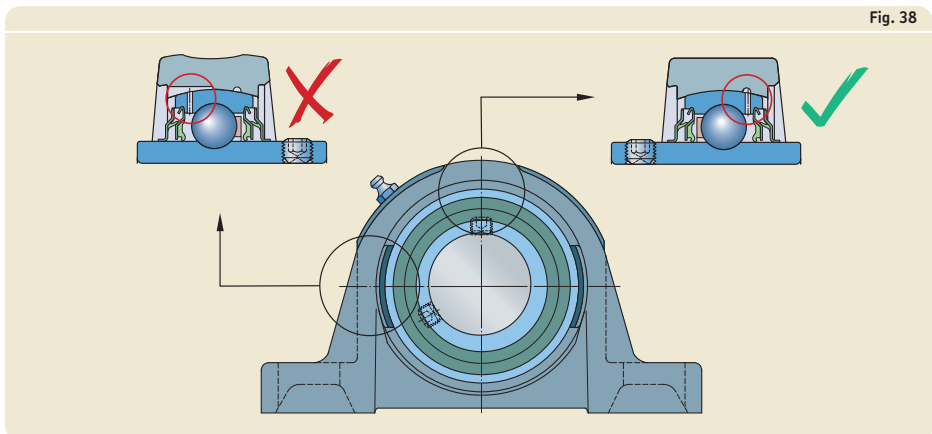
3

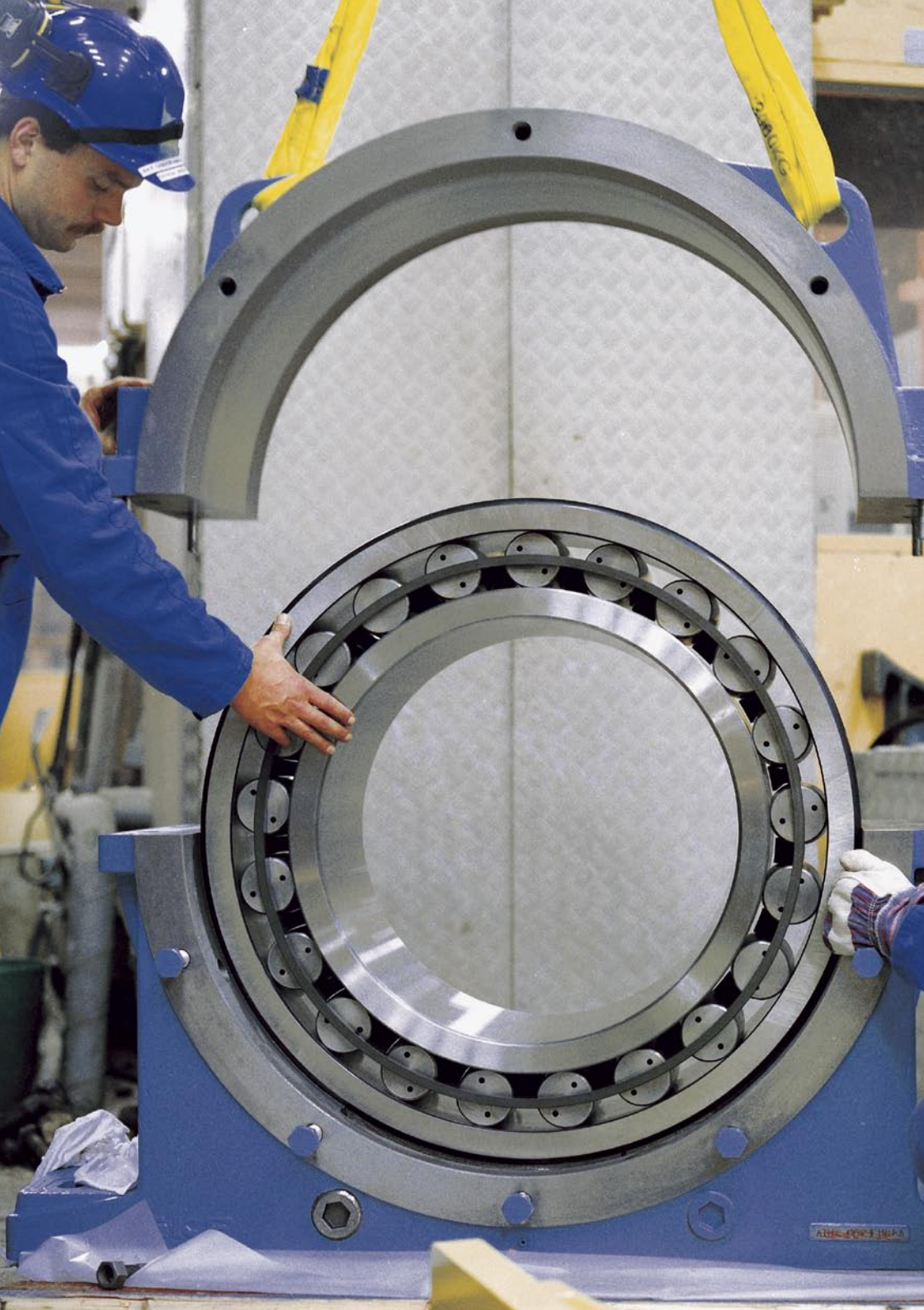


Fig. 37



Fig. 38





Montagem das caixas de mancal

Introdução 124

Seleção de peças de reposição 124

Preparativos antes da montagem 130

Uso de calços 130

Parafusos 131

Uso de anéis de bloqueio. 132

Uso de tampas de fechamento 133

Instalação de vedações bipartidas
ou inteiriças 133

Montagem de caixas de mancal
bipartidas padrão 134

Montagem de caixas de mancal
SONL. 137

Introdução

A gama padrão de caixas de mancal da SKF inclui:

- caixas de mancal bipartidas
- caixas de mancal inteiriças
- caixas de mancal flangeadas
- caixas de mancal compensadoras

As caixas de mancal da SKF geralmente são feitas de ferro fundido cinzento. As caixas de mancal mais populares também estão disponíveis em ferro fundido nodular ou aço fundido para aplicações onde é necessária resistência adicional. As caixas de mancal foram desenvolvidas principalmente para rolamentos autocompensadores de esferas, rolamentos autocompensadores de rolos e rolamentos de rolos toroidais CARB.

A maioria das caixas de mancal da SKF são fornecidas junto com instruções de montagem. Informações sobre como montar caixas de mancal bipartidas também estão incluídas neste capítulo. Entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF para obter informações sobre a montagem de caixas de mancal especiais para aplicações específicas como:

- transportadores e tambores
- conversores
- laminadoras de tubos e fornos rotativos
- máquinas de fabricação de papel
- turbinas eólicas
- pinhões de engrenagens abertas

Seleção de peças de reposição

As caixas de mancal da SKF estão disponíveis em uma ampla gama de modelos. Elas podem ser usadas com diversas vedações e para diferentes arranjos de rolamentos. Consequentemente, deve ser tomado cuidado ao selecionar uma caixa de mancal de substituição. A caixa de mancal nova deve coincidir com a peça original em relação a:

- o modelo da caixa de mancal (→ **fig. 1 e tabela 1, página 126**)
- a variante da caixa de mancal (→ **tabela 2, página 127**)

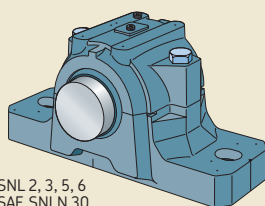
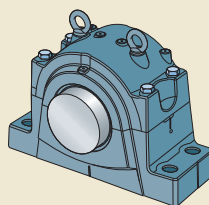
Para informações adicionais sobre produtos e ferramentas de manutenção e lubrificação da SKF, visite www.skf.com e www.mapro.skf.com.

Para instruções detalhadas de montagem para caixas de mancal específicas, visite www.skf.com/mount.

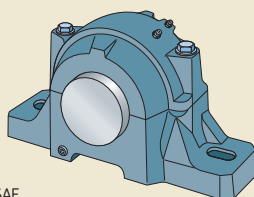
O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece uma abrangente gama de treinamento (→ *Treinamento*, iniciando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

- o arranjo de rolamentos (→ **fig. 2, página 127**)
- a solução e configuração da vedação (→ **tabela 3, página 128 e fig. 3, página 129**)

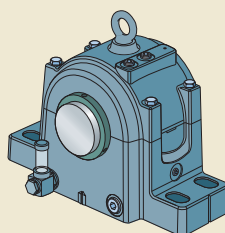
Fig. 1

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

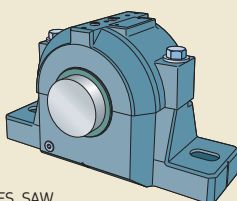
SNL 30, 31, 32, 40



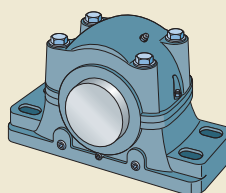
SAF



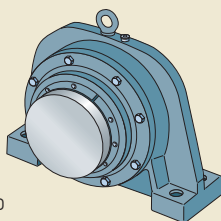
SONL



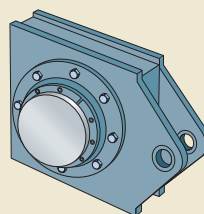
SAFS, SAW



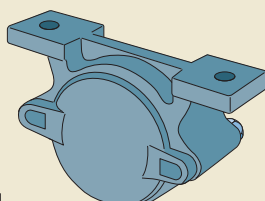
SDAF



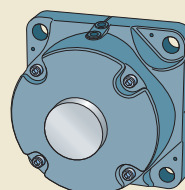
SBD



THD



TVN



FNL

Caixas de mancal padrão da SKF		
Caixas de mancal Modelos/séries	Substituído por	Descrição
FNL		Caixas de mancal flangeadas de ferro fundido, com formato triangular ou quadrado, com vedações de lábios duplos
FSNL		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido com quatro furos para parafusos na base
SAF		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SAFS		Caixa de mancal bipartida de aço fundido
SAW		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SBD		Caixa de mancal inteiriça com vedações de labirinto
SD 31	SNL 31	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SDAF		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SDG	SNL 32, 40	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SDJC 31	SNL 31	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SN 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SN 30	SNLN 30	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNA 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNH 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNL 2, 3, 5, 6		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNLN 30		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNL 30		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNL 31		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNL 32		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNL 40		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido
SNLD		Caixas de mancal bipartidas de ferro fundido nodular
SNT		Caixa de mancal bipartida de aço fundido com vedações de feltro
SOFN	SONL	Caixa de mancal bipartida para lubrificação com óleo, com vedações de labirinto
SONL		Caixa de mancal bipartida para lubrificação com óleo, com vedações de labirinto
SSNHD	SSNLD	Caixa de mancal bipartida de ferro fundido nodular com uma base sólida
SSNLD		Caixa de mancal bipartida de ferro fundido nodular com uma base sólida
THD		Caixa de mancal compensadora de ferro fundido
TVN		Caixa de mancal de ferro fundido inteiriça com vedações de feltro
7225	FNL	Caixa de mancal de ferro fundido flangeada, com formato triangular ou quadrado, com vedações de feltro

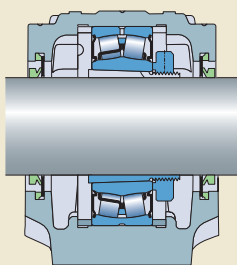
Tabela 2

Variantes de caixas de mancal padrão da SKF

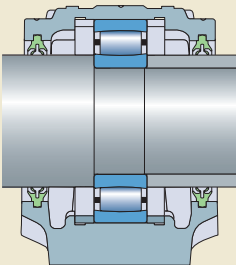
Designação Sufixo	Descrição
A	Caixa de mancal para extremidade de eixo
B	Caixa de mancal para eixo passante
F	Caixa de mancal para arranjo de rolamentos fixos
G	Caixa de mancal para rolamento com furo cilíndrico em um eixo escalonado
K7	Caixa de mancal com um diâmetro do assento na classe de tolerância K7
L	Caixa de mancal para arranjo de rolamentos livres
/MS1	Dois furos abertos na base para parafusos de fixação
/MS2	Quatro furos abertos na base para parafusos de fixação
SN	Caixa de mancal com um furo e roscado para fixação de sensor
TURA	Caixa de mancal preparada para lubrificação com óleo, com vedações de labirinto
TURT	Caixa de mancal preparada para lubrificação com óleo, com vedações de labirinto
TURU	Caixa de mancal preparada para lubrificação com óleo, com vedações de labirinto
V	Caixa com um furo para escape de graxa na base

4

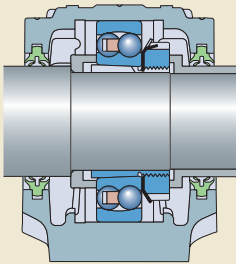
Fig. 2



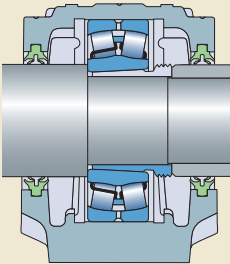
Rolamento sobre bucha de fixação em um eixo liso



Rolamento sobre assento cilíndrico em eixo escalonado



Rolamento sobre bucha de fixação em eixo escalonado



Rolamento sobre bucha de desmontagem em eixo escalonado

Soluções padrão de vedação para caixas de mancais da SKF

Designação da série	Descrição
---------------------	-----------

Vedações para caixas de mancal da série métrica

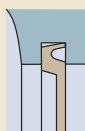
ASNH	Tampa de fechamento para caixas de mancal SNL
ETS	Tampa de fechamento para caixas de mancal SNL grandes
FS	Tira de feltro (bipartida)
TS	Vedação labirinto para caixas de mancal SNL grandes (inteiriças)
TFL	Vedação de lábio duplo para caixas de mancal flangeadas (inteiriças)
TNF	Vedação de taconite de diâmetro grande com labirinto radial para caixas de mancal SNL grandes (inteiriças)
TSD .. U	Vedação de óleo labirinto de projeto U ¹⁾
TSN .. A	Anéis V-ring (inteiriços)
TSN .. C	Vedações de anel de feltro (bipartidos)
TSN .. CB	Vedações de anel de feltro grafitado (bipartidos)
TSN .. L	Vedações de quatro lábios (divididos)
TSN .. NC	Vedação de taconite de diâmetro grande com labirinto axial (inteiriço)
TSN .. ND	Vedação de taconite de diâmetro grande com labirinto radial (inteiriço)
TSN .. S	Anel labirinto (inteiriço)
TSN .. TURU	Vedação de óleo labirinto de projeto U ¹⁾

Vedações para caixas de mancal da série em polegadas

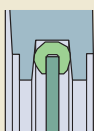
B-17024-	Elemento de contato de borracha nitrílica para uma vedação PosiTrac Plus (inteiriço)
EPR	Tampa de fechamento (bujão)
LER	Anel labirinto (inteiriço)
LOR	Vedação PosiTrac: anel labirinto com um anel O dentro do furo (inteiriço)
TER	Vedação de taconite com uma vedação interna de feltro e uma vedação externa de contato (inteiriço)
TER-V	Vedação de taconite com uma vedação interna de feltro e um V-ring externo (inteiriço)

¹⁾ Fornecido somente como uma unidade completa, ou seja, caixa de mancal modificada com vedações.

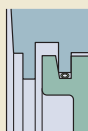
Fig. 3



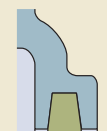
ASNH



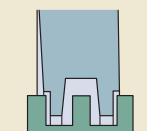
EPR



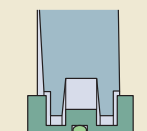
ETS



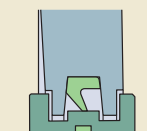
FS



LER



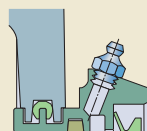
LOR



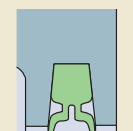
LOR + B-17024-



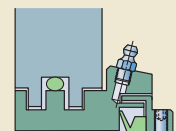
TER



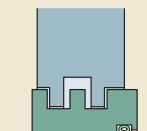
TER-V



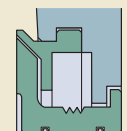
TFL



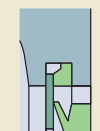
TNF



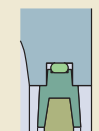
TS



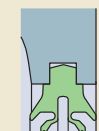
TSD .. U



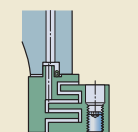
TSN .. A



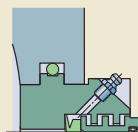
TSN .. C



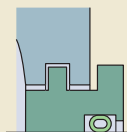
TSN .. L



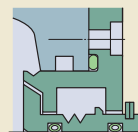
TSN .. NC



TSN .. ND



TSN .. S



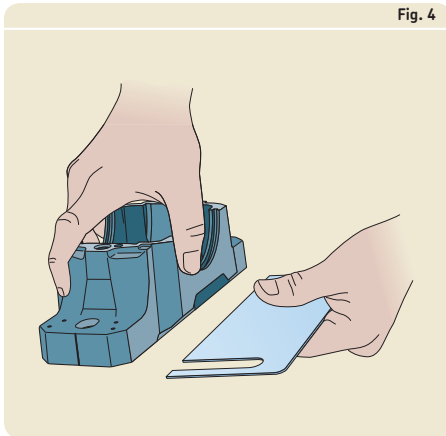
TSN .. TURU

Preparativos antes da montagem

Antes da montagem, faça o seguinte:

- Assegure-se de que a área de trabalho está limpa.
- Estude todos os desenhos e instruções para determinar a sequência correta de montagem dos diversos componentes.
- Verifique se todas as peças e ferramentas necessárias estão à mão.
- Verifique se a superfície de apoio da caixa de mancal está limpa. A superfície de apoio não deve estar pintada.
- Verifique se a superfície de apoio está em conformidade com os requisitos de planicidade e rigidez. Para evitar deformação do furo da caixa de mancal, a SKF recomenda que a planicidade da superfície esteja dentro do grau de tolerância IT7 (→ **Apêndice C, página 385**). O acabamento superficial da superfície deve ser $R_a \leq 12,5 \mu\text{m}$.
- Antes de reutilizar uma caixa de mancal, limpe-a cuidadosamente e substitua todas as peças de desgaste, por exemplo, vedações de contato, anéis O o cordões de borracha.

Fig. 4



Uso de calços

A elevação da altura do centro de caixas de mancal pode ser ajustada com calços. Quando usar um calço, verifique se ele cobre toda a superfície de contato entre a base da caixa de mancal e a superfície de apoio (→ **fig. 4**).

Parafusos

Se não estiverem disponíveis recomendações sobre os parafusos ou porcas de fixação, a SKF recomenda utilização das seguintes normas para fixação das caixas de mancais nas superfícies de apoio (→ **fig. 5**):

- parafusos de cabeça sextavada de acordo com a norma ISO 4014:2000
- parafusos Allen de acordo com a norma ISO 4762:1998
- porcas sextavadas de acordo com a norma ISO 4032:2000
- arruelas planas de acordo com a norma ISO 7089

Se a carga age verticalmente na superfície de apoio, podem ser usados parafusos ou porcas classe 8.8. Se a carga não age verticalmente, devem ser usados parafusos ou porcas classe 10.9.

Aperte todos os parafusos da tampa e parafusos de fixação, usando os valores recomendados de torque listados na **tabela 4**. Caixas de mancal das séries em polegadas usam parafusos da tampa de diversas classes. Aperte os parafusos da tampa nessas caixas de mancal usando os valores de torque listados nas instruções de montagem fornecidas com as caixas de mancal.

Fig. 5

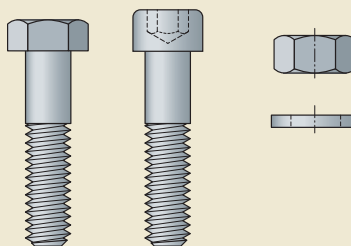


Tabela 4

Valores recomendados de torque de aperto para parafusos de fixação e parafusos da tampa, classe 8.8

Tamanho do parafuso	Torque de aperto			
	Parafusos de fixação		Parafusos da tampa ¹⁾	
mm/polegada	Nm	Ft.lbf	Nm	Ft.lbf
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⁾ Para caixas de mancal da série em polegadas, o torque de aperto recomendado é fornecido com a caixa de mancal.

Uso de anéis de bloqueio

A largura do assento do rolamento na maioria das caixas de mancal padrão da SKF é grande o suficiente para possibilitar o deslocamento axial “s” do rolamento mais largo que caiba na caixa de mancal (→ **fig. 6**). Para arranjos de rolamentos fixos, que têm que proporcionar fixação axial do eixo nas duas direções, devem ser usados anéis de bloqueio para fixar o anel externo do rolamento no assento da caixa de mancal (→ **fig. 7**). Os anéis de bloqueio são identificados pelo prefixo FRB seguido pelo tamanho (largura/diâmetro externo) em milímetros não codificados, por exemplo, FRB 11.5/100 (→ **fig. 8**).

Rolamentos de rolos toroidais CARB são uma exceção. Estes rolamentos livres não podem acomodar cargas axiais, mas podem acomodar deslocamento axial dentro do rolamento. Portanto, o anel externo deve ser fixado axialmente em seu assento por um anel de bloqueio em cada lado.

Tipicamente, são necessários dois anéis de bloqueio para uma caixa de mancal. Deve ser colocado um anel em cada lado do rolamento. Se apenas um anel de bloqueio for necessário, ele deverá ser inserido no mesmo lado que a porca de segurança. Ao colocar um anel de bloqueio na posição, verifique se sua extremidade aberta está posicionada para cima (→ **fig. 12, página 134**).

Caixas de mancal SNL muito grandes, iniciando pelos tamanhos 3076, 3168, 3264 e 4076 estão disponíveis em duas variantes dependendo da posição do rolamento. O assento da caixa de mancal é usinado para atender: caixas de mancal para a posição do rolamento fixo são identificadas pelo sufixo de designação F e não necessitam anéis de bloqueio. Caixas de mancal para a posição do rolamento livre são identificadas pelo sufixo de designação L.

AVISO: Ao montar um rolamento de rolos toroidais CARB, deve ser utilizada uma caixa de mancal de rolamento fixo (sufixo de designação F).

Fig. 6

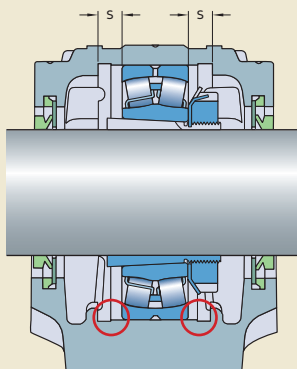


Fig. 7

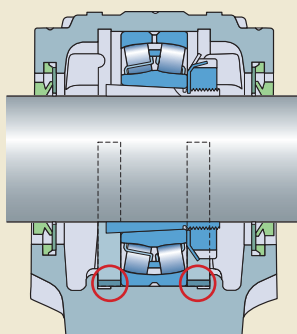
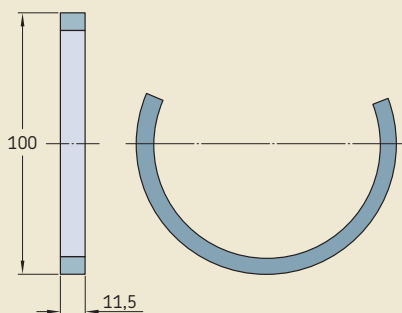


Fig. 8



FRB 11.5/100

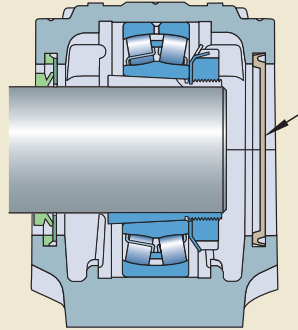
Fig. 9

Uso de tampas de fechamento

Caixas de mancal SKF na extremidade de um eixo devem ser equipadas com uma tampa de fechamento (bujão). Tampas de fechamento tipicamente se encaixam na ranhura da vedação (→ fig. 9).

Instalação de vedações bipartidas ou inteiriças

Caixas de mancal bipartidas estão disponíveis com vedações bipartidas ou inteiriças. Vedações bipartidas são fáceis de montar: as metades das vedações se encaixam nas ranhuras da vedação na base e na tampa da caixa de mancal. Vedações inteiriças precisam ser deslizados sobre o eixo. Verifique se a vedação está orientada corretamente, pois muitas vedações inteiriças não são simétricas.



Montagem de caixas de mancal bipartidas padrão

Ao montar caixas de mancal, siga cuidadosamente as diretrizes fornecidas em *Preparativos antes da montagem* na **página 130**, assim como as diretrizes adicionais abaixo:

OBSERVAÇÃO: Vedações adequadas para caixas de mancal normalmente são fornecidas com instruções de montagem.

1 Prepare o eixo:

- Posicione todos os componentes que serão montados no eixo entre os rolamentos, se forem utilizadas vedações inteiriças, posicione primeiramente as vedações do lado interno, entre os rolamentos.
- Monte os rolamentos em cada extremidade do eixo. Para lubrificação com graxa, preencha completamente os rolamentos.
- Se o eixo é escalonado, monte anéis distanciadores, se necessário.

OBSERVAÇÃO: anéis distanciadores não são fornecidos com as caixas de mancal.

- Se forem utilizadas vedações inteiriças, monte as vedações externas em cada extremidade do eixo. Se uma caixa de mancal deve ser utilizada na extremidade do eixo, omita a vedação. No lugar, será utilizada uma tampa de fechamento.

2 Determine a posição das caixas de mancal:

- Se a caixa de mancal for utilizada para um eixo escalonado e o furo da caixa de mancal tiver diâmetros diferentes, a posição é fixada pelos diâmetros do furo da caixa de mancal.
- Se o furo da caixa de mancal tiver o mesmo diâmetro nos dois lados, considere a posição do bico graxeiro na tampa. Ao relubrificar rolamentos autocompensadores de esferas e rolamentos de rolos toroidais CARB pelo lado, a caixa de mancal deve ser posicionada de forma que o bico graxeiro esteja no lado oposto ao da porca de segurança.
- Quando uma caixa de mancal está localizada na extremidade de um eixo, o bico graxeiro na tampa deve ser posicionado no lado da tampa.

Fig. 10

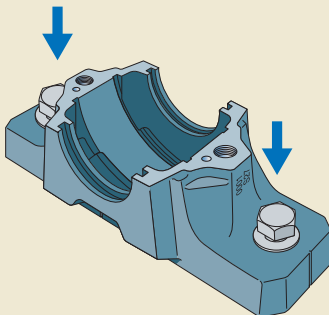


Fig. 11

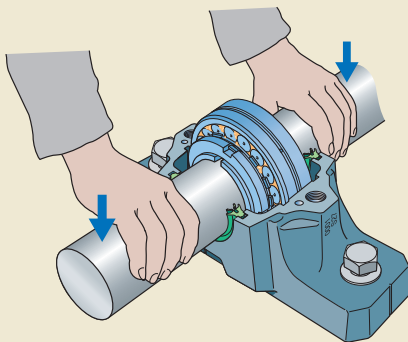
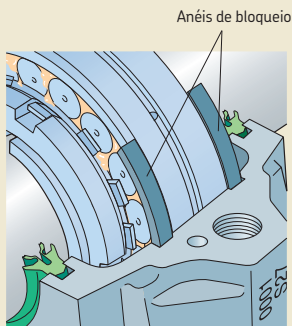


Fig. 12



- 3 Posicione as bases das caixas de mancal na superfície de apoio. Encaixe os parafusos de fixação (→ **fig. 10**), mas não os aperte. Se são utilizados vedações bipartidas, insira uma metade da vedação em cada ranhura da base da caixa de mancal, onde aplicável.
- 4 Coloque o eixo preparado na(s) base(s) da(s) caixa(s) de mancal (→ **fig. 11**). Tenha cuidado para não danificar as vedações já instaladas.
- 5 Se necessário, coloque um anel de bloqueio em cada lado do rolamento fixo (→ *Uso de anéis de bloqueio*, **página 132**). Verifique se a extremidade aberta do anel de bloqueio está posicionada para cima (→ **fig. 12**).

OBSERVAÇÃO: Rolamentos livres de rolos toroidais CARB sempre necessitam de um anel de bloqueio nos dois lados.

- 6 Alinhe cuidadosamente as bases das caixas de mancal. Em seguida, aperte levemente os parafusos de fixação.

OBSERVAÇÃO: as caixas de mancal SNL e muitas outras caixas de mancal da SKF possuem marcas verticais nas extremidades da base da caixa de mancal e nas faces laterais, indicando o centro do assento do rolamento (→ **fig. 13**).

- 7 Preencha as bases das caixas de mancal com a quantidade recomendada de graxa. A SKF recomenda preencher o espaço livre nos dois lados do assento do rolamento até
 - 40%, ao relubrificar pela lateral do rolamento.
 - 20%, ao relubrificar através da ranhura anelar e os furos de lubrificação no anel externo.

OBSERVAÇÃO: diversas caixas de mancal possuem uma marca indicando o nível de preenchimento de 40% (→ **fig. 14**).

- 8 Se requerido, coloque a tampa de fechamento na ranhura da vedação da base da caixa de mancal.
- 9 Se são usados vedações bipartidas, insira as metades remanescentes das vedações nas ranhuras das duas tampas de caixa de mancal → **fig. 15**). Se aplicável, preencha o espaço entre os lábios internos das vedações com graxa.

Fig. 13

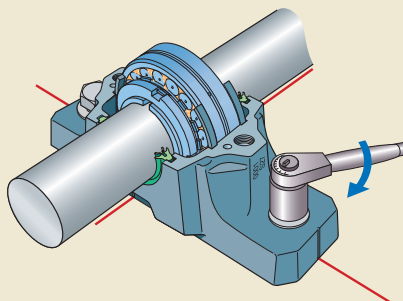


Fig. 14

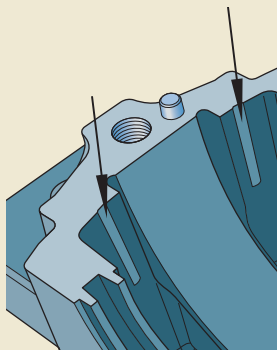
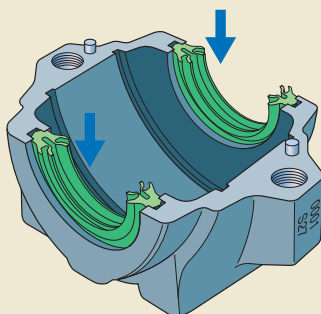


Fig. 15



Montagem das caixas de mancal

- 10** Coloque uma tampa de caixa de mancal sobre cada base (→ **fig. 16**) e aperte os parafusos das tampas com o torque de aperto recomendado (→ **tabela 4** na **página 131**).

AVISO: as tampas e bases não são intercambiáveis. Verifique se a tampa e a base possuem o mesmo número de série.

- 11** Verifique novamente o alinhamento, e aperte totalmente os parafusos de fixação (→ **fig. 17**) usando os valores recomendados de torque listados na **tabela 4** na **página 131**.
- 12** Se necessário, conclua a montagem da vedação. Isso pode incluir:
- Para anéis V-ring: cubra a contraface do anel V-ring com graxa. Em seguida, empurre o anel V-ring até a sua posição.
 - Para anéis labirinto: estique e insira o tubo oco de silicone na ranhura interna de cada anel labirinto com uma chave de fenda enquanto gira o eixo.
 - Para vedações com entrada de graxa: introduza graxa pelo bico graxeiro na cavidade da vedação enquanto gira o eixo.
- 13** A SKF recomenda reapertar os parafusos da tampa e de fixação um ou dois dias depois, para se assegurar que o torque apropriado seja mantido.

Fig. 16

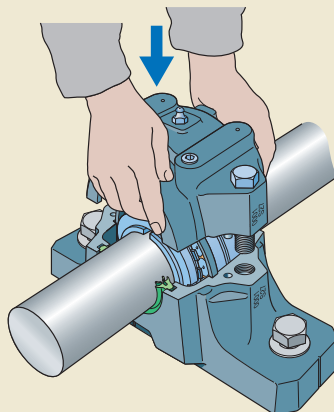
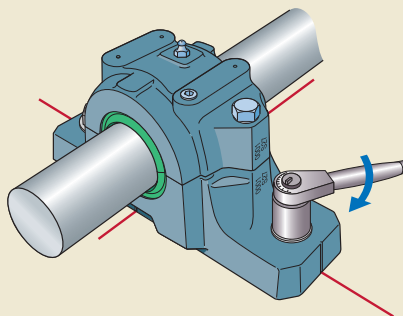


Fig. 17



Montagem de caixas de mancal SONL

Ao montar caixas de mancal SONL, siga cuidadosamente as orientações fornecidas em *Preparativos antes da montagem* na **página 130** assim como as orientações adicionais abaixo:

OBSERVAÇÃO: Vedações adequadas para caixas de mancal normalmente são fornecidos com instruções de montagem.

- 1 Monte todos os componentes que estão no eixo entre as duas posições dos rolamentos.
- 2 Determine a posição dos rolamentos ou buchas no eixo e marque a.
- 3 (→ **fig. 18**) Deslize as buchas espaçadoras internas com o flange labirinto (**a**) junto com os anéis de vedação (**b**) e anéis O (**c**) em cada lado do eixo e coloque os anéis de coleta de óleo (**d**) na posição nas buchas espaçadoras com o flange labirinto.

OBSERVAÇÃO: Nunca monte o anel de coleta de óleo (**d**) para sistemas de lubrificação por circulação de óleo.

- 4 Monte os rolamentos no eixo ou nas buchas de fixação (→ **fig. 19**).
- 5 Deslize as buchas de fixação externas com o flange labirinto em cada lado do eixo e coloque os anéis de vedação e anéis O na posição nas buchas de fixação. Se a caixa de mancal está na extremidade do eixo, omita a segunda vedação e insira a tampa de fechamento junto com os dois anéis O na base da caixa de mancal.
- 6 Posicione as bases das caixas de mancal na superfície de apoio. O lado com a passagem de coleta de óleo no assento do rolamento deve ser posicionado no lado interno do arranjo de rolamentos (→ **fig. 20**). Coloque os parafusos de fixação, mas não os aperte.
- 7 Instale o indicador de nível de óleo e o bujão magnético em cada base de caixa de mancal, se for utilizado um anel de coleta de óleo. Sempre que possível, instale o indicador de nível de óleo no lado oposto ao do anel de coleta de óleo de forma que a leitura não seja afetada pelo turbilhão gerado pelo anel. Se for utilizado um tubo de resfriamento de óleo, instale-o agora, seguindo as instruções fornecidas com o mesmo.

Fig. 18

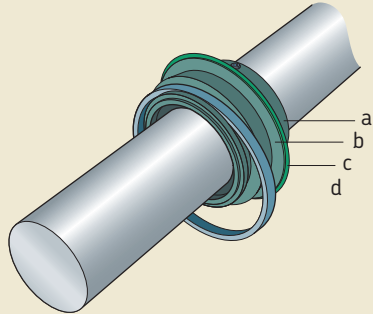


Fig. 19

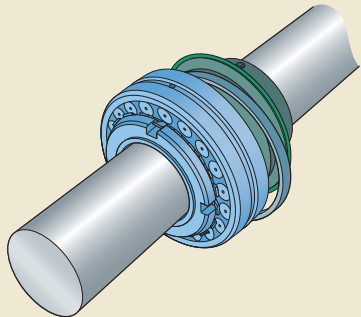
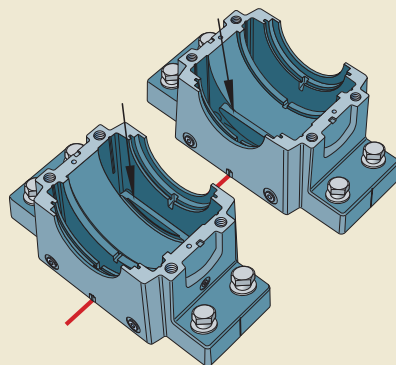


Fig. 20



Montagem das caixas de mancal

OBSERVAÇÃO: para evitar vazamento de óleo, aplique um vedante resistente a óleo nas roscas de todos os componente conectados, como o indicador de nível de óleo e tubos.

- 8 Disponha as vedações contra o rolamento. Se for utilizada uma bucha de fixação, aperte os parafusos do flange labirinto. Torques de aperto recomendados:

– tamanhos 17 a 26	8 Nm (6 ft.lbf)
– tamanhos 28 a 32	18 Nm (13 ft.lbf)
– tamanhos 34 a 48	35 Nm (26 ft.lbf)

- 9 Coloque o conjunto do eixo nas duas bases das caixas de mancal (→ fig. 21).

OBSERVAÇÃO: Verifique se os anéis de coleta de óleo chegam dentro das passagens de óleo e estão montados livremente.

- 10 Se necessário, coloque um anel de fixação em cada lado do rolamento fixo (→ *Uso de anéis de bloqueio*, página 132). Verifique se a extremidade aberta do anel de bloqueio está posicionada para cima (→ fig. 22).

OBSERVAÇÃO: rolamentos livres de rolos toroidais CARB sempre necessitam de um anel de bloqueio nos dois lados.

- 11 Alinhe cuidadosamente as bases das caixas de mancal. Em seguida, aperte levemente os parafusos de fixação.

Fig. 22

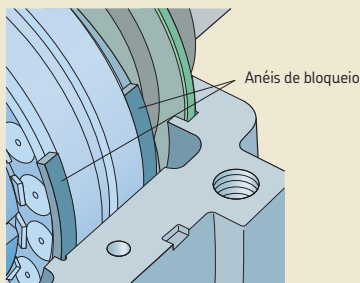


Fig. 23

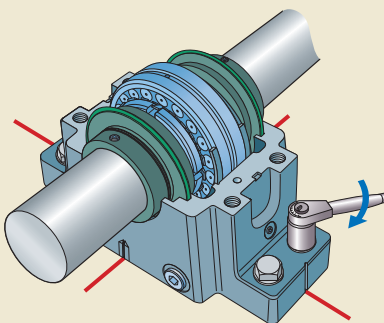


Fig. 21

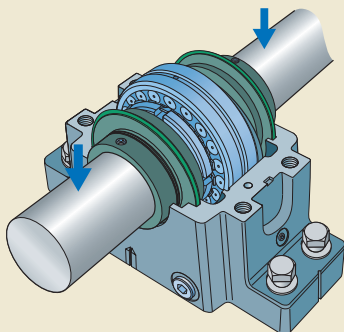
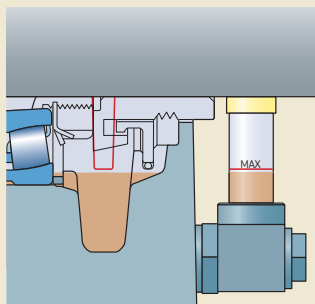


Fig. 24



OBSERVAÇÃO: as caixas de mancal SONL possuem marcas verticais nas extremidades da base da caixa de mancal e nas faces laterais, indicando o centro do assento do rolamento (→ **fig. 23**).

- 12** Se será usado um sistema de lubrificação por circulação de óleo, conecte os tubos de saída de óleo na caixa de mancal.

AVISO: o(s) tubo(s) de saída deve(m) drenar adequadamente para evitar que haja excesso de óleo na caixa de mancal.

- 13** Se são utilizados anéis de coleta de óleo, encha as caixas de mancal com óleo até o nível máximo indicado. O indicador de nível de óleo e as marcas fundidas dentro da base da caixa de mancal indicam o nível máximo (→ **fig. 24**).

AVISO: o nível de óleo pode cair durante a operação. Não encha a caixa de mancal em excesso senão poderá ocorrer vazamento.

- 14** Cubra as superfícies de contato da caixa de mancal com um vedante resistente a óleo.
- 15** Coloque uma tampa de caixa de mancal sobre cada base (→ **fig. 25**) e aperte os parafusos das tampas (para unir a tampa e base) usando os valores recomendados de torque listados na **tabela 4** na **página 131**. A tampa e a base de uma caixa de mancal não são intercambiáveis com as de outras caixas de mancal. Verifique se trazem o mesmo número de série.

OBSERVAÇÃO: coloque a tampa da caixa de mancal na base com cuidado para evitar danos aos anéis O.

- 16** Se será usado um sistema de lubrificação por circulação de óleo, conecte o tubo de entrada na tampa da caixa de mancal.
- 17** Verifique novamente o alinhamento, e aperte totalmente os parafusos de fixação na base da caixa de mancal (→ **fig. 26**) usando os valores recomendados de torque listados na **tabela 4** na **página 131**.
- 18** A SKF recomenda reapertar os parafusos da tampa e de fixação um ou dois dias depois, para se assegurar que o torque apropriado seja mantido.

Fig. 25

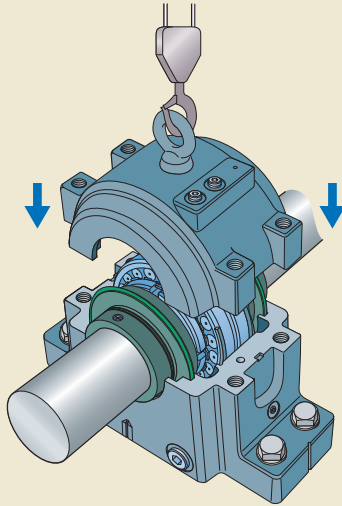
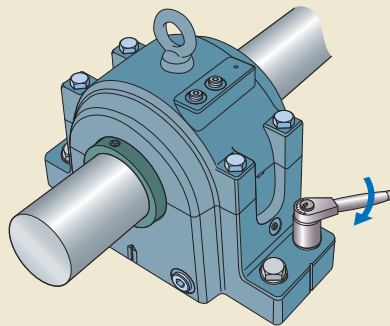
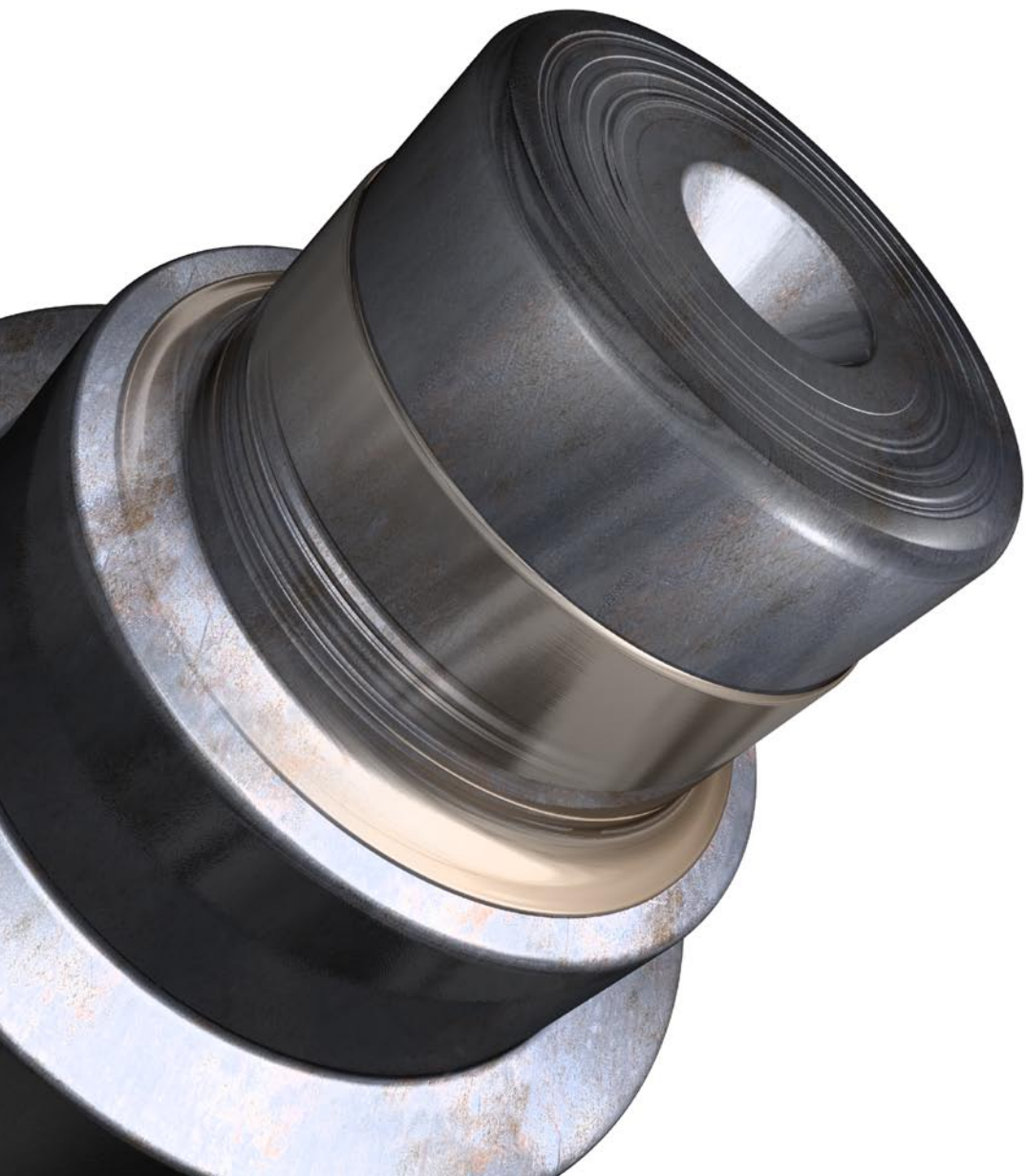


Fig. 26





Instalação de vedações

Geral	142
Do que lembrar	142
Kit para montagem de rolamentos SKF	146
Preparativos antes da instalação	146
Instalação de uma vedação radial em uma caixa de mancal	146
Instalação de vedações que têm um lábio auxiliar	149
Instalação de uma vedação inteira totalmente de borracha	149
Instalação de uma vedação radial em um eixo	150
Substituição de uma vedação radial	151
Reparo de um eixo desgastado com uma luva de desgaste da SKF	152
Instalação de uma luva SPEEDI-SLEEVE SKF	152
Instalação de uma bucha de desgaste de diâmetro grande	152
Instalação de uma vedação dividida grande totalmente de borracha	154
Instalação de arruelas de vedação de borracha	156
Instalação de uma vedação v-ring	157

Geral

Para ter o desempenho pretendido, as vedações devem ser instaladas corretamente. Isso pode ser feito com mais facilidade por quem tem experiência de instalação e quando há um ambiente de trabalho limpo e também ferramentas adequadas. A superfície de apoio da vedação, a área onde os lábios da vedação entram em contato com o eixo, deve atender às especificações de rugosidade superficial e circularidade, e deve estar limpa. Se a superfície de apoio mostrar qualquer sinal de desgaste, repare-a. Isso pode ser feito facilmente com uma bucha SPEEDI-SLEEVE SKF ou uma bucha de desgaste de diâmetro grande (LDSLV). Se não puder ser facilmente reparada, substitua o eixo.

Devido a vedações de eixo radiais serem tão comuns e desempenharem um papel tão importante na proteção dos rolamentos, do lubrificante e de outros componentes críticos contra contaminantes, este capítulo se limita a essas vedações, salvo especificação em contrário.

Do que lembrar

As vedações da SKF estão disponíveis em muitos tipos, projetos e variantes. As vedações radiais mais comuns estão listados abaixo:

- vedações radiais de metal com uma mola helicoidal
- vedações radiais de metal sem uma mola helicoidal
- vedações radiais com um diâmetro externo de borracha e uma mola helicoidal
- vedações radiais com um diâmetro externo de borracha, sem uma mola helicoidal

Quando substituir uma vedação, verifique se a vedação de reposição corresponde ao original em relação ao seguinte:

- tipo de vedação e projeto → **tabelas 1a e 1b)**
- material do lábio da vedação (→ **tabela 2, página 145)**

Para informações adicionais sobre ferramentas de montagem e instalação da SKF, visite www.mapro.skf.com.

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece uma abrangente gama de cursos de treinamento (→ *Treinamento*, iniciando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

O programa SKF Sealfinder da SKF, disponível online em www.skf.com, contém dados de vedações de aproximadamente 80 fabricantes ou distribuidores diferentes, para uma rápida referência cruzada.

AVISO: um simples erro de pedido pode resultar na falha prematura da vedação, por exemplo, uma vedação de borracha nitrílica poderia ser instalado em vez de uma vedação em fluorelastômero muito mais resistente à temperatura, embora o projeto no demais seja idêntico.

ADVERTÊNCIA:

Em temperaturas acima de 300 °C (570 °F) todos os fluorelastômeros e os compostos de PTFE liberam gases perigosos. Se houver contato com a pele ou se os gases forem inalados, procure imediatamente orientação médica.

Tabela 1a

Vedações radiais para aplicações industriais gerais

Tipo de vedação				Descrição
sem um lábio auxiliar		com um lábio auxiliar		
CRS1		CRSA1		Vedação de metal com uma mola helicoidal
CRSH1		CRSHA1		Vedações reforçadas de metal com uma mola helicoidal
CRW1		CRWA1		Vedação de metal com lábio de vedação SKF WAVE e uma mola helicoidal
CRWH1		CRWHA1		Vedação reforçado de metal com lábio de vedação SKF WAVE e uma mola helicoidal
CRW5		CRWA5		Vedação de metal com lábio de vedação SKF WAVE de perfil de pressão e uma mola helicoidal
HMS5		HMSA10		Vedação com diâmetro externo de borracha com uma mola helicoidal
HMS4		HMSA7		Vedação com diâmetro externo de borracha com uma mola helicoidal
SL SLX SLS DL		SLA DLA		Vedação de metal com lábio(s) de vedação de PTFE
YSLE YNSLE YSL				Vedação feita totalmente de PTFE com anel(anéis) O

Vedações radiais para aplicações industriais pesadas

Tipo de vedação
sem um lábio auxiliar

com um lábio auxiliar

Descrição

HDL



HDLA



Vedação de metal com uma mola helicoidal

HDS1
HDS2



HDSA1
HDSA2



Vedação de metal com uma mola helicoidal em uma ranhura SKF Springlock (HDS2 e HDSA2 também tem uma tampa SKF Springcover)

HDSB1
HDSB2



Vedação de metal com uma mola helicoidal em uma ranhura SKF Springlock (HDSB2 também tem uma tampa SKF Springcover)

HDSC1
HDSC2



Vedação de metal com uma mola helicoidal em uma ranhura SKF Springlock (HDSC2 também tem uma tampa SKF Springcover)

HDS3



Vedação de metal com uma mola helicoidal em uma ranhura SKF Springlock com uma tampa SKF Springcover e pinos espaçadores ajustáveis

HDS4



Vedação com diâmetro externo de borracha com uma mola helicoidal e pinos espaçadores moldados no corpo da vedação

HDS6



Vedação com diâmetro externo de borracha sem uma mola helicoidal, com pinos espaçadores moldados no corpo da vedação

HDS7



Vedação de metal sem uma mola helicoidal

HDSD1
HDSD2



Vedação de metal com dois lábios de vedação voltados em direções opostas, com molas de lâmina

HDSE1
HDSE2



Vedação de metal com dois lábios de vedação voltados na mesma direção, com molas de lâmina

HS4
HS5



Vedação inteiriço totalmente de borracha com uma mola helicoidal em uma ranhura SKF Springlock (HS5 também tem uma tampa SKF Springcover)

Tabela 1b, cont.

Vedações radiais para aplicações industriais pesadas				Tabela 1b, cont.
Tipo de vedação				Descrição
sem um lábio auxiliar	com um lábio auxiliar			
HS6 HS7 HS8				Vedação dividida totalmente de borracha com uma mola helicoidal em uma ranhura SKF Springlock (HS7 e HS8 também tem uma tampa SKF Springcover)
HSF1 HSF2 HSF3		HSF4		Vedação dividida com reforço de tecido com uma mola helicoidal
HSF5 HSF6 HSF7 HSF9		HSF8		Vedação inteiriça com reforço de tecido com uma mola helicoidal
SBF				Vedação com inserto de metal com uma mola helicoidal
R01-P R01-R		R02-P R02-R		Vedação com diâmetro externo de borracha com uma mola helicoidal
R01-AF R01-AS				Vedação com diâmetro externo de borracha com uma mola helicoidal

5

Tabela 2

Variantes de materiais de lábios de vedação SKF		
Sufixo de designação	Material do lábio da vedação	Exemplo de designação
R, RG H	Borracha de acrilonitrila-butadieno (NBR) Borracha de acrilonitrila-butadieno hidrogenada (HNBR)	CR 15X35X7 CRW1 R CR 420X470X20 HDS3 H
D	(DURATEMP) Borracha de acrilonitrila-butadieno carboxilada (XNBR) (SKF Duralip)	CR 240X280X16 HDS2 D
V	Fluorelastômero (FKM) (SKF Duralife) ¹⁾	CR 640X680X20 HDLV
T	Politetrafluoroetileno (PTFE)	CR 70X90X10 RD10 T

¹⁾ Informações importantes de segurança sobre fluorelastômero são fornecidas na **página 142**.

Kit para montagem de rolamentos SKF

O kit para montagem de rolamentos SKF pode ser utilizado para instalar vedações radiais com diâmetros externos de até 120 mm. O kit consiste em:

- 3 buchas de impacto, para distribuição uniforme de força, marcadas com a letra A, B ou C
- 36 anéis de impacto, marcados com a letra para a correspondente bucha de impacto e o diâmetro interno e externo do anel, por exemplo, B 25/52
- 1 martelo de baixo impacto

Preparativos antes da instalação

Para obter uma vedação confiável e atingir os melhores resultados, faça o seguinte:

- Verifique se as dimensões da vedação selecionada correspondem às do diâmetro do eixo e do furo da caixa de mancal.
- Verifique se a vedação selecionada pode resistir ao meio onde será utilizado, assim como às temperatura e velocidade de operação.
- Verifique se não há algum dano na vedação, por exemplo, amassados, arranhões ou cortes. Nunca use uma vedação danificada.
- Limpe cuidadosamente a vedação se ela estiver suja. Use água quente com sabão (não acima de 30 °C (85 °F)) e deixe a vedação secar à temperatura ambiente
- Chanfre ou arredonde o canto vivo do furo da caixa de mancal para evitar danos à superfície externa da vedação.
- O furo da caixa de mancal e a superfície de apoio do eixo devem atender aos requisitos dados pela SKF referentes à precisão dimensional e de forma, rugosidade e dureza.
- Todas as extremidades do eixo sobre as quais o lábio da vedação precisa passar devem ser chanfradas ou arredondadas.
- Aplique à vedação uma leve camada do lubrificante que será usado para a aplicação. Os lábios de vedações PTFE não devem ser pré-lubrificadas a não ser que sejam usados em aplicações que operam a seco.

Instalação de uma vedação radial em uma caixa de mancal

Ao instalar uma vedação no furo de uma caixa de mancal, a força de instalação deve ser aplicada o mais próximo possível do diâmetro externo da vedação. Portanto, a SKF recomenda utilizar um mandril em conjunto com uma prensa hidráulica (ou martelo).

AVISO: durante a instalação, verifique se a orientação do lábio da vedação está correta (→ **fig. 1**).

1). Quando a função primária da vedação é a de evitar contaminação, o lábio da vedação deve estar voltado para fora na direção dos contaminantes. Quando a função primária da vedação é a de reter lubrificante, o lábio da vedação deve estar voltada para dentro na direção do lubrificante.

Seguem abaixo os métodos de instalação sugeridos que dependem da aplicação e da posição da vedação:

- face traseira da vedação a ser assentada contra um ressalto ou um anel de retenção – use um mandril (→ **fig. 2**).
- a uma certa distância dentro de uma abertura – use um mandril com um encosto para posicionar a vedação adequadamente (→ **fig. 3**).
- nivelado com a parede do furo da caixa de mancal – use o kit de ferramentas de montagem de rolamentos da SKF (→ **fig. 4**). De outra maneira, cubra a vedação com uma placa de madeira ou plástico e bata levemente na vedação para dentro da sua posição com um martelo (→ **fig. 5**).

Fig. 1

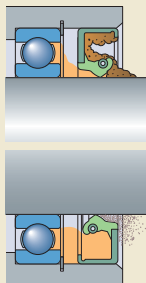


Fig. 2

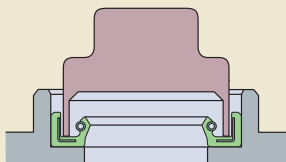


Fig. 5

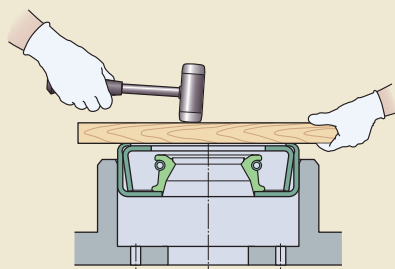


Fig. 3

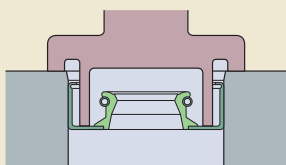


Fig. 6

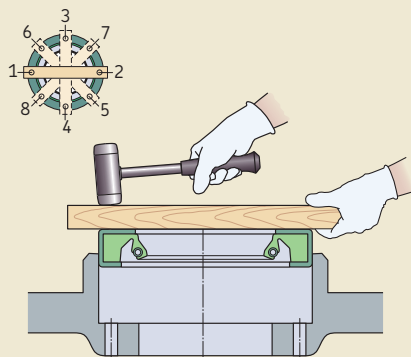


Fig. 4

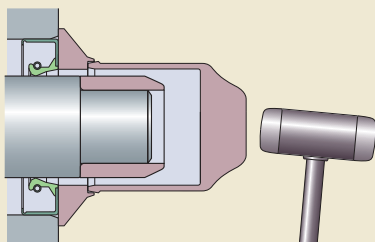


Fig. 7

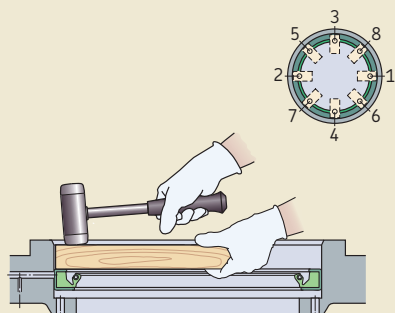
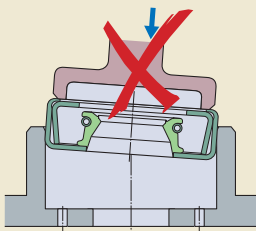


Fig. 8

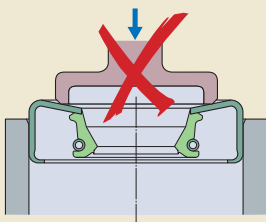


Se não estiver disponível uma ferramenta adequada para instalação de vedações grandes, a SKF recomenda o uso de um bloco de madeira (→ **fig. 6**) ou um disco metálico de montagem. Quando usar ferramentas alternativas, trabalhe uniformemente em torno da circunferência da vedação para evitar que a vedação incline ou torça. Se a vedação deve ficar rebaixada atrás da parede da caixa de mancal, deve ser usado um pedaço de madeira (**fig. 7**).

Ao instalar uma vedação dentro do furo de uma caixa de mancal:

- Verifique se a vedação e a ferramenta de instalação não estão em uma posição inclinada (→ **fig. 8**). Eles devem estar perpendiculares à caixa de mancal.
- Verifique se o diâmetro externo da ferramenta se estende até o diâmetro externo da vedação, senão haverá o risco de a vedação deformar ou distorcer (→ **fig. 9**).
- Nunca use um punção (→ **fig. 10**).
- Sempre bata na ferramenta de instalação levemente com um martelo.
- Nunca bata na vedação diretamente com nenhum tipo de martelo (→ **fig. 11**).

Fig. 9



AVISO: Use vedantes de forma moderada (para evitar contato com o lábio da vedação, superfície do eixo ou rolamento).

Fig. 10

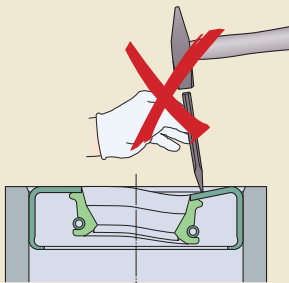
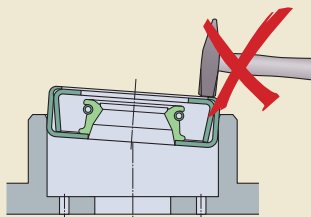


Fig. 11



Instalação de vedações que têm um lábio auxiliar

Ao instalar vedações de lábios duplos ou vedações que possuem um lábio auxiliar de contato, preencha o vão livre entre o lábio principal e o lábio auxiliar com uma graxa apropriada (→ **fig. 12**). Isso não se aplica a vedações de borracha de silicone ou vedações hidráulicos.

Instalação de uma vedação inteiriça totalmente de borracha

As vedações feitas totalmente de borracha podem ser instalados com a mão; não são necessárias ferramentas especiais. No entanto, após a instalação, a vedação deve ser fixada axialmente no furo da caixa de mancal por uma tampa de retenção (→ **fig. 13**).

Fig. 12

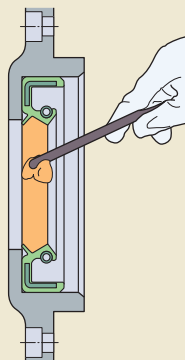
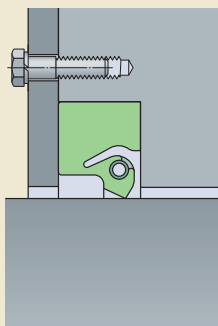


Fig. 13



Instalação de uma vedação radial em um eixo

Quando instalar uma vedação em um eixo, a SKF recomenda o seguinte:

- Cubra todas as ranhuras, rasgos de chaveta, furos transversais, estrias, roscas e todas as outras superfícies cortantes com uma capa protetora de parede fina ($< 0,5 \text{ mm}$) (→ **fig. 14**).
- Use uma bucha quando o ressalto de um eixo escalonado não estiver chanfrado ou arredondado (→ **fig. 15**).

A superfície externa das capas protetoras e buchas deve ser revestida com o mesmo lubrificante que a vedação e a superfície do eixo. A superfície externa e o chanfro de entrada da ferramenta de instalação devem estar totalmente livres de rebarbas ou cantos vivos.

Vedações radiais feitas de PTFE sempre devem ser instalados usando uma capa protetora ou bucha.

Se a caixa de mancal ou a máquina será pintada após as vedações serem instaladas, as vedações deverão ser protegidas contra a tinta. Discos recortados de papelão (→ **fig. 16**) podem ser usados.

Fig. 14

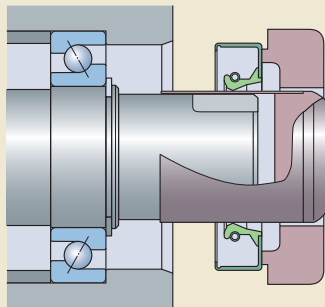


Fig. 15

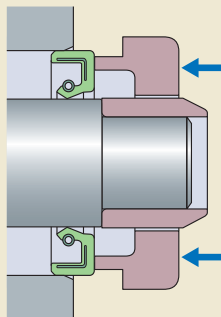


Fig. 16

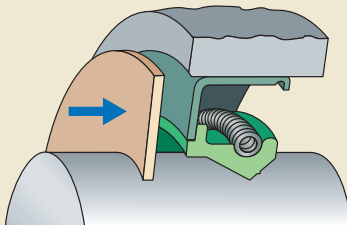
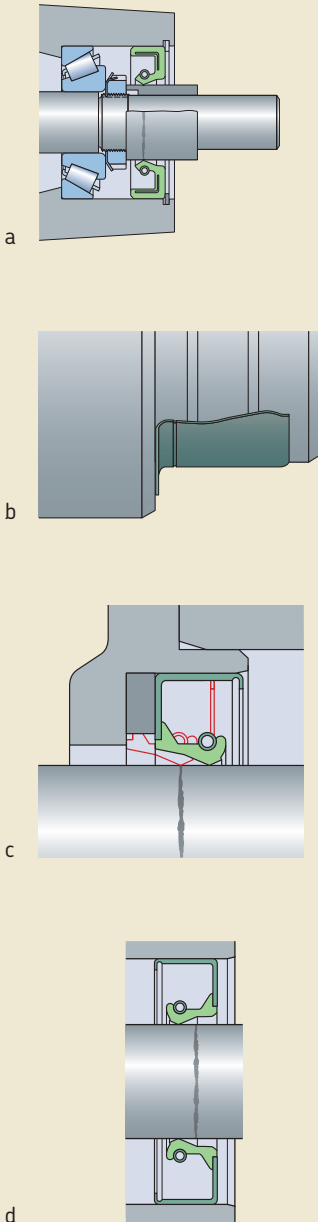


Fig. 17



Substituição de uma vedação radial

AVISO: Uma vez que uma vedação radial tenha sido removido de uma aplicação, ele nunca deve ser reutilizado.

Se a superfície de apoio da vedação apresentar algum sinal de desgaste ou dano, ela deve ser reparada. Existem várias maneiras de fazer isso (→ fig. 17):

- Retrabalhe a superfície de apoio do eixo; isso requer a remoção do eixo.
- Substitua o anel que serviu como uma superfície de apoio (**a**).
- Instale uma bucha SPEEDI-SLEEVE SKF (para diâmetros de eixo ≤ 203 mm) (**b**) ou uma bucha de desgaste de diâmetro grande (LDSLVL) (para diâmetros de eixo > 203 mm).
- Instale um anel espaçador no furo da caixa de mancal entre o ressalto da caixa de mancal e a vedação (**c**).
- Pressione a nova vedação até uma profundidade diferente no furo da caixa de mancal (**d**).

Quando aplicável, o lábio da vedação sempre deve ser deslocado em direção ao lado do meio a ser vedado **c**).

Ao escolher uma vedação de reposição, o projeto e o material devem corresponder aos do original. Em caso de dúvida, deve ser usada uma vedação de qualidade superior para assegurar que ele possa resistir às condições de operação.

Se uma vedação de mesmo projeto não estiver disponível na mesma largura do original, pode ser usada uma vedação um pouco mais estreita. Ou, se a profundidade do furo da caixa de mancal permitir, pode ser escolhida uma vedação um pouco mais largo como substituição.

Reparo de um eixo desgastado com uma luva de desgaste da SKF

Instalação de uma luva SPEEDI-SLEEVE SKF

As luvas de desgaste SPEEDI-SLEEVE SKF fornecem uma maneira rápida, fácil e barata de reparar as marcas de desgaste da vedação em um eixo. Essas luvas, que eliminam a necessidade de desmontar a máquina para enviar o eixo para reparo externo, podem reduzir significativamente os custos de reparo e de parada de máquina. Outra vantagem das luvas de desgaste SPEEDI-SLEEVE SKF é que o material só tem 0,28 mm de espessura.

Embora a instalação seja simples, ela deve ser feita com cuidado para se obter os melhores resultados (→ **fig. 18**).

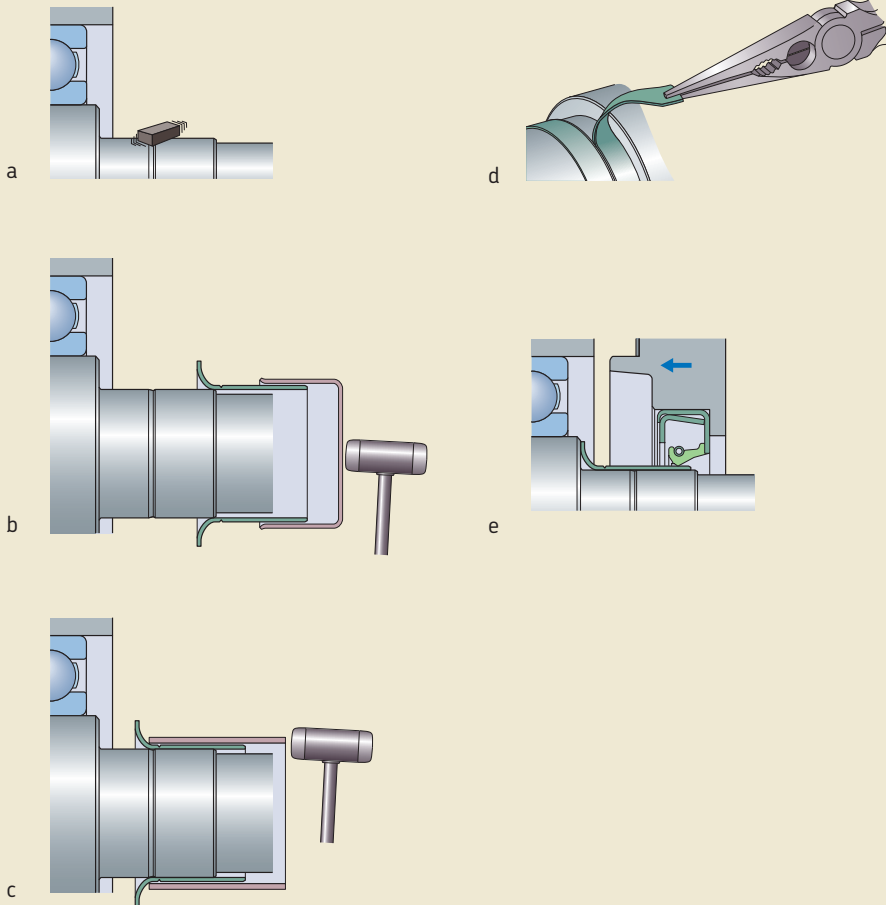
- 1 Limpe a superfície de apoio da vedação no eixo. Remova todas as rebarbas ou pontos ásperos (**a**) e verifique se a luva não será instalada sobre rasgos de chaveta, furos transversais, estrias ou similares.
- 2 Meça o diâmetro onde a luva será posicionada em uma parte não gasta do eixo. Meça em três posições e calcule a média das leituras (para verificar se o eixo está dentro das especificações recomendadas). Se o diâmetro médio estiver dentro da faixa de um determinado tamanho de luva, haverá um ajuste com pressão suficiente na luva para evitar que ela deslize ou gire sem a necessidade de usar adesivo.
- 3 Determine onde a luva precisa ser posicionada para cobrir as marcas de desgaste da vedação. Meça o ponto exato ou marque diretamente na superfície. A luva deve ser posicionada sobre a área desgastada, e não apenas encostada no fundo ou deixada alinhada com a extremidade do eixo.
- 4 Sulcos de desgaste rasos não exigem preenchimento. Opcionalmente, uma leve camada de vedante que não endureça pode ser aplicada à superfície do diâmetro interno da luva. Limpe o vedante que migrar para o eixo ou para a superfície do diâmetro externo da luva.

- 5 Se o eixo estiver profundamente sulcado preencha o sulco com um composto de enchimento do tipo pó metálico à base de epóxi. Instale a luva antes que o composto de enchimento endureça, permitindo que a luva remova todo o excesso do composto de enchimento. Limpe qualquer composto de enchimento que restar na superfície do diâmetro externo da luva.

AVISO: Nunca use calor para instalar uma SPEEDI-SLEEVE SKF!

- 6 Na maioria das vezes o flange pode ser deixado intacto, mas em aplicações onde o flange irá interferir com outros componentes, ele deve ser removido. Se for necessário removê-lo, corte-o perpendicularmente ao diâmetro externo em um lugar. A extremidade com flange da luva entra no eixo primeiro. Em seguida, coloque a ferramenta de instalação sobre a luva (**b**).
- 7 Bata de leve no centro da ferramenta de instalação, até que a luva cubra a superfície gasta. Se a ferramenta de instalação for muito curta, um pedaço de tubo ou cano com uma ponta cortada no esquadro e sem rebarbas (**c**) pode ser utilizado. O diâmetro interno do tubo deve ser igual ao da ferramenta de instalação. Tome cuidado para não arranhar o diâmetro externo da luva, que é retificado com precisão.
- 8 Uma SPEEDI-SLEEVE SKF sempre deve ser instalada de forma que a borda externa da luva esteja assentada em todo o diâmetro do eixo para evitar que a borda cortante danifique a vedação durante a instalação.
- 9 Se o flange foi cortado para remoção, use um alicate de ponta comprida para segurar o flange afastado da superfície da vedação (**d**) e torça-o em uma espiral, tomando o cuidado de não elevar a extremidade da luva do eixo ou deixará uma borda dentada. A remoção do flange deve ser feita com cuidado para evitar danos ao diâmetro externo da luva.
- 10 Após a luva ser instalada, verifique novamente se há rebarbas que possam danificar a vedação.
- 11 Lubrifique a luva com o fluido do sistema antes de instalar a vedação.
- 12 Continue com a instalação da vedação.
- 13 Comece a montar a nova vedação seguindo as instruções mencionadas acima ou monte novamente a tampa de fechamento com uma vedação nova (**e**).

Fig. 18



5

Instalação de uma luva de desgaste de diâmetro grande

As luvas de desgaste de diâmetro grande da SKF (LDSL) são projetadas para uma instalação de ajuste de deslizamento a quente (expansão da luva). A luva deve ser aquecida uniformemente até aproximadamente 180 °C (355 °F) antes da instalação no eixo, usando equipamento adequado como um aquecedor de indução da SKF.

AVISO: não aqueça a luva até temperaturas acima de 200 °C (390 °F).

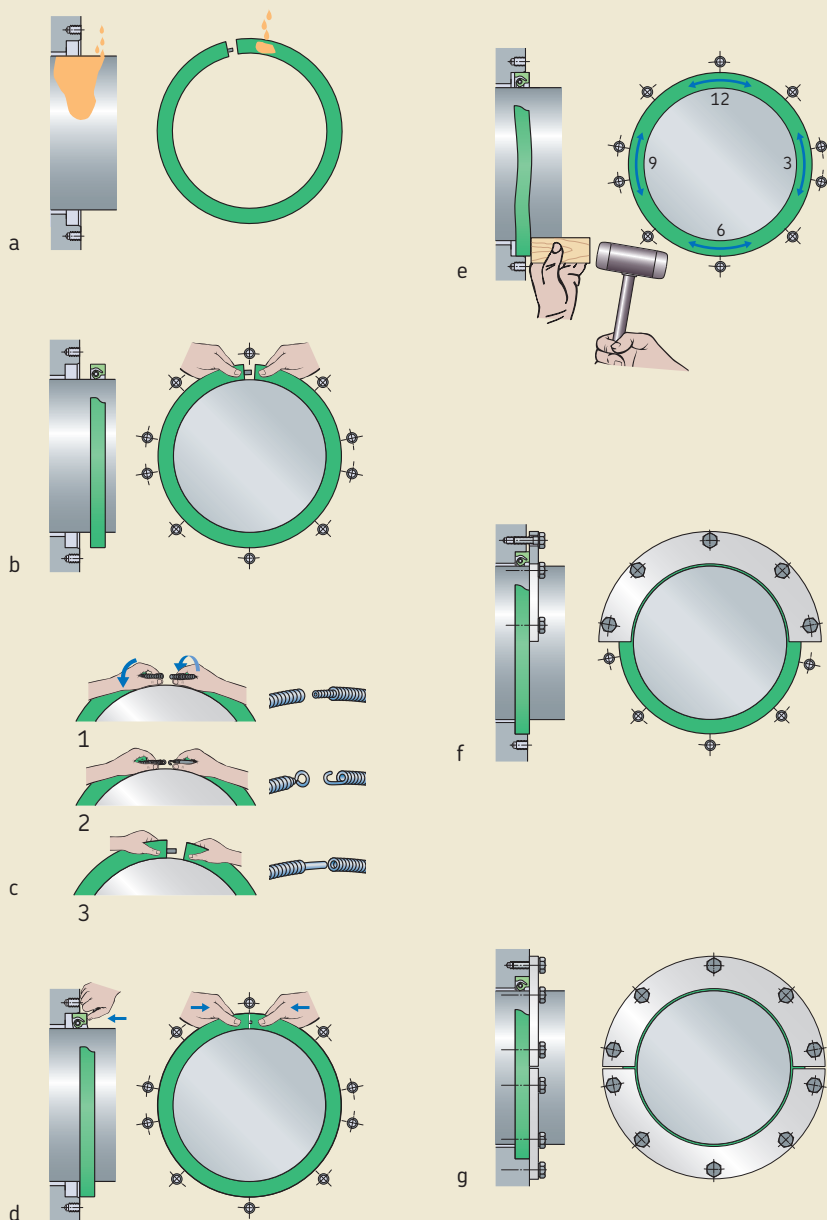
A luva deve ser instalada imediatamente após o aquecimento, pois ela esfria rapidamente e pode travar no eixo, antes que a posição correta seja alcançada. Se a luva necessitar reposicionamento, tome cuidado para não danificar o diâmetro externo ou o chanfro de entrada.

Instalação de uma vedação dividida grande totalmente de borracha

Ao instalar uma vedação dividida totalmente de borracha na série HS6, HS7 e HS8 ou uma vedação dividida com reforço de tecido na série HSF1, HSF2, HSF3 e HSF4, siga estas instruções (→ **fig. 19**).

- 1** Quando apropriado, insira a mola na ranhura SKF Springlock e posicione a conexão da mola de maneira que ela esteja deslocada em relação à junção da vedação.
 - 2** Aplique uma leve camada de lubrificante aos lábios e à superfície de apoio da vedação (**a**). Use o mesmo lubrificante que será usado para lubrificar a aplicação.
 - 3** Verifique se o lábio da vedação está voltado para direção correta (**b**).
 - 4** Una as duas extremidades da mola helicoidal:
 - Para molas com conectores do tipo com rosca (**c1**), aplicável para vedações das séries HSF1, HSF2, HSF3 e HSF4, gire as extremidades para juntá-las. Insira uma extremidade na outra e rosqueie até a posição.
 - Para molas com conectores de gancho e olhal (**c2**), aplicáveis para vedações da série HS6 e para maioria das vedações da série HS8, puxe as extremidades da mola para juntá-las e insira o gancho no olhal. Não estique demais a mola porque isso pode prejudicar o desempenho da vedação.
 - Para molas com conectores com fio de controle (**c3**), aplicáveis para vedações da série HS7, puxe as extremidades da vedação para juntá-las. Em seguida, insira o fio de controle na outra extremidade da mola. Não estique demais a mola porque isso pode prejudicar o desempenho da vedação.
 - 5** Posicione a junção da vedação no eixo de maneira que ela fique na posição de 12 horas e empurre a vedação em sua junção para dentro do furo da caixa de mancal (**d**).
 - 6** Empurre o restante da vedação até sua posição, iniciando nas posições de 3 e 9 horas (**e**), terminando simultaneamente nas posições de 6 e 12 horas. Para diâmetros de eixo de 1 200 mm ou acima, é preferível fixar a vedação nas posições de 12, 3, 6 e 9 horas, antes de posicionar as seções restantes da vedação.
- AVISO:** nunca insira somente uma extremidade da vedação e enrole a parte restante da vedação em torno do eixo. A vedação irá esticar, tornando a instalação no furo da caixa de mancal difícil ou mesmo impossível.
- 7** Empurre a vedação para dentro do furo da caixa de mancal usando um pequeno bloco de madeira, até que ele faça contato com o ressalto da caixa de mancal (**e**).
 - 8** Verifique a vedação, particularmente na junção.
 - 9** Instale a tampa de fechamento (**f** e **g**). Aperte uniformemente os parafusos de fixação, até que a tampa de fechamento encoste na face da caixa de mancal.

Fig. 19



Instalação de arruelas de vedação de borracha

Arruelas de vedação de borracha – com ou sem arruela de vedação sintética (→ **fig. 20a**) – sempre devem ser dispostas conforme mostrado na **fig. 21a** de forma que o efeito de bombeamento dos discos fique em direção oposta ao rolamento. Se as arruelas espaçadoras (→ **fig. 20b**) são destinadas a facilitar a relubrificação, uma arruela espaçadora deve ser instalada adjacente ao anel interno e outra adjacente ao anel externo (→ **fig. 21b**).

- 1 Preencha o espaço livre entre as duas arruelas com graxa com propriedade de boa exclusão à água e inibidora de oxidação, por exemplo, SKF LGMT 2.
- 2 Aplique uma leve camada de graxa às superfícies do furo e superfícies externas das arruelas.
- 3 Coloque o conjunto de arruelas na posição inicial. Verifique se a face lateral da arruela da caixa de mancal encosta no anel externo do rolamento (→ **fig. 21b**).
- 4 Pressione o conjunto de arruelas para dentro do furo da caixa de mancal e no eixo simultaneamente, usando uma ferramenta contra-estampa ou ferramenta similar que encoste as duas arruelas (→ **fig. 22**). Verifique se as arruelas não estão inclinadas.
- 5 Onde diversos conjuntos de arruelas deverão ser instalados adjacentes um ao outro, instale o primeiro conjunto, antes de instalar o próximo.

Fig. 20

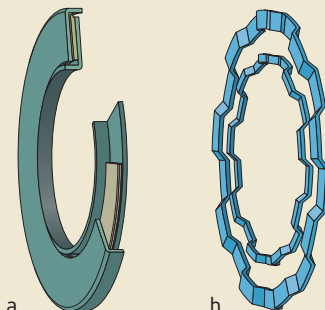


Fig. 22

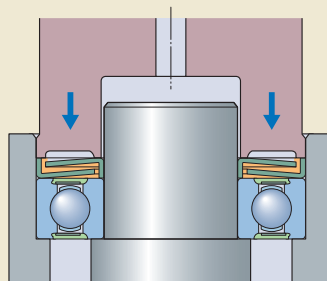
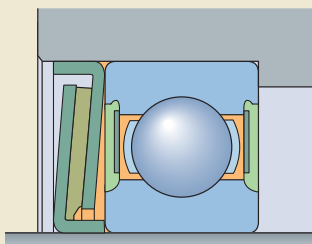
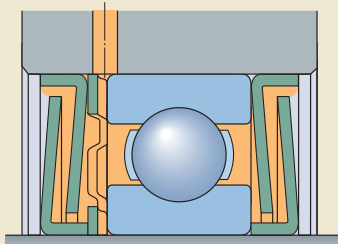


Fig. 21

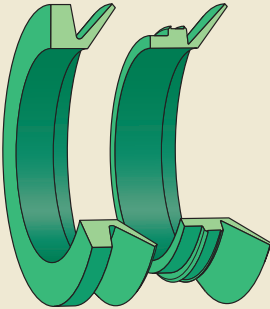


a



b

Fig. 23



Instalação de uma vedação V-ring

Vedações V-ring (→ **fig. 23**) são elásticas e podem ser esticadas sobre outros componentes, tornando a instalação simples e fácil (→ **fig. 24**). Em casos onde muitos anéis V-ring do mesmo tamanho devem ser instalados, ferramentas de instalação simples (→ **fig. 25**) podem ser usadas para empurrar a vedação até uma profundidade pré-determinada.

Ao instalar uma vedação V-ring, verifique se ela se ajusta uniformemente em torno do eixo e se a largura ajustada, da superfície de apoio até o lado traseiro da vedação V-ring, está dentro das tolerâncias especificadas.

Fig. 24

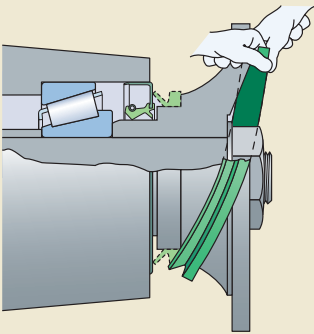
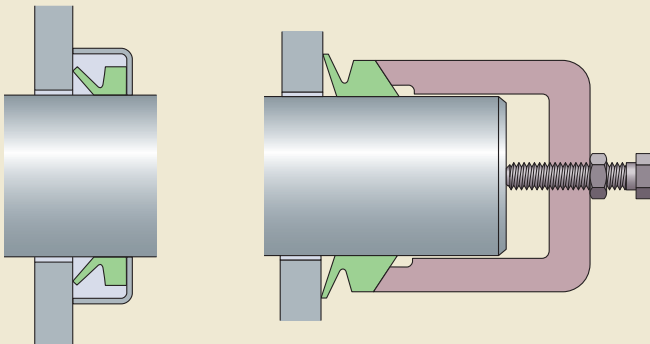


Fig. 25





Alinhamento

Introdução	160	Alinhamento de correias	176
Instalação e alinhamento da máquina ..	161	Tipos de desalinhamento de correia	176
Qualidade da fundação	161	Tolerâncias de alinhamento de correias. . .	176
Objetivos do alinhamento	161	Métodos de alinhamento de correias.	176
Pé manco.	162	Métodos tradicionais de alinhamento de	
Tipos de pé manco.	162	correias	176
Verificação da existência de pé manco .	162	Métodos de alinhamento a laser de	
Calçamento	163	correias	176
Calços para máquinas	163		
Elementos do SKF Vibracon SM.	164		
Calços rígidos de aço personalizados. . .	164		
Resina epóxi	165		
Aperto de parafusos	166		
Torque de aperto e pré-carga de			
montagem.	166		
Ferramentas de aperto	166		
Alinhamento de eixos	167		
Tipos de desalinhamento.	167		
Convenções de medição	167		
Máquinas estacionárias e móveis	167		
Parâmetros de alinhamento	168		
Posições de medição	168		
Tolerâncias de alinhamento de eixos	169		
Métodos de alinhamento de eixos	170		
Métodos tradicionais de alinhamento			
de eixos	170		
Métodos com relógio comparador.	170		
Métodos de alinhamento a laser			
de eixos	172		
O processo de alinhamento	173		
Alinhamento de alinhamento de			
acionamento por eixo cardan	175		
Tolerâncias do alinhamento de			
acionamento deslocado.	175		
Métodos de alinhamento de acionamento			
deslocado.	175		
Métodos de alinhamento a laser de			
acionamento deslocado.	175		

Introdução

O alinhamento de transmissões e máquinas acionadas é uma atividade importante durante a instalação inicial e manutenção. O alinhamento da máquina é crucial para evitar danos prematuros nos rolamentos e danos subsequentes em outros componentes. O custo do alinhamento apropriado de máquinas é pequeno, em relação ao aumento dos custos de manutenção se uma peça crítica do equipamento falhar.

O alinhamento é necessário para:

- eixos
- acionamentos deslocados, por exemplo, eixos cardan
- acionamentos por correia (polias)
- rolos e cilindros, por exemplo, máquinas de fabricação de papel

Os principais procedimentos empregados para alinhamento de eixos, acionamentos deslocados e correias estão apresentados neste capítulo.

Os benefícios de um alinhamentos preciso incluem:

- vida útil do rolamento estendida
- vida útil da vedação estendida
- vida útil do acoplamento estendida
- intervalos de manutenção estendidos
- melhoria na eficiência energética
- menores níveis de vibração e tensões

Para obter informações adicionais sobre alinhamento de eixos, acionamentos deslocados e correias, assim como informações sobre alinhamento de rolos e cilindros, visite www.aptitudexchange.com ou www.skf.com.

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece uma abrangente gama de cursos de treinamento de técnicas de alinhamento (→ *Treinamento*, iniciando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

Ferramentas de alinhamento de eixos e correias, assim como calços para máquinas, estão disponíveis em Produtos de manutenção da SKF (→ **Apêndice K, página 419**). Para informações adicionais, visite www.mapro.skf.com.

A SKF possui equipes experientes de serviços de alinhamento. Para informações adicionais, visite www.skf.com/services.

Instalação e alinhamento da máquina

O correto alinhamento de transmissões e máquinas acionadas depende muito da qualidade da instalação da máquina. Uma instalação ideal contribui para um processo de alinhamento rápido e fácil com resultados precisos.

Para atingir uma instalação ideal, diversos aspectos merecem ser considerados:

- qualidade da fundação
- objetivos do alinhamento
- pé manco
- calçamento
- aperto de parafusos

Qualidade da fundação

O principal elemento ao instalar uma máquina é proporcionar uma fundação que suporte e mantenha o alinhamento entre componentes em condições dinâmicas. Tanto para a instalação de uma máquina nova como para o realinhamento de uma máquina existente, a SKF recomenda o seguinte:

- 1 Inspeção a fundação quanto a trincas, deterioração ou danos nos furos de parafusos e repare se necessário.
- 2 Remova calços e cunhas existentes. Se não estiverem danificados, inspecione-os quanto à corrosão e limpe-os, se necessário, antes da reutilização.
- 3 Remova toda corrosão, tinta ou óleo da superfície de montagem da fundação.
- 4 Substitua todos os parafusos de fixação existentes que estiverem oxidados ou que apresentem danos na rosca.
- 5 Verifique a planicidade da fundação com um laser. A planicidade deve estar dentro do grau de tolerância IT7.

OBSERVAÇÃO: Todo trabalho de reparo deve ser concluído, antes de iniciar quaisquer procedimentos de alinhamento!

Objetivos do alinhamento

Os componentes da máquina aquecem e expandem durante a operação (→ **fig. 1**). Isso é cha-

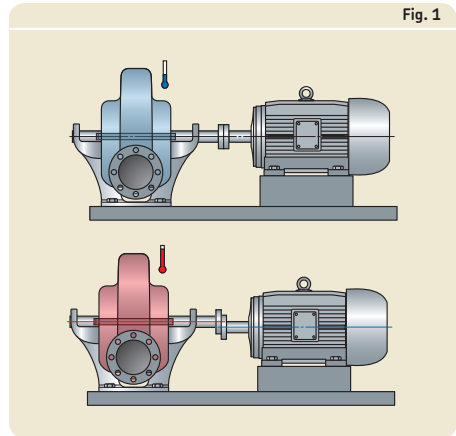


Fig. 1

mado de dilatação térmica e depende do material e da temperatura da máquina.

Geralmente, os projetistas de máquinas calculam a dilatação térmica e os parâmetros específicos de alinhamento para compensá-la. Esses parâmetros normalmente são fornecidos como valores de deslocamento de acoplamento ou valores de ajuste nos pés da máquina.

Além de quaisquer instruções dadas pelos projetistas de máquinas, a SKF recomenda alinhar as máquinas quando estão em temperatura estável em relação à fundação, carcaças e temperatura ambiente. Antes de iniciar o alinhamento, a diferença de temperatura entre as carcaças da máquina e suas fundações não deve exceder 10 a 15%. Verifique, também, se os objetivos do alinhamento levam em consideração a temperatura real (já que muitas vezes são baseados em uma temperatura ambiente assumida).

Pé manco

Pé manco (→ **fig. 2**) refere-se a uma condição em que a máquina não se apoia solidamente na sua fundação. Pé manco normalmente é causado por:

- fundações danificadas, especialmente aquelas que estão trincadas
- estruturas de base da máquina deformadas ou danificadas que se apoiam somente em parte de sua superfície
- calçamento errado

Tipos de pé manco

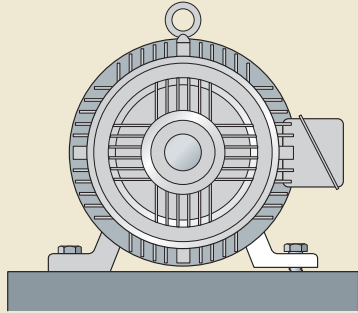
Há dois tipos de pé manco (→ **tabela 1**)

- pé manco paralelo
- pé manco angular

Uma condição de pé manco torna impossível o alinhamento vertical, já que a máquina pode se mover durante o estágio de alinhamento de precisão. Apertar os parafusos de fixação para compensar o pé manco pode deformar a carcaça da máquina, causando alinhamento inadequado que pode resultar em falha prematura de rolamentos.

Tanto pé manco paralelo como pé manco angular pode ser resolvido, usando-se elementos SKF Vibracon SM. Para obter informações adicionais, consulte *Calçamento*, iniciando na **página 163**.

Fig. 2



Verificação da existência de pé manco

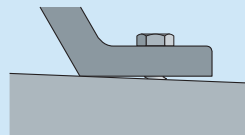
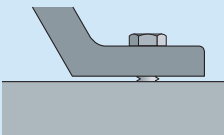
Verificar se há pé manco, é melhor realizado utilizando-se calibradores de folga e registrando quatro valores de pé manco. Com este método, os valores e o tipo de pé manco podem ser determinados com boa precisão.

Para determinar se há um problema grave de pé manco, a SKF recomenda utilizar métodos a laser.

Para obter informações adicionais, consulte a seção relevante *Alinhamento de eixos*, iniciando na **página 167** ou *Alinhamento de correias*, iniciando na **página 176**.

Tabela 1

Tipos de pé manco



Descrição

Pé manco paralelo

O pé da máquina é paralelo à estrutura da base da máquina, mas não se apoia nela. Também conhecido com "pé curto".

Correção

Remova o vão livre adicionando calços.

Use elementos SKF Vibracon SM para preparar a superfície de montagem para a máquina (→ *Elementos SKF Vibracon SM*, **página 164**).

Pé manco angular

Somente uma parte do pé da máquina se apoia na estrutura da base da máquina. Também conhecido com "pé em ângulo".

Ajuste o ângulo ou adicione um calço personalizado (cunha).

Use elementos SKF Vibracon SM para preparar a superfície de montagem para a máquina (→ *Elementos SKF Vibracon SM*, **página 164**).

Calçamento

Calçamento é o método usado para preencher o espaço livre entre a superfície de apoio e a estrutura da base da máquina. Dispositivos para calçamento incluem:

- calços para máquinas
- niveladores ajustáveis de aço, por exemplo, elementos SKF Vibracon SM (→ **fig. 3**)
- calços rígidos de aço personalizados
- resina epóxi

O processo de calçamento varia dependendo do tipo de calço selecionado. Alguns calços são projetados para estabelecer um plano de montagem adequado para novas instalações ou aplicações de reparo. Outros são usados para corrigir pé manco na preparação para realinhamento de uma máquina existente.

Calços para máquinas

Calços para máquinas são elementos finos de alinhamento usados para ajustar com precisão a altura geral de uma máquina ou para compensar pé manco paralelo. Os calços são encaixados entre os pés da máquina e a superfície de apoio (→ **fig. 4**).

A SKF recomenda usar calços de aço inoxidável laminado com resistência suficiente e a capacidade de resistir à corrosão por diversos meios. Calços feitos de materiais inapropriados como cobre ou latão geralmente são muito macios e sofrerão deformação plástica. Isso causa frouxidão e leva a possíveis problemas de alinhamento, ao longo do tempo.

A SKF fornece calços para máquinas na série TMAS em cinco tamanhos diferentes, cada um com dez espessuras diferentes (**tabelas 2a e 2b, página 164**) para parafusos de fixação com até 52 mm de diâmetro. Esses calços pré-cortados de rasgo único são feitos de aço inoxidável laminado de alta qualidade e são fabricados com tolerâncias justas para um alinhamento preciso. Os calços são fornecidos em conjuntos de dez, cada um marcado individualmente com a sua espessura.

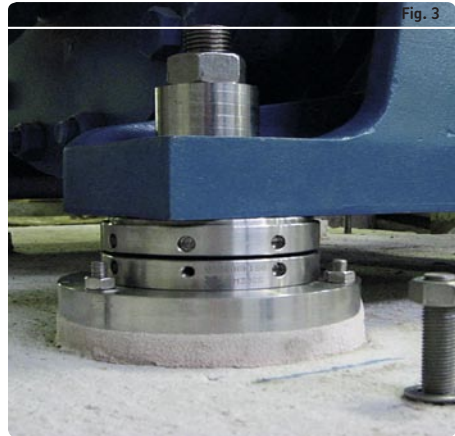


Fig. 3

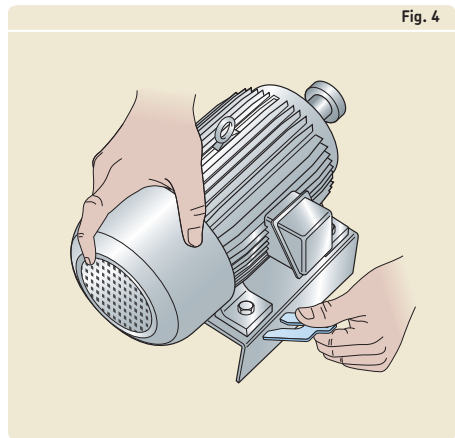


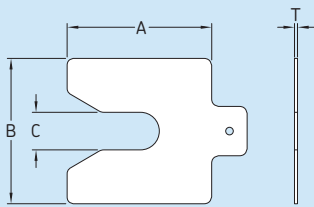
Fig. 4

6

AVISO: Onde possível, use somente um calço. Não empilhe mais que três calços. Caso contrário, o número de superfícies em contato é aumentado, influenciando o alongamento recomendado dos parafusos. Para obter informações adicionais sobre parafusamento, consulte *Aperto de parafusos* na **página 166**.

Tabela 2a

Calços para máquinas SKF série TMAS



Designação ^{1) 2)}	Dimensões		C	T ²⁾
	A	B		
—	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 calços por conjunto
2) xxx refere-se à espessura do calço (→ tabela 2b)

Tabela 2b

Espessura do calço

Designação	Dimensão T	Tolerâncias
—	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

Elementos do SKF Vibracon SM

Elementos SKF Vibracon SM são unidades universais de aço com altura ajustável prontas para montar, que fornecem um bom plano de montagem, especialmente em casos em que pé manco pode ser um problema.

Elementos SKF Vibracon SM padrão (→ fig. 5) são fabricados em dois projetos para parafusos de fixação de 12 até 65 mm de diâmetro:

- SKF Vibracon original (a)
- SKF Vibracon perfil baixo (a)

AVISO: Elementos SKF Vibracon SM não são projetados para elevar máquinas! Nesses casos, a SKF recomenda o uso de cilindros hidráulicos de baixa altura ou macacos.

Instruções detalhadas para instalar elementos SKF Vibracon SM são fornecidas com os elementos.

Calços rígidos de aço personalizados

Calços rígidos de aço personalizados (elementos com rasgo) somente devem ser usados em aplicações de reparo e em condições onde:

- a altura de ajuste é baixa demais para elementos SKF Vibracon SM
- a altura de ajuste é alta demais para calços de máquinas
- na presença de pé manco angular

O projeto e o tamanho de calços personalizados (→ fig. 6) dependem das condições de aplicação, por exemplo, peso da máquina e tipo de fundação.

Resina epóxi

Resina epóxi é usada principalmente para alinhar máquinas de propulsão. A resina epóxi normalmente é fundida entre a fundação e a estrutura da base da máquina (→ **fig. 7**) e é adequada para ajustes de altura na faixa de 15 a 100 mm.

Resinas apropriadas têm um período de cura relativamente curto, boa resistência à compressão e boa resistência à extrusão e choques térmicos. A SKF recomenda usar Epocast 36, um epóxi de duas partes, como material base.

Para obter informações adicionais sobre resinas epóxi, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Fundição de resina epóxi

Limpe toda tinta e sujeira da área da superfície de apoio. Faça sulcos na superfície de apoio, criando rebaixos. Fazer furos rasos em vários ângulos na superfície de apoio, produz o mesmo resultado. Isso fixa o epóxi na fundação.

Coloque a bucha na posição através do pé da máquina e para dentro da fundação. Construa uma barragem de madeira compensada ou espuma em torno do pé da máquina, usando calafetador para vedar entre a barragem e a superfície de apoio. Aplique agente separador na bucha, estrutura da base da máquina e na barragem. Preencha a barragem com resina, até que esteja diretamente acima da parte inferior do pé.

Fig. 5



a) SKF Vibracon original



b) SKF Vibracon perfil baixo

6

Fig. 6

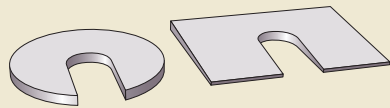
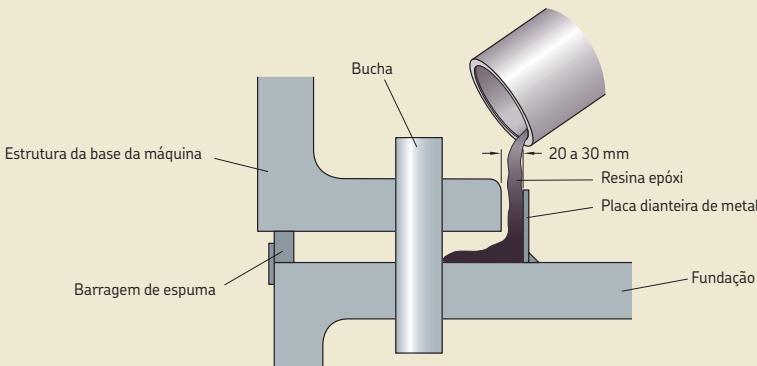


Fig. 7



Aperto de parafusos

Aplicar o valor de torque correto em um parafuso durante a instalação da máquina é extremamente importante. Valores de torque inadequados podem levar ao movimento da máquina durante a operação. Isso pode causar desalinhamento do eixo, o que eventualmente irá levar a danos prematuros nos rolamentos e outros componentes.

Geralmente, o projetista da máquina não determina os valores de torque. Se esses não forem disponibilizados pelo proprietário da máquina, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Torque de aperto e pré-carga de montagem

Os parafusos de fixação devem ser apertados até uma tensão máxima de 75% da resistência ao escoamento.

Ferramentas de aperto

Todos os parafusos e porcas devem ser apertados com um torquímetro de precisão (em pelo menos dois estágios) ou com um tensor hidráulico de parafusos. Para parafusos grandes, a SKF recomenda utilizar tensores hidráulicos HYDROCAM (→ fig. 8), sempre que possível. Estes tensores permitem a instalação precisa dos parafusos sem a necessidade de um torquímetro. Os tensores também fornecem uma pré-carga uniforme do conjunto ou alongamento uniforme dos parafusos.

AVISO: Apertar os parafusos com ferramentas manuais é impreciso e não fornece resultados reprodutíveis.

Tensores hidráulicos de parafusos HYDROCAM

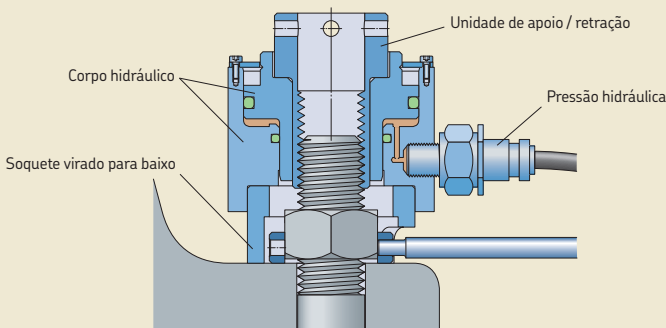
Os tensores hidráulicos HYDROCAM são adequados para apertar parafusos que têm uma extremidade saliente acima da porca de aperto. Uma tensão é aplicada ao parafuso por meio de um corpo hidráulico anelar colocado em sua volta. O parafuso é submetido somente a uma carga de tração axial.

A porca livre de tensões então é girada para baixo com muito pouco esforço e não transmite nenhum torque para o parafuso. Quando é aliviada a pressão do fluido no tensor, a maior parte da carga hidráulica no tensor é transferida para a porca, e o aperto está concluído.

Para obter precisão ideal, a SKF recomenda realizar tração do parafuso e girar a porca para baixo duas vezes.

Para obter informações adicionais sobre tensores hidráulicos HYDROCAM, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Fig. 8



Alinhamento de eixos

Todos os eixos, retos ou deslocados, giram em torno de um eixo chamado centro de rotação. Em qualquer aplicação de transmissão de potência, a transferência de energia mais eficiente ocorre quando dois eixos conectados são colineares, ou seja, quando os centros de rotação dos eixos formam uma única linha reta em condições normais de operação. Qualquer desvio desse estado colinear é chamado de desalinhamento.

Os benefícios de eixos adequadamente alinhados incluem:

- cargas induzidas nos rolamentos minimizadas, que resultam na mais longa vida útil dos rolamentos
- desgaste reduzido nas correias, polias, acoplamentos e vedações, o que resulta em intervalos de manutenção estendidos
- redução das perdas por atrito e dos níveis de ruído e vibração, o que resulta em aumento da eficiência de energia
- curvatura reduzida do eixo, o que resulta em níveis mais baixos de vibração e tensões

Tipos de desalinhamento

Há dois tipos principais de desalinhamento de eixos (→ fig. 9):

- deslocamento (ou radial) do alinhamento (a)
- desalinhamento angular (b)

Na prática, os dois tipos de desalinhamento geralmente existem simultaneamente.

Procedimento para alinhamento

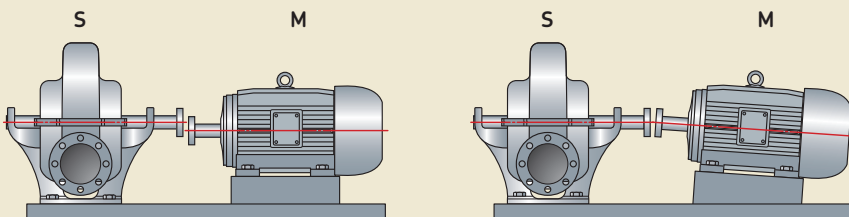
Máquinas estacionárias e móveis

Ao alinhar duas máquinas, uma é designada como máquina estacionária (S) e a outra, a máquina móvel (M) (→ fig. 9). Na maioria dos casos, a máquina estacionária é a unidade acionada. Correções então são feitas na máquina móvel, normalmente um motor.

Em alguns casos, é necessário mover ambas as máquinas. Por exemplo, quando a máquina móvel está limitada pela base ou parafuso, a máquina estacionária é movida levemente para permitir a correção de precisão da máquina móvel.

6

Fig. 9



a) Desalinhamento radial (paralelo)

O desalinhamento radial (paralelo) é o desvio entre centro de rotação dos eixos, medido no plano de transmissão de potência da unidade de acionamento para a unidade acionada (medida no acoplamento em milímetros). A direção do deslocamento sempre deve ser especificada.

b) Desalinhamento angular

O desalinhamento angular é a diferença entre as inclinações dos eixos da unidade de acionamento e da unidade acionada. Uma tolerância angular expressa em mm / 100 mm pode ser aplicada para todos os eixos, independentemente do diâmetro do acoplamento.

Alinhamento

Parâmetros de alinhamento

O desalinhamento é medido em dois planos (→ **fig. 10**):

- horizontal (lado a lado, ao longo do eixo x)
- vertical (para cima e para baixo, ao longo do eixo y)

Cada plano de alinhamento tem componentes de deslocamento e de ângulo, desta forma, na realidade há quatro parâmetros de desalinhamento a serem medidos e corrigidos:

- deslocamento horizontal
- angularidade horizontal
- deslocamento vertical
- angularidade vertical

Posições de medição

Para definir as diversas posições de medição durante o processo de alinhamento, é utilizada uma analogia com um relógio, conforme visto quando se olha para a máquina estacionária (S) por detrás da máquina móvel (M), (→ **fig. 11**). A posição com as unidades de medida em pé é definida como a posição 12 horas, enquanto 90° à esquerda e à direita são definidos como a posição de 9 e 3 horas respectivamente. A posição 6 horas é oposta à posição 12 horas (não mostrado).

Como mostrado na **fig. 12**, medições realizadas no plano vertical, ou seja, na posição de 12 ou 6 horas, são usadas para determinar o desalinhamento vertical (**a**). Desalinhamento vertical é qualquer desalinhamento, quando visto pela lateral que é corrigido pela execução de ajustes de altura nos pés dianteiro e traseiro da máquina móvel.

Fig. 10

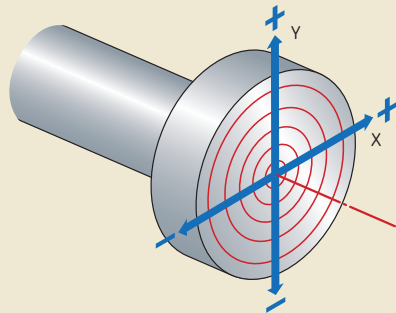


Fig. 11

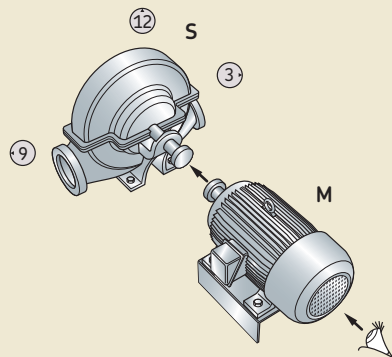
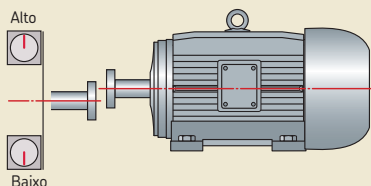
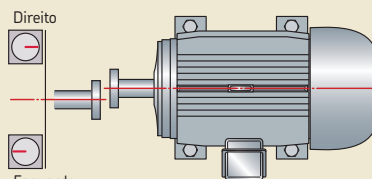


Fig. 12



a) Desalinhamento vertical



b) Desalinhamento horizontal

Medições realizadas no plano horizontal, ou seja, na posição de 9 ou 3 horas, são usadas para determinar o desalinhamento horizontal (b). Desalinhamento horizontal é qualquer desalinhamento, quando visto de cima que é corrigido deslizando-se lateralmente a máquina móvel.

Tolerâncias de alinhamento de eixos

As tolerâncias de alinhamento de eixos são baseadas com mais frequência na velocidade rotacional do eixo do que no diâmetro do eixo ou nas especificações do fabricante do acoplamento.

O projetista da máquina é responsável por especificar a precisão necessária de alinhamento. No entanto, se nenhuma especificação estiver disponível, as tolerâncias fornecidas na **tabela 3** normalmente são aceitas. Essas tolerâncias não estão especificamente relacionadas com o tipo de rolamento, tamanho da máquina, velocidade de acionamento ou tipo de equipamento e devem ser usadas somente como uma diretriz.

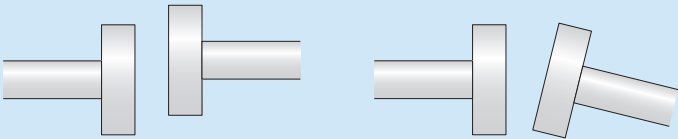
Para compensar a dilatação térmica, os fabricantes de equipamentos podem publicar valores de deslocamento térmico que levam em consideração o crescimento térmico durante o ali-

nhamento inicial. Eles também levam em consideração outros fatores para o objetivo do alinhamento. Por exemplo, para o alinhamento horizontal de um eixo em um redutor de engrenagens, o arranjo do redutor de engrenagens e as funções dos diversos componentes podem ser usados para determinar se o objetivo é dependente de um componente específico.

OBSERVAÇÃO: O alinhamento preciso do eixo geralmente se torna mais crítico com o aumento da velocidade.

Tabela 3

Diretrizes para tolerâncias de alinhamento de eixos



Velocidade de rotação		Tolerâncias ¹⁾			
sobre	incl.	Desalinhamento radial (paralelo)		Desalinhamento angular	
		Excelente	Aceitável	Excelente	Aceitável
r/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⁾ As tolerâncias variam dependendo do tipo de rolamento, tamanho da máquina e outros fatores de projeto.

Métodos de alinhamento de eixos

Existem vários métodos para alinhar os eixos de duas máquinas. Alguns dos principais métodos de alinhamento de eixos são comparados na **tabela 4** e descritos nas **páginas 170 a 173**.

A SKF recomenda usar tecnologia laser sempre que possível.

OBSERVAÇÃO: Durante o alinhamento, medições podem ser realizadas na extremidade do eixo ou diâmetro externo do acoplamento. Por motivo de simplicidade. Para obter informações sobre parâmetros de alinhamento e posições de medição, consulte *Procedimento para alinhamento*, iniciando na **página 167**.

Métodos tradicionais de alinhamento de eixos

Métodos tradicionais de alinhamento são rápidos, mas muitas vezes imprecisos. Com esses métodos são usadas ferramentas mecânicas como réguas, fitas métricas, fios, barbantes, calibradores de folga, medidores de nível e cones calibrados.

Métodos com relógio comparador

Relógios comparadores são usados para dois métodos fundamentais de alinhamento → **fig. 13**):

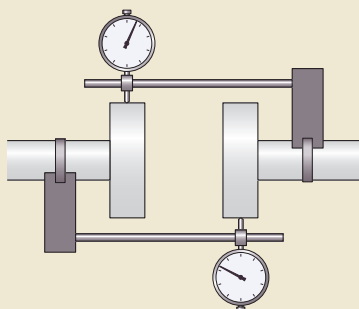
- método de reverso (**a**)
- método de diâmetro-face (**b**)

O método de borda reversa é preferível porque é um método de alinhamento de eixos “verdadeiro”. Com esse método, são utilizados dois relógios comparadores para realizar medições nas bordas dos dois meio acoplamentos para determinar o deslocamento de eixo entre a máquina estacionária e a móvel.

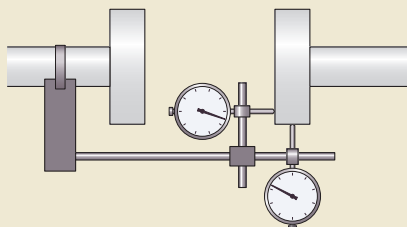
Com o método borda-face, é realizado um conjunto de medições na borda do meio acoplamento para determinar o deslocamento do eixo. O outro conjunto de medições é realizado na face do meio acoplamento para determinar a angularidade do eixo.

AVISO: tome cuidado para não perder uma volta completa do mostrador!

Fig. 13



a) Método reverso



b) Método de diâmetro-face

Tabela 4

Métodos de alinhamento de eixos				
Tipo	Método	Uso	Vantagens	Desvantagens
Tradicional	Régua	Alinhamento grosseiro	Equipamento simples Leituras diretas Relativamente rápido	Impreciso As leituras dependem da aproximação a olho nu e a precisão da face do acoplamento São necessárias várias repetições
	Relógio comparador	Alinhamento de precisão, quando equipamento a laser não está disponível	Boa precisão O alinhamento é executado com todos os elementos de acoplamento no lugar Medições de deslocamento e angularidade podem ser realizadas ao mesmo tempo	Necessita de habilidades especializadas Demanda tempo São necessários cálculos de ajuste
	Diâmetro-face	Verificação do batimento radial do eixo Alinhamento de precisão, quando equipamento a laser não está disponível	Boa precisão Adequado para acoplamentos grandes e onde o espaço é limitado	Necessita de habilidades especializadas Demanda tempo São necessários cálculos de ajuste
Laser	Laser	Alinhamento de precisão	Preciso para medições de ângulo e em distâncias curtas Valores calculados pelo equipamento automaticamente	Método suscetível a folga posterior ao mover as máquinas não acopladas É necessária uma nova medição após cada movimentação, já que a referência é perdida
	Laser duplo, por exemplo, utilizando ferramentas de alinhamento de eixos da SKF	Alinhamento de precisão para grandes e pequenos eixos e para a medição de distâncias de até 10 m	Precisão excelente Exibe valores de alinhamento em tempo real e correções atualizadas conforme a máquina é ajustada Facilita o alinhamento em longas distâncias	Quanto menor a distância entre as unidades de medição, menor se torna a precisão das medições de alinhamento angular

Alinhamento

Métodos de alinhamento a laser de eixos

Equipamentos de alinhamento a laser tornam o alinhamento de eixos mais rápido e mais preciso que qualquer outro método.

Há dois tipos de sistemas a laser utilizados para alinhamento:

- sistema com laser único
- sistema com laser duplo

O sistema com laser único possui um único feixe de laser e um detector eletrônico com um alvo único ou duplo. O sistema com laser duplo usa um emissor laser e uma unidade de detecção, e está baseado no método reverso com relógio comparador.

Equipamentos que utilizam um sistema com laser duplo, como as ferramentas de alinhamento de eixo da SKF (→ **fig. 14**), são enfaticamente recomendados.

AVISO: não permita atividades de soldagem próximo do equipamento de alinhamento a laser ou da máquina onde o laser está fixado. Isso pode danificar os diodos laser e o circuito eletrônico.

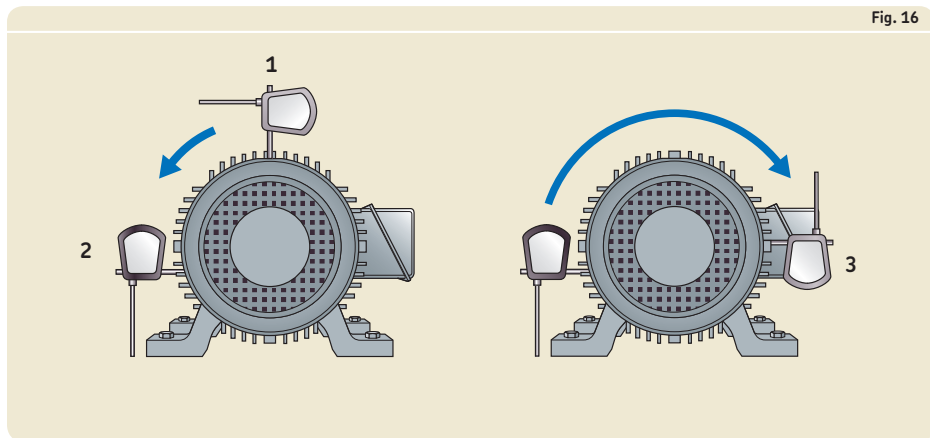
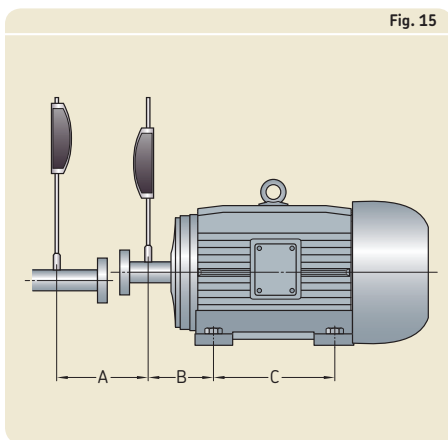
Método com laser duplo utilizando ferramentas de alinhamento de eixos da SKF

Verificar o alinhamento utilizando ferramentas de alinhamento de eixos da SKF é muito simples e realizado com facilidade. O processo normalmente consiste em:

- fixação das unidades de medição no eixo



Fig. 15



- conexão da unidade do mostrador
- medição das distâncias A, B e C (→ **fig. 15**) e inserção dos valores na unidade do mostrador
- ajuste das unidades de medição
- determinação do ajuste dos pés da máquina pela realização de medições com o feixe laser em três posições diferentes 1, 2 e 3 (→ **fig. 16**)
- uso de calços para fazer os ajustes necessários

Instruções detalhadas para o uso das ferramentas de alinhamento de eixos da SKF são fornecidas com o equipamento.

AVISO: as leituras de sistemas a laser são afetadas por variáveis como calor, luz e vibração. Para confirmar o alinhamento, a SKF recomenda realizar as medições novamente, utilizando as etapas acima.

O processo de alinhamento

O processo de alinhamento é muito importante. A SKF recomenda um processo com vários estágios (→ **fig. 17**) projetado para garantir a qualidade dos resultados finais.

1. Preparativo

O preparativo é um estágio importante no processo de alinhamento porque permite que as atividades de alinhamento sejam realizadas sem dificuldades. A definição do problema, escopo inicial de trabalho, instruções condicionais e responsabilidades de tarefas devem ser claramente definidos.

O resultado do estágio de preparação é que toda informação conhecida é claramente registrada em uma ficha de trabalho e todas as ferramentas e materiais necessários para as atividades de inspeção estão disponíveis no local.

2. Inspeção

O objetivo da inspeção é o de coletar todos os dados que descrevem a condição “como está” da máquina. Exemplos de atividades típicas de inspeção incluem:

- Inspeção da superfície de apoio e estrutura da base da máquina.
- Medição de pé manco.
- Medição do batimento radial dos dois eixos.
- Estabelecimento de qual unidade é a estacionária e qual unidade é a móvel.
- Seleção do método de medição de alinhamento e preparação do equipamento de medição.

Para obter informações adicionais sobre essas atividades, consulte *Instalação e alinhamento da máquina*, iniciando na **página 161**.

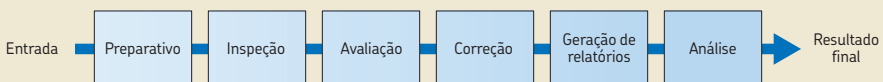
3. Avaliação

Compare a condição “como está” com a condição “desejada” da máquina e deixe com que as pessoas responsáveis tomem a decisão sobre as ações apropriadas para os desvios medidos.

OBSERVAÇÃO: Alguns desvios não serão corrigidos imediatamente após o estágio de avaliação. É importante reter as informações para essas descobertas, para que possam ser utilizadas para iniciar ações corretivas no futuro. Uma avaliação de risco adicional pode ser realizada para justificar alguma demora na ação corretiva.

O resultado do estágio de avaliação é uma decisão clara para cada resultado, autorizada pela pessoa responsável, sobre quais ações corretivas devem ser tomadas e a razão por trás de cada decisão. Cada tarefa está definida e todas as ferramentas e materiais necessários estão disponíveis no local.

Fig. 17



AVISO

Para minimizar a chance de acidentes pessoais graves, antes de fazer qualquer correção, execute os procedimentos de bloqueio/identificação necessários.

4. Correção

Faça as correções iniciais para minimizar o espaço e melhorar a precisão das medições do alinhamento de precisão.

Durante o alinhamento grosseiro, o objetivo é alinhar as linhas de centro dos eixos da máquina o suficiente para permitir uma medição de alinhamento de precisão. Não existem regras para o quanto a medição do alinhamento grosseiro deve ser. Em geral, em torno de 1 mm de deslocamento vertical e horizontal e em torno de 0,1 mm / 100 mm de angularidade vertical e horizontal são considerados “grosseiros”. Para atingir esses requisitos, pode ser usado um dos métodos tradicionais de alinhamento (→ *Métodos tradicionais de alinhamento de eixos*, **página 170**).

Para atingir a precisão necessária para o alinhamento dos eixos, a SKF recomenda o uso de um sistema de alinhamento a laser (→ *Métodos de alinhamento a laser de eixos*, iniciando na **página 172**). Onde um equipamento a laser não está disponível, podem ser usados relógios comparadores.

OBSERVAÇÃO: a operação de teste da máquina é uma parte importante da correção de alinhamento. A medição final deve ser realizada, após a operação de teste para verificar se não são necessárias correções adicionais. Uma verificação de conformidade é enfaticamente recomendada.

A SKF recomenda verificar o alinhamento de eixos de equipamentos recentemente instalados, após três a seis meses de operação. Isso é devido à “acomodação” das superfícies de apoio, e/

ou de cunhas/calços. Em geral, o alinhamento de eixos deve ser verificado anualmente.

5. Geração de relatórios

As informações reunidas durante o estágio de correção normalmente não estão em um formato utilizável. Portanto, é necessário um estágio de geração de relatórios.

O objetivo do estágio de geração de relatórios é desenvolver um documento claro, sem ambiguidade, contendo todos os dados relevantes (em um formato adequado) necessários para fazer análises adicionais. O tempo que levou para concluir o alinhamento e os recursos utilizados, assim como qualquer desvio dos procedimentos padrão devem ser incluídos.

6. Análise

No estágio final do processo de alinhamento, é analisada a comparação entre a condição “como está” e a condição “desejada” da máquina. O histórico da máquina (relatórios e especificações anteriores), assim como os benchmarks da máquina (ou outros dados comparáveis) podem ser usados para tirar conclusões sobre a causa raiz de quaisquer desvios.

A análise é uma oportunidade para identificar melhorias adicionais e realizar uma análise de custo-benefício para o futuro.

Alinhamento de acionamento por eixo cardan

Em um acionamento deslocado, a potência é transferida da unidade de acionamento para a unidade acionada por um eixo intermediário deslocado. Frequentemente chamado de eixo cardan, um acionamento deslocado normalmente possui uma junta universal em cada extremidade do eixo.

O arranjo de eixo cardan mais comum é a configuração Z (→ **fig. 18**), usado normalmente no setor de fabricação de papel.

Por que acionamentos deslocados devem ser alinhados com precisão?

Trata-se de um conceito errôneo comum de que acionamentos deslocados podem tolerar erros de alinhamento e portanto não precisam ser alinhados com precisão. Ao contrário, acionamentos deslocados mal alinhados podem levar a maiores níveis de vibração, perda de energia, desgaste prematuro e até a falha total por cisalhamento.

Para compensar esses resultados indesejados, acionamentos deslocados necessitam ângulos de deflexão iguais nas juntas e alinhamento de precisão do eixo de acionamento e do acionado.

Tolerâncias do alinhamento de acionamento por eixo cardan

A precisão de um procedimento de alinhamento a laser de um acionamento deslocado depende da face do acoplamento da máquina estacionária, ou seja, a retangularidade entre a face e o centro rotacional. Normalmente, um desalinhamento angular dentro de 0,50 mm / 1 000 mm é aceitável. Isso é atingível na maioria das circunstâncias, desde que não existam condições de limitação pela base ou parafusos.

Métodos de alinhamento de acionamento por eixo cardan

No alinhamento de acionamentos deslocados, é importante a correção do desalinhamento angular, enquanto o deslocamento radial (paralelo) é irrelevante.

Há diversos métodos para medir o alinhamento de acionamentos deslocados. Métodos tradicionais de alinhamento, como réguas, não

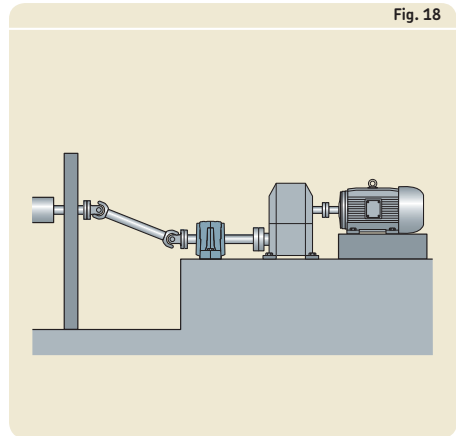


Fig. 18

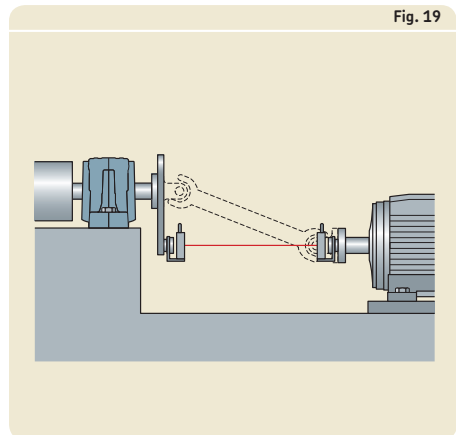


Fig. 19

podem fornecer o nível de precisão necessário. A SKF recomenda usar tecnologia laser, sempre que possível.

Métodos de alinhamento a laser de acionamento deslocado

O truque para alinhar acionamentos deslocados é cancelar o deslocamento criando um centro rotacional virtual “simulado”, paralelo ao eixo acionado (→ **fig. 19**).

O alinhamento bruto é atingido usando um kit de fixação de eixo cardan e uma ferramenta de alinhamento de eixos com laser duplo adequada.

Instruções detalhadas para o uso de equipamento de alinhamento a laser são fornecidas com o equipamento.

Alinhamento de correias

O alinhamento de correia ou, mais precisamente, alinhamento de polias, é uma atividade principal de manutenção. Quando as polias não estão adequadamente alinhadas, são induzidas cargas adicionais. O objetivo do alinhamento de polias é de alinhar o sulco da polia de acionamento com o da polia acionada de forma que as correias operem com mínimo desgaste.

Os benefícios de correias adequadamente alinhadas incluem:

- vida útil prolongada de correias e rolamentos
- níveis de vibração e ruído reduzidos
- economia de energia

Tipos de desalinhamento de correia

Se os sulcos das polias não estão alinhados um com o outro, as correias estão desalinhadas. Há três tipos de desalinhamento de correia (→ **tabela 5**)

Na prática, podem existir mais de um tipo de desalinhamento de correia ao mesmo tempo.

AVISO: a menos que o desalinhamento da correia seja corrigido, uma correia nova não durará mais do que aquela que ela substituiu!

Tolerâncias de alinhamento de correias

Os fabricantes de correias normalmente recomendam um desalinhamento de ângulo horizontal de 1,0 até 0,25°. Essa precisão só pode ser atingida com ferramentas de alinhamento de precisão como um equipamento laser.

Métodos de alinhamento de correias

Há duas maneiras de alinhar polias: Tradicional e a laser. Os principais métodos de alinhamento de correias são comparados na **tabela 6** e descritos abaixo.

A SKF recomenda usar tecnologia laser, sempre que possível.

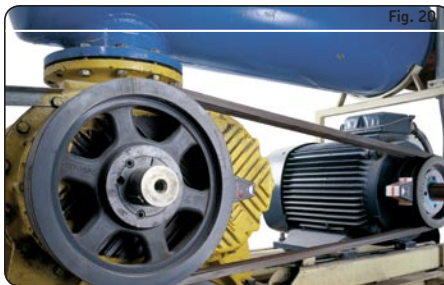


Fig. 20

Métodos tradicionais de alinhamento de correias

Métodos tradicionais de alinhamento são rápidos, mas muitas vezes imprecisos. Com esses métodos são usadas ferramentas mecânicas como réguas, fitas métricas, fios, barbantes, calibradores de folga, medidores de nível e cones calibrados.

Métodos de alinhamento a laser de correias

Em contraste com ferramentas tradicionais de alinhamento de correias, equipamentos a laser permitem que as medições e ajustes sejam feitos com incrível precisão.

As ferramentas de alinhamento de correias a laser estão agrupadas de acordo com as partes das polias que estão sendo alinhadas:

- os sulcos das polias
- as faces das polias

Sistemas a laser que alinham os sulcos das polias, como a ferramenta de alinhamento de correias da SKF (→ **fig. 20**), fornecem precisão superior que aqueles que alinham as faces das polias. Alinhar o sulco das polias também é preferível porque polias de diferentes espessuras, marcas, tipos ou qualidade da face também podem ser alinhadas com precisão.

Instruções detalhadas para o uso da ferramenta de alinhamento de correias da SKF são fornecidas com o equipamento.

Tabela 5

Tipos de desalinhamento de correia

			
Descrição	Desalinhamento do ângulo vertical (torcido) Os eixos da polia de acionamento e o da polia acionada estão paralelos, mas uma das polias está torcida no plano vertical	Desalinhamento do ângulo horizontal Os eixos das polias de acionamento e acionada não estão paralelos	Desalinhamento paralelo Os eixos das polias de acionamento e acionada estão paralelos, mas uma das polias está muito para frente (ou para trás)
Causa	A máquina móvel está posicionada incorretamente no plano vertical	A máquina móvel está posicionada incorretamente no plano horizontal	A máquina móvel está posicionada incorretamente Uma das polias está ajustada de forma incorreta em seu eixo
Correção	Ajuste a altura dos pé dianteiros ou traseiros da máquina móvel	Deslize a parte dianteira ou a parte traseira da máquina móvel lateralmente	Mova a máquina móvel para frente ou para trás Mova uma das polias para frente ou para trás ao longo do eixo

6

Tabela 6

Métodos de alinhamento de correias

Tipo	Método	Uso	Vantagens	Desvantagens
Tradicional	Régua	Alinhamento grosseiro	Equipamento simples	Impreciso
	Comprimento do barbante/fio		Leituras diretas Relativamente rápido	As leituras dependem da aproximação a olho nu e da precisão da face da polia São necessárias várias repetições
Laser	Alinhamento da face	Alinhamento bruto	Boa precisão	A precisão depende da qualidade da face da polia São alinhadas as faces e não os sulcos
		Alinhamento de precisão	Também usado para correias de sincronização Não são necessárias habilidades especializadas	
	Alinhamento dos sulcos, por exemplo, utilizando-se a ferramenta de alinhamento de correias da SKF	Alinhamento de precisão	Alta precisão Não são necessárias habilidades especializadas Todas as três condições de desalinhamento são monitoradas simultaneamente As correções são acompanhadas em tempo real	Nenhuma



Lubrificação

Introdução	180	Lubrificação a óleo.	203
Gestão de lubrificação	180	O que há em um óleo?	203
Inspeção, manuseio e descarte de lubrificantes.	181	Óleo base.	203
Graxa em comparação com óleo	182	Aditivos	203
Lubrificantes alternativos	182	Viscosidade do óleo	203
Lubrificação a graxa	183	Como selecionar um óleo adequado	203
O que há em uma graxa?	183	Processo de seleção de óleo	204
Óleo base.	183	Ferramentas adicionais de seleção de óleo.	207
Espessante	183	Sistemas de lubrificação a óleo	207
Aditivos	184	Tipos de sistemas de lubrificação a óleo.	207
Como a graxa funciona em rolamentos	184	Manutenção de sistemas de lubrificação a óleo.	207
Interpretação das folhas de dados de graxas	184	Óleos para corrente	209
Propriedades das graxas	185	Compatibilidade de óleos.	210
Graxas e condições de operação de rolamentos	187	Análise do óleo.	210
Testes de desempenho de graxas	188	Amostragem de óleo	210
Seleção de uma graxa adequada	189	Contaminação e filtragem	211
Ferramentas de seleção de graxa	189	Produtos de lubrificação a óleo da SKF	212
Como lubrificar rolamentos e componentes associados na instalação inicial	189	Sistemas de lubrificação centralizados	213
O melhor momento para aplicar graxa	189	Seleção do lubrificante adequado	213
A quantidade correta	190	Tipos de sistemas de lubrificação centralizada.	213
Técnicas de lubrificação na montagem.	191	Sistemas de lubrificação de perda total.	214
Amaciamento de rolamentos lubrificados com graxa	191	Sistemas de lubrificação por circulação.	214
Relubrificação	192		
Intervalos de relubrificação	192		
Procedimentos para relubrificação	194		
Renovação	198		
Compatibilidade de graxas.	200		
Compatibilidade entre graxas	200		
Compatibilidade entre graxas e materiais de rolamentos	202		
Compatibilidade entre graxas e protetivos de rolamentos da SKF.	202		
Produtos de lubrificação com graxa da SKF.	202		

Introdução

Para otimizar a vida útil de um arranjo de rolamentos, a quantidade correta de um lubrificante adequado deve ser fornecida no momento certo. Assim como uma quantidade insuficiente de lubrificante irá afetar negativamente o desempenho do rolamento, também o fará uma quantidade excessiva. Nos dois casos, o resultado pode ser o mesmo: falha prematura do rolamento e alto custo da parada de máquina.

A lubrificação inadequada causa aproximadamente 36% de todas as falhas de rolamentos. Isso inclui falhas causadas pelo seguinte:

- seleção inadequada do lubrificante
- lubrificante insuficiente
- excesso de lubrificante
- intervalos de lubrificação inadequados
- lubrificante não chega ao rolamento devido a projeto inadequado do arranjo dos rolamentos, montagem incorreta da máquina ou tubulação entupida

Adicione a isso as falhas de rolamentos causadas por fornecimento de lubrificante contaminado, e a porcentagem de falhas de rolamentos relacionadas à lubrificação salta para até 50%.

Lubrificação eficaz e boas práticas de lubrificação podem ajudar a reduzir significativamente falhas prematuras de rolamentos e paradas de máquina. Para atingir esse objetivo, a SKF oferece uma abrangente variedade de lubrificantes e sistemas de lubrificação, assim como programas para ajudar na seleção de lubrificantes e determinar intervalos de relubrificação.

Neste capítulo, somente é apresentada lubrificação de rolamentos. Para obter informações sobre lubrificação de outros tipos de rolamentos, visite www.skf.com/bearings ou entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Para obter informações adicionais sobre produtos e ferramentas de manutenção e lubrificação da SKF, visite www.skf.com/lubrication e www.mapro.skf.com.

Para obter informações sobre os programas SKF LuBase, DialSet e o SKF Lubrication Planner, visite www.skf.com/lubrication ou www.apitudexchange.com.

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece uma abrangente gama de cursos de treinamento em lubrificação → *Treinamento*, iniciando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

Gestão de lubrificação

Em uma instalação onde pode haver centenas e talvez milhares de pontos de lubrificação, as coisas podem se tornar confusas. Mas mesmo quando somente alguns pontos de lubrificação estão envolvidos, é importante organizar e documentar todas as informações relacionadas à lubrificação e implementar um detalhado programa de gestão de lubrificação. Fatores que devem ser levados em consideração incluem:

- fornecimento e armazenagem de lubrificantes
- recursos: equipamento e mão de obra
- cronogramas e roteiros de lubrificação
- análise e monitoramento de lubrificantes
- lubrificação automática em comparação com lubrificação manual

O SKF Lubrication Planner, disponível em www.skf.com/lubrication, é um software fácil de usar que fornece todos os recursos básicos, necessários para projetar e gerenciar adequadamente um plano de lubrificação.

Inspeção, manuseio e descarte de lubrificantes

Inspeção de lubrificantes

Independentemente da data de fabricação, graxas e óleos devem ser verificados visualmente, antes da utilização.

Para graxa, verifique se há separação anormal de óleo e qualquer sinal de bolor, água ou descoloração.

Para óleo, verifique se há alguma água ou descoloração. Se o óleo parecer turvo, isso normalmente quer dizer que está contaminado com água.

OBSERVAÇÃO: Quando inspecionar visualmente graxa, lembre-se que alguma separação de óleo é normal.

Práticas recomendadas de manuseio de lubrificantes

Procedimentos adequados de manuseio de lubrificantes são muito importantes. A SKF recomenda fazer o seguinte:

- Limpe as bordas dos reservatórios de lubrificantes, antes de abri-los para evitar a entrada de contaminantes.
- Use reservatórios limpos ao descartar lubrificantes.
- Use ferramentas profissionais.

AVISO: O contato direto com produtos à base de petróleo pode causar reações alérgicas! Leia as fichas de informações de segurança de produtos químicos, antes de manusear lubrificantes e use sempre luvas de proteção.

Fichas de informações de segurança de produtos químicos

As fichas de informações de segurança de produtos químicos (MSDS) fornecem informações essenciais sobre as propriedades físicas e químicas de um lubrificante. Elas também apresentam precauções recomendadas e procedimentos de controle de exposição.

OBSERVAÇÃO: As fichas de informações de segurança de produtos químicos para graxas de rolamentos da SKF estão disponíveis on-line em www.mapro.skf.com.

Descarte de lubrificantes

O descarte inadequado de lubrificantes pode ser perigoso à comunidade e ao meio ambiente. Descarte todos os lubrificantes, de acordo com as leis nacionais e locais e regulamentos de boas práticas de segurança ambiental.

Graxa em comparação com óleo

Graxa é o lubrificante mais amplamente usado para rolamentos porque possui muitas vantagens sobre o óleo e normalmente tem uma melhor relação custo-benefício.

Menos de 20% dos rolamentos são lubrificados com óleo.

É essencial que o lubrificante corresponda à aplicação e condições de operação, mas também é importante considerar o método de fornecimento do lubrificante, instalação e manutenção. Ao escolher entre lubrificação com graxa e lubrificação com óleo, muitos fatores devem ser levados em consideração (→ **tabela 1**).

Lubrificantes alternativos

Em algumas aplicações, óleo sólido pode proporcionar benefícios que graxa ou óleo sozinhos não podem proporcionar. *Solid Oil* é uma matriz de polímero saturada com óleo lubrificante, que preenche completamente o espaço livre em um rolamento. *Solid Oil* foi desenvolvido especificamente para aplicações onde lubrificação convencional anteriormente não tem tido êxito ou não pode ser implementada, por exemplo, em arranjos de rolamentos com acessibilidade limitada.

Muitos rolamentos da SKF, assim como unidades de rolamento, podem ser fornecidos com

Tabela 1

Comparação de seleção entre graxa e óleo			
Critérios de seleção		Vantagens/desvantagens	
		Graxa	Óleo
Aplicação e condições de operação	Componentes associados	Rolamentos e componentes associados precisam ser mantidos separados	Rolamentos e componentes associados podem ser lubrificados com o mesmo óleo (onde apropriado)
	Solução de vedação	Aumenta a eficiência da vedação de compartimentos	Nenhuma vantagem de vedação
	Temperatura de operação	Nenhuma vantagem de resfriamento Limitações de temperatura de operação	Auxilia no resfriamento Adequado para altas temperaturas de operação
	Fator de velocidade	Limitações de velocidade	Adequado para altas velocidades de operação
	Orientação do eixo	Adequado para eixos verticais	Normalmente não adequado para rolamentos radiais em eixos verticais
	Compatibilidade com alimentos	Baixo risco de contaminação por vazamento	Somente devem ser usados óleos para alimentos, devido ao risco de vazamento
Instalação e manutenção	Instalação	Rápida Relativamente barata	Demanda tempo Caro (necessário bombas, banhos etc.)
	Retenção de lubrificante e vazamento	Facilmente retido em caixas de mancal de rolamentos	Quantidade de lubrificante facilmente controlada Vazamento provável
	Inspeção	Difícil de inspecionar durante operação	Deve manter o nível de óleo
	Aplicação do lubrificante	Normalmente fácil de aplicar	Demanda tempo
	Troca de lubrificante	Difícil remover toda a graxa, mas não é um problema se as graxas são compatíveis	Fácil para drenar completamente e preencher reservatórios
	Controle de contaminação	Difícil de controlar contaminação	Pode ser filtrado e recondicionado
	Controle de qualidade	Difícil de monitorar	Fácil de monitorar

Solid Oil. Os rolamentos são identificados pelo sufixo de designação W64.

Em aplicações de temperaturas extremas, como fornos de reaquecimento e estufas, as altas temperaturas podem causar o derretimento ou evaporação dos lubrificantes normais. Para esses ambientes desafiadores, a SKF fornece duas alternativas de lubrificantes secos:

- rolamentos com um composto lubrificante sólido à base de grafite, indicados pelos sufixos VA201, VA210 ou VA2101
- rolamentos com uma gaiola de sacrifício em grafite, indicados pelos sufixos VA208 ou VA228

OBSERVAÇÃO: Rolamentos preenchidos com Óleo sólido, grafite sólida ou pasta de grafite não necessitam relubrificação.

Lubrificação a graxa

O que há em uma graxa?

Graxa pode ser descrita como “óleo engrossado”. A graxa de rolamentos normalmente é uma suspensão de óleo base em um espessante, mais aditivos. Variando esses ingredientes, é possível produzir várias graxas diferentes para uma ampla variedade de aplicações.

Óleo base

O óleo base constitui de 70 a 95% da graxa e pode ser classificado em uma de três categorias:

- mineral
- sintético
- natural

Óleos base minerais são produtos refinados de petróleo. Os óleos base em graxas normalmente são óleos minerais porque estes são adequados para a maior parte das aplicações.

Em condições de operação especiais, por exemplo, temperaturas de operação extremamente baixas ou altas, são preferidos os óleos base sintéticos. Óleos base sintéticos não são produtos à base de petróleo.

Óleos base naturais, ou seja, óleos de origem animais ou vegetal, não são usados normalmente para rolamentos, porque existe o risco de diminuição da qualidade e formação de ácidos em pouco tempo.

Espessante

O espessante constitui 5 a 30% da graxa. Ele é o ingrediente que retém o óleo e os aditivos, permitindo que a graxa funcione. O espessante também fornece o “corpo” da graxa, permitindo que a graxa permaneça no lugar.

Há vários espessantes, cada um com benefícios específicos direcionados a certas condições de aplicação. A categoria mais ampla de espessantes pode ser dividida em sabões e não-sabões.

Sabões

As graxas mais comuns têm espessantes de sabão metálico à base de lítio (Li), cálcio (Ca), sódio (Na) ou alumínio (Al). O sabão de lítio é o sabão mais usado para graxas de rolamentos.

Graxas de complexo de sabão são o resultado de uma reação química entre um metal base e dois ácidos diferentes. Essas graxas normalmente possuem maior capacidade de desempenho e podem resistir a temperaturas de operação mais altas que as graxas de sabão convencionais correspondentes.

Não-sabões

Os espessantes não-sabões ocasionalmente são à base de ingredientes inorgânicos. Espessantes inorgânicos como bentonita, argila e sílica gel, resistem a vazamento em altas temperaturas de operação e são resistentes à água. Poliureia é um exemplo de espessante não-sabão.

Aditivos

Produtos químicos, conhecidos como aditivos, são adicionados à graxa para atingir ou aumentar certas características de desempenho. Alguns dos aditivos mais comuns estão listados na **tabela 2**.

Aditivos para pressão extrema, antidesgaste e sólidos

Aditivos para pressão extrema (EP) podem consistir em muitos compostos diferentes; exemplos incluem compostos de enxofre e fósforo. Aditivos EP aumentam a capacidade de carga do filme lubrificante sob cargas pesadas.

Aditivos antidesgaste (AW) formam uma camada protetora nas superfícies do metal, similar à dos aditivos EP.

Aditivos sólidos, como dissulfeto de molibdênio (MoS_2) e grafite, são benéficos na graxa, em condições de velocidade baixa, quando o óleo base pode se tornar ineficaz.

Como a graxa funciona em rolamentos

O espessante na graxa funciona como um reservatório para o óleo base e se comporta como uma esponja preenchida com água. Quando uma esponja molhada é levemente comprimida, uma pequena quantidade de água é liberada. Quando uma alta pressão é aplicada na esponja, mais água é forçada para fora.

De forma similar, quando uma carga é aplicada à graxa, o espessante libera o óleo base. Isso é conhecido como eliminação de óleo ou separação de óleo. Quando a carga é aliviada, o espessante normalmente absorve novamente o óleo base.

Interpretação das folhas de dados de graxas

As folhas de dados de graxas fornecem informações em três categorias gerais:

- as propriedades da graxa
- as condições de operação do rolamento para as quais a graxa é adequada
- os resultados dos testes de desempenho

Interpretar e compreender as folhas de dados de graxas é essencial para a seleção bem sucedida da graxa, assim como para a manutenção da lubrificação.

Tabela 2

Aditivos de graxas

Aditivo	Função
Anticorrosão	Aumenta a proteção das superfícies do rolamento oferecida por graxa
Antioxidante	Atraza a falha do óleo base em altas temperaturas, estendendo a vida útil da graxa
Pressão extrema (EP)	Reduz os efeitos danosos de contato metal com metal
Antidesgaste (AW)	Evita o contato metal com metal pela formação de uma camada protetora
Aditivo sólido	Fornece lubrificação quando o óleo base se torna ineficaz

Propriedades das graxas

As folhas de dados de graxas normalmente fornecem informações sobre propriedades importantes da graxa, incluindo:

- grau de consistência NLGI
- tipo de sabão
- ponto de gota
- viscosidade/tipo do óleo base
- faixa de temperaturas de operação

Grau de consistência NLGI

As graxas estão divididas em vários graus de consistência de acordo com uma escala desenvolvida pelo NLGI (Instituto Nacional de Graxas e Lubrificantes). Às graxas com uma alta consistência, ou seja, graxas rígidas, são atribuídos graus NLGI altos, enquanto àquelas com uma consistência baixa, ou seja, graxas macias, recebem graus NLGI baixos.

Há nove graus NLGI no total. Em aplicações de rolamentos, geralmente são usados três graus da escala: NLGI 1, 2 e 3.

OBSERVAÇÃO: É importante lembrar que a rigidez da graxa não tem nada a ver com a viscosidade do óleo base. Graxa rígida pode ter uma alta ou baixa viscosidade do óleo base.

Tipo de sabão

As graxas mais comuns possuem sabões de lítio, cálcio ou sódio como espessantes. Sabões de lítio e sódio têm uma ampla faixa de temperatura de operação, normalmente até 120 °C (250 °F). Sabões de cálcio somente têm uma faixa de temperatura de operação até 80 °C (175 °F), mas fornecem excelente proteção contra água, incluindo água salgada.

Sabões complexos normalmente apresentam propriedades melhoradas.

Ponto de gota

O ponto de gota da graxa é a temperatura na qual a graxa perde sua consistência e torna-se um fluido. Essa temperatura não representa o limite da temperatura de operação da graxa.

Viscosidade/tipo do óleo base

Viscosidade é a resistência ao escoamento de um fluido. Fluidos diferentes têm viscosidades diferentes. A água tem uma viscosidade baixa porque tem uma resistência baixa ao escoamento; mel tem uma viscosidade alta, porque não flui com facilidade.

A viscosidade depende de temperatura e pressão. A viscosidade do óleo base na graxa diminui com o aumento da temperatura e aumenta com a queda da temperatura. De modo inverso, a viscosidade do óleo base na graxa aumenta com o aumento da pressão.

AVISO: Com cada aumento de 10 a 15 °C (18 a 27 °F) da temperatura, a viscosidade de um óleo base mineral cai por um fator de dois!

A viscosidade do óleo base na graxa é especificada em duas temperaturas:

- a temperatura de referência padronizada internacionalmente, ou seja 40 °C (105 °F)
- uma alta temperatura, normalmente 100 °C (210 °F)

Com essas informações, é possível calcular a viscosidade do óleo base na temperatura de operação. Para obter informações sobre cálculos de viscosidade, consulte *Como selecionar um óleo adequado*, iniciando na **página 204**.

Faixa de temperatura de operação – o conceito de semáforo da SKF

A faixa de temperatura para graxas é dividida por quatro limites de temperatura em cinco zonas:

- limite de temperatura baixa (LTL)
- limite de desempenho de temperatura baixa (LTPL)
- limite de desempenho de temperatura alta (HTPL)
- limite de temperatura alta (HTL)

A SKF ilustra isso esquematicamente na forma de um “semáforo duplo” (→ **fig. 1**).

O limite de temperatura baixa (LTL) é a menor temperatura na qual a graxa permite que um rolamento comece a operar sem dificuldade. O LTL é basicamente determinado pelo tipo de óleo base e sua viscosidade.

O limite de temperatura alta (HTL) é estabelecido pelo ponto de gota da graxa, ou seja, a temperatura quando a graxa se torna um fluido.

A SKF não recomenda partida acima do HTL ou abaixo do LTL. Na verdade, a SKF recomenda limites de desempenho completamente dentro dos limites de temperatura recomendados pelo fabricante. Esses são chamados de limites de desempenho de temperatura alta e baixa. É entre esses dois limites, a zona verde na **fig. 1**, onde a graxa funciona de forma confiável e a vida da graxa pode ser determinada.

Já que a definição do limite de desempenho de temperatura alta (HTPL) não é padronizada internacionalmente, é necessário ter cuidado ao interpretar os dados dos fabricantes.

Fig. 1

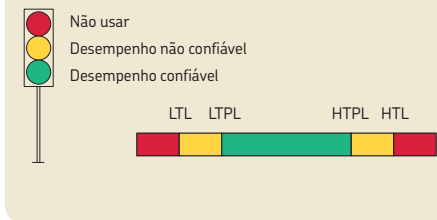


Tabela 3

Temperaturas de operação dos rolamentos (folhas de dados de graxas)

Descrição da temperatura	Definição
Baixa (L)	< 50 °C (120 °F)
Média (M)	50 a 100 °C (120 a 210 °F)
Alta (H)	> 100 °C (210 °F)
Extremamente alta (EH)	> 150 °C (300 °F)

Tabela 4

Velocidades para rolamentos padrão (folhas de dados de graxas)

Descrição da velocidade	Fator de velocidade “A” do rolamento		
	para Rolamentos radiais de esferas	Rolamentos de rolos cilíndricos	Rolamentos de rolos cônicos Rolamentos autocompensadores de rolos Rolamentos de rolos toroidais CARB
–	mm/min		
Muito baixa (VL)	–	< 30 000	< 30 000
Baixa (L)	< 100 000	< 75 000	< 75 000
Moderada (M)	< 300 000	< 270 000	< 210 000
Alta (H)	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
Muito alta (VH)	< 700 000	–	–
Extremamente alta (EH)	≥ 700 000	–	–

Em temperaturas acima do HTPL, a graxa envelhecerá e oxidará com maior rapidez e os subprodutos da oxidação podem ter um efeito prejudicial na lubrificação. Portanto, temperaturas de operação na zona âmbar entre o HTPL e o HTL, devem ocorrer somente por períodos muito curtos.

Também existe uma zona âmbar para temperaturas baixas. Com a queda da temperatura, a tendência de separação de óleo da graxa diminui e a rigidez (consistência) da graxa aumenta. Isso levará basicamente a um fornecimento insuficiente de lubrificante para as superfícies de contato dos elementos rolantes e pistas. Na **fig. 1**, esse limite de temperatura é indicado pelo limite de desempenho de temperatura baixa (LTPL). Períodos curtos na zona âmbar, por exemplo, durante uma partida a frio, em geral não são prejudiciais, uma vez que o calor gerado pelo atrito levará a temperatura de operação do rolamento para a zona verde.

Graxas e condições de operação de rolamentos

As folhas de dados de graxas fornecem informações sobre condições adequadas de operação dos rolamentos em relação à:

- temperatura
- velocidade
- carga

Estas descrições, no entanto, são expressas usando-se termos gerais como “baixa” ou “muito baixa” e requerem interpretação.

Temperatura

A temperatura de operação de um rolamento é medida o mais próximo possível do diâmetro externo do rolamento, e é influenciada pela temperatura ambiente. Uma temperatura de operação medida de 100 °C (210 °F) ou acima geralmente é considerada “alta”.

As informações sobre temperaturas de operação de rolamentos em folhas de dados de graxas podem ser interpretadas usando as diretrizes na **tabela 3**.

Velocidade

A referência de velocidade de operação em folhas de dados de graxas é baseada no fator de velocidade do rolamento. O fator de velocidade

Tabela 5

Cargas no rolamento (folha de dados de graxas)

Descrição da carga	Razão das cargas
Leve (L)	$P \leq 0,05 C$
Moderada (M)	$0,05 C < P \leq 0,1 C$
Pesada (H)	$0,1 C < P \leq 0,15 C$
Muito pesada (VH)	$P \leq 0,15 C$

compara a capacidade de velocidade de rolamentos e é expressa como

$A = n d_m$

onde

A = fator de velocidade [mm/min]

n = velocidade de rotação [r/min]

d_m = diâmetro médio do rolamento
= 0,5 (D + d) [mm]

As informações sobre velocidades de operação de rolamentos em folhas de dados de graxas podem ser interpretadas, usando-se as diretrizes da **tabela 4**.

Carga

Referência à carga de rolamentos em folhas de dados de graxas é baseada na razão entre a classificação de carga dinâmica C do rolamento e a carga equivalente P no rolamento (a carga à qual o rolamento está submetido). Portanto:

- Quanto menor a carga equivalente P, tanto maior é a razão C/P e mais leve se torna a carga no rolamento.
- Quanto maior a carga equivalente P, tanto menor é a razão C/P e mais pesada se torna a carga no rolamento.

As informações sobre cargas de rolamentos em folhas de dados de graxas podem ser interpretadas, usando-se as diretrizes da **tabela 5**.

Testes de desempenho de graxas

A parte restante de uma folha de dados de graxas normalmente contém resultados de testes de laboratório realizados em amostras da graxa.

Os resultados dos testes podem ser interpretados, usando-se as diretrizes na **tabela 6**.

Tabela 6

Testes de desempenho de graxas			
Teste	O que isso significa	Medição [unidade]	Interpretação de resultados
Ponto de gota	A temperatura em que a graxa começa a fluir	Temperatura em [°C]	–
Penetração	Consistência, a rigidez da graxa (grau NLGI)	Valor da profundidade de penetração do cone entre 85 e 475 [10 ⁻¹ mm] (60 ou 100 000 cursos)	Número alto = graxa macia Número baixo = graxa rígida
Estabilidade do rolo	Com que facilidade a graxa amolece ou endurece	Alteração na profundidade de penetração do cone [10 ⁻¹ mm]	Número alto = menos estável Número baixo = mais estável
Estabilidade mecânica	A estabilidade mecânica da graxa quando submetida a vibração	Classificação, dependente da massa da graxa que vazou (classificação SKF V2F)	M = muito pouco vazamento de graxa m = algum vazamento de graxa Reprovada = grande vazamento de graxa
Proteção contra corrosão	O grau de corrosão da graxa quando misturada com água	Valor entre 0 e 5 (classificação SKF EMCOR ¹⁾)	0 = nenhuma corrosão 5 = corrosão muito severa
Separação de óleo	A quantidade de óleo que vaza através de uma peneira durante armazenagem	Porcentagem de perda de peso [%] (DIN 51817)	0% = nenhuma separação de óleo 100% = completa separação de óleo
Resistência à água	A alteração na graxa, após imersão em água	Valor entre 0 e 3 (baseado em inspeção visual) (DIN 51807/1)	0 = nenhuma alteração 3 = importante alteração
Capacidade de lubrificação	A capacidade de lubrificação da graxa em condições de operação típicas de rolamentos grandes (d ≥ 200 mm)	Classificação, dependente da capacidade da graxa de lubrificar rolamentos grandes em condições de temperatura normal ou alta (máquina de teste de graxa SKF R2F)	Teste sem aquecimento (condições de temperatura normal) Aprovada = a graxa é adequada Reprovada = a graxa é inadequada Teste com aquecimento (condições de alta temperatura) Aprovada = a graxa é adequada Reprovada = a graxa é inadequada
Corrosão de cobre	O grau de proteção de ligas de cobre oferecido pela graxa	Valor entre 1 e 4 (baseado em inspeção visual) (DIN 51811)	1 = proteção boa 4 = proteção muito ruim
Vida útil da graxa do rolamento	A vida útil da graxa	Tempo até a falha do rolamento [horas] (SKF R0F, máquina de teste de graxa)	–
Desempenho EP (teste VKA)	A capacidade para classificar a graxa como uma graxa EP	Limite de pressão extrema da graxa [N] (DIN 51350/4)	–
Corrosão por contato	A capacidade da graxa para proteção contra corrosão por contato	Desgaste do rolamento [mg] (ASTM D4170)	–

¹⁾ Padronizado em conformidade com ISO 11007.

Seleção de uma graxa adequada

Todas as precauções tomadas para evitar falha prematura do rolamento contam pouco se a graxa errada for selecionada. Portanto, a seleção da graxa é crítica para o sucesso operacional de qualquer máquina. Graxa à base de óleo mineral e espessante de lítio com um grau NLGI 2 é suficiente para a maioria das aplicações. No entanto, considere todos os fatores que contribuem, conforme discutido abaixo.

Reúna todas as informações relevantes, antes de iniciar o processo de seleção:

- aplicação
- tipo de rolamento e suas dimensões
- carga do rolamento
- temperaturas de operação e ambiente
- velocidade de rotação
- orientação do eixo
- influências externas, por exemplo, vibração, oscilação
- detalhes de contaminação

AVISO: antes de escolher uma graxa inicial ou trocar para uma graxa diferente, verifique a documentação do fabricante da máquina. Nem todas as graxas são compatíveis entre si. Pode haver componentes dentro da máquina que não são compatíveis com alguns aditivos de lubrificantes.

Ferramentas de seleção de graxa

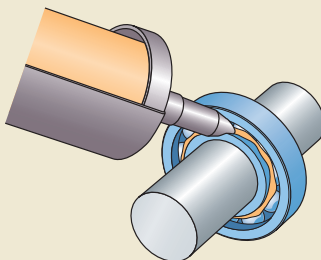
O programa de seleção de graxas da SKF, Lube-Select, pode ser usado para selecionar uma graxa apropriada da SKF. Um outro programa da SKF, LuBase, contém detalhes de mais de 2 000 lubrificantes fornecidos por mais de 100 fornecedores de lubrificantes. Os dois programas estão disponíveis on-line em www.aptitudexchange.com.

Um quadro de seleção de graxa da SKF para rolamentos é fornecido no **Apêndice M**, nas **páginas 430 e 431**. Para obter informações adicionais sobre como selecionar uma graxa adequada, visite www.skf.com/bearings.

Como lubrificar rolamentos e componentes associados na instalação inicial

A maioria dos rolamentos abertos é fornecida sem graxa. Eles são, porém, protegidos por um conservante inibidor de oxidação. O inibidor de oxidação nos rolamentos da SKF é compatível

Fig. 2



AVISO

SKF LGET 2, uma graxa fluorada, não é compatível com outras graxas, óleos e conservantes. Portanto, uma lavagem muito profunda dos rolamentos e limpeza dos sistemas é essencial, antes de aplicar uma nova graxa.

com a maioria dos lubrificantes e aditivos (exceto, por exemplo, o SKF LGET 2) e não precisa ser retirado por lavagem, antes da lubrificação inicial. Rolamentos equipados com uma placa de proteção ou vedação, em ambos os lados são lubrificados na fábrica e não necessitam de, graxa adicional ao montar.

AVISO: nunca lave um rolamento equipado com uma vedação ou uma placa de proteção em ambos os lados.

O melhor momento para aplicar graxa

Geralmente, rolamentos abertos são lubrificados após a montagem (→ **fig. 2**). A razão mais importante para isso é a limpeza. Quanto mais tarde a graxa é aplicada, menor é a chance de que contaminantes entrem no rolamento.

Os rolamentos devem ser lubrificados antes da montagem, quando não há outra maneira de colocar graxa no rolamento.

A quantidade correta

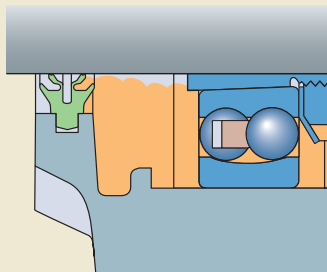
Como regra geral, para rolamentos montados em caixas de mancal, os rolamentos devem ser completamente preenchidos (100%) com graxa, antes da partida.

O espaço livre na caixa de mancal deve ser parcialmente preenchido (30 a 50%) com graxa (→ fig. 3). Em aplicações sem vibração, onde os rolamentos deverão operar em velocidades muito baixas e é necessária uma boa proteção contra contaminação, a SKF recomenda preencher até 90% do espaço livre na caixa de mancal com graxa.

Uma alternativa para ambientes altamente contaminados é preencher a caixa de mancal completamente e usar um rolamento SKF vedado. Essa camada tripla de proteção usa a vedação da caixa de mancal, a graxa na caixa de mancal e a vedação do rolamento para proteger o rolamento e o lubrificante interno, até mesmo do menor contaminante.

AVISO: Sempre deixe espaço livre na caixa de mancal para que a graxa, eliminada do rolamento durante a partida, tenha aonde ir. Se a caixa de mancal estiver completamente preenchida, pode ocorrer agitação, que pode aumentar a temperatura de operação em até 50 °C (90 °F). A graxa também pode ser queimada, levando à falha de lubrificação. Se o amaciamento não puder ser realizado, o preenchimento inicial de graxa deve ser reduzido a um máximo de 30% do volume vazio no rolamento.

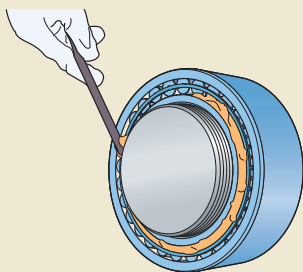
Fig. 3



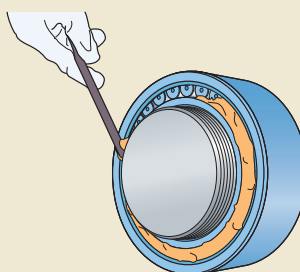
Quando equipado com vedações labirinto, os vãos livres radiais ou axiais no arranjo do labirinto devem ser totalmente preenchidos com graxa.

Vedações de lábios duplos e vedações com lábio auxiliar de contato também devem ser totalmente preenchidos com graxa, porque a graxa não somente age como uma vedação, mas também reduz as temperaturas abaixo do lábio.

Fig. 4



a) Lubrificações de rolamentos de rolos toroidais CARB com uma gaiola (operação de alta velocidade)



b) Lubrificações de rolamentos de rolos toroidais CARB com número máximo de rolos

Rolamentos de rolos toroidais CARB

Rolamentos de rolos toroidais CARB têm um espaço livre relativamente grande disponível para graxa (→ **fig. 4**). Se esses rolamentos forem totalmente preenchidos com graxa e operarem em velocidades relativamente altas (> 75% da velocidade de referência), podem ser esperadas temperaturas de operação elevadas. Por essa razão, a SKF recomenda preencher somente o espaço entre o anel interno e a gaiola do rolamento com graxa (**a**).

Para rolamentos CARB com número máximo de rolos ou rolamentos CARB operando em velocidades baixas ou moderadas, os rolamentos devem ser completamente preenchidos com graxa (**b**).

Rolamentos de alta e super precisão

Rolamentos de alta e super precisão geralmente devem ser lubrificados com pequenas quantidades de graxa. Em aplicações de máquinas-ferramenta, que na maioria das vezes operam em velocidades altas a muito altas, menos de 30% do espaço livre nos rolamentos devem ser preenchidos com graxa. Com base em experiência no campo, o preenchimento de graxa mais comum é em torno de 10 a 15% do espaço livre no rolamento.

Para obter informações adicionais sobre engraxamento de rolamentos de alta e super precisão, visite www.skf.com/bearings.

Técnicas de lubrificação na montagem

As técnicas de lubrificação variam de acordo com o projeto dos rolamentos e suas caixas de mancal. Os rolamentos podem ser separáveis ou não separáveis, as caixas de mancal podem ser bipartidas ou inteiriças. Algumas diretrizes para o lubrificante de rolamentos são apresentadas aqui.

Para obter informações sobre a montagem de rolamentos, consulte *Montagem de rolamentos*, iniciando na **página 44**.

Rolamentos separáveis

Rolamentos separáveis incluem rolamentos de rolos cilíndricos e de rolos cônicos, rolamentos de esferas de quatro pontos de contato e todos os tipos de rolamentos axiais. Esses rolamentos devem ser lubrificados enquanto separados na ordem determinada pela sequência de montagem. O espaço livre entre os elementos rolantes e a gaiola deve ser completamente preenchido com graxa. Se o conjunto elemento rolante e gaiola é separável dos dois anéis, lubrifique leve-

mente a pista de um dos anéis para evitar danificar a superfície quando o conjunto elemento rolante e gaiola for empurrado de volta sobre o anel.

Rolamentos não separáveis

Rolamentos não separáveis, como rolamentos de esferas rígidos e de contato angular, podem ser preenchidos de preferência com graxa pelos dois lados, durante o processo de montagem.

Para rolamentos autocompensadores de esferas, rolamentos autocompensadores de rolos e rolamentos de rolos toroidais CARB, um dos anéis pode ser girado para facilitar a lubrificação. Os rolamentos então devem ser virados algumas vezes para distribuir a graxa uniformemente.

AVISO: ao girar o anel de um rolamento de rolos toroidais CARB ou rolamento autocompensador, os elementos rolantes inferiores podem cair um pouco. Isso pode causar o bloqueio dos elementos rolantes contra o outro anel quando girado de volta até sua posição e danificar o rolamento. Para evitar isso, guie os elementos rolantes de volta para sua posição suavemente.

Engraxamento de rolamentos antes da montagem

Rolamentos abertos, que não podem ser lubrificados após a montagem, devem ser lubrificados antes da montagem da seguinte maneira:

- 1 Coloque o rolamento sobre uma folha de plástico limpa.
- 2 Calce rolamentos maiores ou use um bloco em V para manter o rolamento no lugar.
- 3 Preencha o espaço livre, pelos dois lados, entre os elementos rolantes e a gaiola com graxa, usando um aplicador de graxa. Para rolamentos autocompensadores, gire um dos anéis do rolamento, expondo os elementos rolantes, e depois aplique a graxa.
- 4 Se o rolamento não puder ser montado imediatamente, envolva-o com plástico.

Amaciamento de rolamentos lubrificados com graxa

Durante a partida, a temperatura em um rolamento recém-lubrificado irá subir. Portanto, se possível, a SKF recomenda executar o amaciamento de rolamentos, antes da operação em velocidade total. Isso é particularmente importante para aplicações de alta velocidade. Sem

Lubrificação

um período de amaciamento, o aumento de temperatura pode ser considerável.

O amaciamento de um rolamento envolve operar o rolamento em velocidades crescentes, a partir de uma velocidade inicial baixa. No final do período de amaciamento, a graxa estará distribuída em todo o arranjo de rolamentos e a temperatura de operação terá estabilizado.

Relubrificação

Graxa não dura para sempre. Sob a influência do tempo, temperatura, trabalho mecânico, envelhecimento e a entrada de contaminantes, a graxa em um arranjo de rolamentos se deteriora e gradualmente perde as suas propriedades de lubrificação. Relubrificação é a adição de nova graxa dentro do arranjo de rolamentos, após um certo período de operação.

Há três fatores críticos para a relubrificação adequada: o tipo de graxa, a quantidade de graxa e o intervalo de relubrificação. A quantidade de graxa e o intervalo de relubrificação dependem muito se a aplicação da graxa é feita manualmente ou automaticamente.

Rolamentos vedados normalmente são lubrificados para toda a vida e geralmente não necessitam de relubrificação. No entanto, quando as condições de operação são severas, uma relubrificação pode ser necessária. Portanto, alguns tipos de rolamentos vedados têm dispositivos de relubrificação.

Intervalos de relubrificação

Os intervalos de relubrificação dependem de muitos fatores relacionados. Verifique as recomendações do fabricante da máquina, antes de desenvolver um programa de relubrificação. Se isso não for possível, reúna todas as informações relevantes, antes de calcular intervalos de relubrificação:

- aplicação
- tipo de rolamento e dimensões máximas
- carga do rolamento
- temperaturas de operação e ambiente
- velocidade de rotação
- orientação do eixo
- influências externas, por exemplo, vibração, oscilação
- detalhes de contaminação

O intervalo de relubrificação t_r pode ser obtido do **diagrama 1** como uma função:

- do fator de velocidade A
- do fator de suporte de carga b_r
- da razão da carga C/P

onde

$A = n \cdot d_m$ [mm/min]

n = velocidade de rotação [r/min]

d_m = diâmetro médio do rolamento
= $0,5 (d + D)$ [mm]

b_r = fator de suporte de carga, dependendo do tipo de rolamento e condições de carga (para rolamentos autocompensadores de rolos com carga axial) (→ **tabela 7, página 194**)

Se uma análise de falha de rolamento indicar que houve um problema com calor e/ou lubrificação, primeiro verifique se foi utilizada a graxa adequada. Se sim, verifique os limites recomendados para o fator de velocidade A na **tabela 7, página 194**. Se o fator de velocidade da aplicação é maior que o listado, a mudança para um banho de óleo ou sistema de óleo circulante pode aumentar substancialmente a vida útil do rolamento.

Os intervalos de lubrificação no **diagrama 1** são estimados, com base nas seguintes condições de operação:

- uma temperatura de operação de 70 °C (160 °F)
- lubrificação com graxa à base de lítio de boa qualidade
- um eixo horizontal
- um anel interno rotativo
- um ambiente limpo

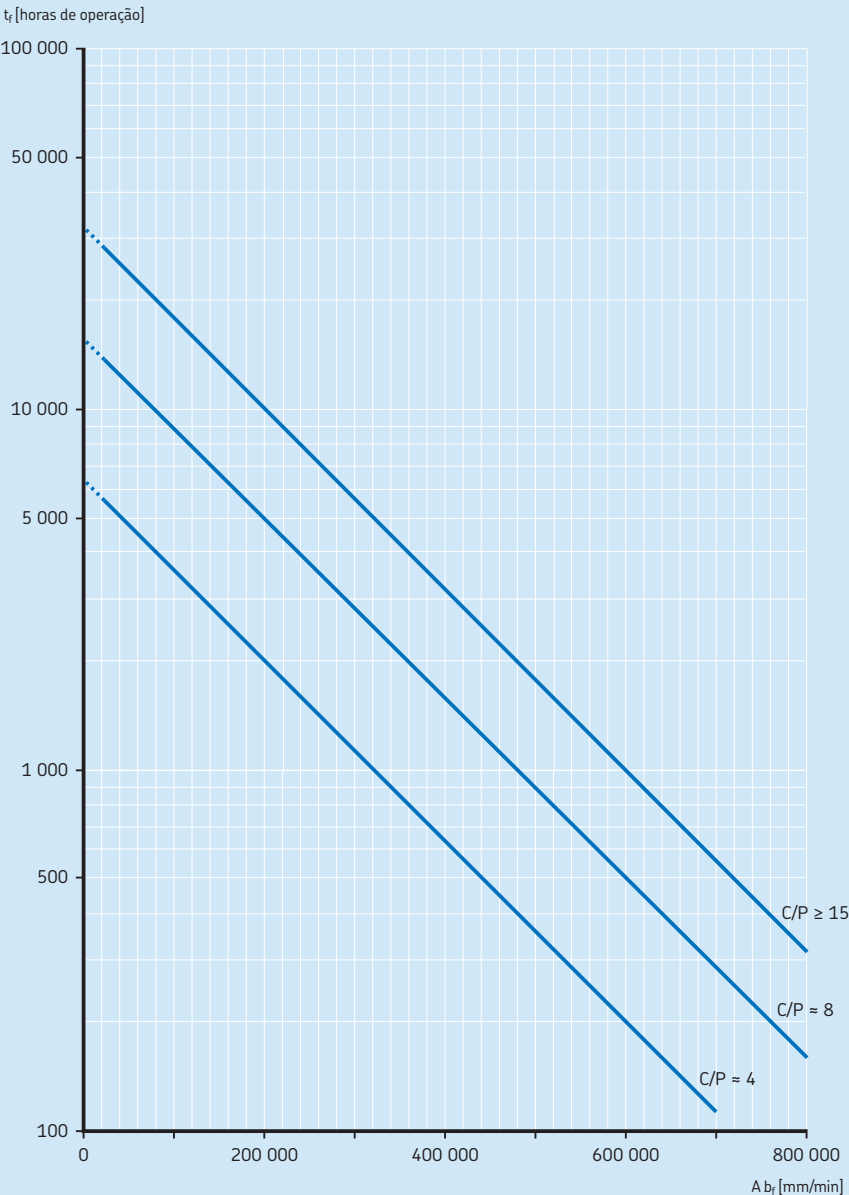
Quando as condições de operação do rolamento são diferentes, ajuste os intervalos de relubrificação, de acordo com as informações fornecidas na **tabela 8, página 195**.

OBSERVAÇÃO: Quando usar rolamentos diferentes em um conjunto, aplique o intervalo de relubrificação calculado mais curto para todos os rolamentos.

O programa de seleção de graxa da SKF, LubeSelect, disponível on-line em www.aptitudexchange.com, também pode ser utilizado para calcular os intervalos de relubrificação.

Diagrama 1

Intervalos de relubrificação a 70 °C (160 °F)



Procedimentos para relubrificação

A escolha de um procedimento de relubrificação geralmente depende da aplicação, das condições de operação e do intervalo de relubrificação t_r . Há dois procedimentos principais de relubrificação: reabastecimento e relubrificação contínua (→ **tabela 9**).

Tabela 7

Fatores de rolamento e limites recomendados para o fator de velocidade A				
Tipo de rolamento ¹⁾	Fator de suporte de carga b_r	Limites recomendados para o fator de velocidade A, para razão de carga		
		C/P ≥ 15	C/P ≈ 8	C/P ≈ 4
–	–	mm/min		
Rolamentos rígidos de esferas	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos de esferas de contato angular	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos autocompensadores de esferas	1	500 000	400 000	300 000
Rolamentos de rolos cilíndricos				
• rolamento livre	1,5	450 000	300 000	150 000
• rolamento fixo, sem cargas axiais externas ou com cargas axiais leves, mas alternantes	2	300 000	200 000	100 000
• rolamento fixo, com carga axial leve agindo constantemente	4	200 000	120 000	60 000
• sem uma gaiola, conjunto completo ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000
Rolamentos de rolos cônicos	2	350 000	300 000	200 000
Rolamentos autocompensadores de rolos				
• quando $F_r/F_a \leq e$ e $d_m \leq 800$ mm				
– séries 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
– séries 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
– série 241	2	150 000	80 000 ⁴⁾	50 000 ⁴⁾
• quando $F_r/F_a \leq e$ e $d_m > 800$ mm				
– séries 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– séries 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– série 241	2	100 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
• quando $F_r/F_a > e$				
– todas as séries	6	150 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
Rolamentos de rolos toroidais CARB				
• com gaiola	2	350 000	200 000	100 000
• sem uma gaiola, conjunto completo ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000
Rolamentos axiais de esferas	2	200 000	150 000	100 000
Rolamentos axiais de rolos cilíndricos	10	100 000	60 000	30 000
Rolamentos axiais autocompensadores de rolos				
• arruela de eixo giratório	4	200 000	120 000	60 000

¹⁾ Os fatores de suporte de carga e os limites para o fator de velocidade "A" práticos recomendados se aplicam a rolamentos com geometria interna padrão e gaiolas padrão. Para projetos internos alternativos de rolamento e gaiolas especiais, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação SKF.

²⁾ O valor t_r obtido do **diagrama 1, página 193** precisa ser dividido por um fator de 10.

³⁾ Não aplicável. Para esses valores C/P, a SKF não recomenda um rolamento com conjunto completo, mas um rolamento com uma gaiola.

⁴⁾ Para velocidades mais altas, recomenda-se a lubrificação com óleo.

Tabela 8

Ajustes de intervalos de relubrificação

Condição operacional/ tipo de rolamento	Descrição	Recomendado ajuste de t_f	Razão para ajuste
Temperatura de operação	Para cada 15 °C (27 °F) acima de 70 °C (160 °F), até o limite de temperatura alta (HTL)	Divida o intervalo por dois	Para levar em conta o envelhecimento acelerado da graxa em temperaturas mais altas
	Para cada 15 °C (27 °F) abaixo de 70 °C (160 °F)	Dobre o intervalo (máximo duas vezes) ¹⁾	Para levar em conta o risco reduzido de envelhecimento da graxa em temperaturas mais baixas
Orientação do eixo	Rolamentos montados em um eixo vertical	Divida o intervalo por dois	A graxa tende a vaziar para fora devido à gravidade
Vibração	Altos níveis de vibração e cargas de choque	Reduza o intervalo ²⁾	A graxa tende a “afundar” em aplicações vibratórias, resultando em agitação
Rotação do anel externo	Rotação do anel externo ou peso excêntrico do eixo	Calcule o fator de velocidade A usando D, não d_m	A graxa tem uma vida útil de graxa mais curta nessas condições
Contaminação	Contaminação pesada ou presença de contaminantes fluidos	Reduza o intervalo ^{2) 3)}	Para reduzir os efeitos danosos causados pelos contaminantes
Carga	Cargas muito pesadas ou seja, $P > 0,15 C$	Reduza o intervalo ²⁾	A graxa tem uma vida útil de graxa mais curta nessas condições
Tamanho do rolamento	Rolamentos com um diâmetro de furo $d > 300$ mm	Reduza o intervalo ²⁾	Esses normalmente são arranjos críticos, que necessitam de programas de relubrificação rígidos e frequentes
Rolamentos de rolos cilíndricos	Rolamentos equipados com gaiolas J, JA, JB, MA, MB, ML, MP e PHA ⁴⁾	Divida o intervalo por dois	A eliminação (sangramento) de óleo com esses projetos de gaiola é limitada

1) Para rolamentos com conjunto completo e rolamentos axiais, não estenda o intervalo.

2) Entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

3) Para condições de contaminação severa, considere rolamentos vedados da SKF ou relubrificação contínua.

4) Para gaiolas P, PH, M e MR, não há necessidade de ajuste.

Tabela 9

Procedimentos para relubrificação

Procedimento para relubrificação	Intervalo de lubrifi- cação adequado t_f	Vantagens	Desvantagens	Requisitos
Reabastecimento	$t_f < 6$ meses	Operação ininterrupta	Necessários dutos de lubrificação na caixa de mancal do rolamento	Caixas de mancal de rolamento equipadas com conexões de graxa
			Trabalho intenso	Pistola de graxa
			Necessário fácil acesso à caixa de mancal do rolamento	
			Alto risco de contaminação	
Relubrificação contínua	t_f é muito curto	Ideal para pontos de difícil acesso	Necessária boa capacidade de bombeamento da graxa (principalmente em temperaturas ambiente baixas)	Lubrificadores automáticos ou sistemas de lubrificação centralizados
		Baixo risco de contaminação		
		Trabalho não intenso		
		Possibilidade de monitoramento contínuo da lubrificação		
		Operação ininterrupta		

Relubrificação

Já que somente a graxa no rolamento deve ser substituída, a quantidade necessária para relubrificação depende puramente do tamanho do rolamento.

Alguns rolamentos são fornecidos com recursos de relubrificação no anel interno ou externo, para facilitar a relubrificação eficiente através do centro do rolamento (→ **fig. 5**). A quantidade adequada de graxa para relubrificação então é

$$G_p = 0,002 D B$$

Outros rolamentos só podem ser relubrificadas pela lateral (→ **fig. 6**). A quantidade adequada de graxa para relubrificação então é

$$G_p = 0,005 D B$$

onde

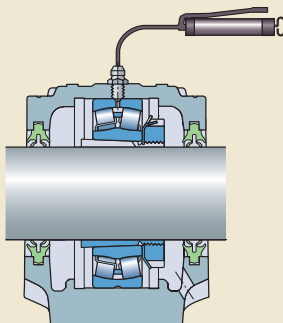
G_p = quantidade de graxa a ser adicionada na relubrificação [g]

D = diâmetro externo do rolamento [mm]

B = largura total do rolamento (para rolamentos axiais, utilize a altura H) [mm]

Arranjos de rolamentos em caixas de mancal que possuem vedações de contato, ou seja, vedações de lábio duplo ou de quatro lábios, devem ser equipados com um furo de escape para graxa para permitir que graxa usada e em excesso seja eliminada do arranjo. O furo para escape deve estar posicionado no mesmo lado da porca de segurança e portanto, no lado oposto ao do bico graxeiro (→ **fig. 7**).

Fig. 5



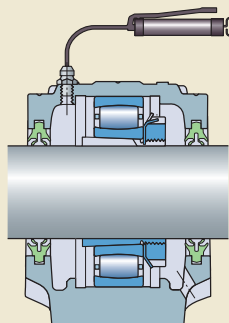
Arranjos de rolamentos com vedadores sem contato como vedações labirinto, não necessitam um furo para escape para graxa, visto que a graxa usada e em excesso é pressionada para fora entre os vãos livres do labirinto quando nova graxa é introduzida (→ **fig. 8**).

A graxa deve ser reabastecida nos estágios iniciais de deterioração do lubrificante. Para reabastecimento de graxa, a SKF recomenda o seguinte:

- 1 Se está sendo introduzida uma graxa diferente, verifique se a graxa é compatível (→ *Compatibilidade de graxas*, iniciando na **página 200**).
- 2 Limpe o bico graxeiro.
- 3 Reabasteça a graxa enquanto a máquina está operando. Se isso não for possível, gire o eixo com a mão.
- 4 Onde existem dutos de lubrificação longos e temperatura ambiente baixa, verifique se a graxa está sendo bombeada adequadamente, verificando se não há separação excessiva de óleo como resultado da ação de bombeamento.
- 5 Após três a cinco reabastecimentos, se possível, renove o preenchimento de graxa (→ *Renovação*, iniciando na **página 198**).

AVISO: não aplique mais graxa que o apropriado. Se houver vazamento de graxa pelas vedações de contato devido a excesso, isso pode danificar as vedações e causar superaquecimento e falha prematura do rolamento.

Fig. 6



Relubrificação contínua

A lubrificação contínua é usada, por exemplo, para aplicações de alta velocidade, onde constantemente é necessária uma pequena quantidade de lubrificante. Ela também é utilizada em ambientes altamente contaminados, onde a lubrificação contínua é necessária para manter os contaminantes fora do sistema.

Soluções de lubrificação automáticas são projetadas para lubrificação contínua ou quando os pontos de lubrificação são difíceis ou perigosos de acessar, ou quando a confiabilidade das tarefas de relubrificação precisa ser melhorada. A principal vantagem da lubrificação automática é a de que fornece controle mais preciso sobre qual lubrificante e a quantidade que é fornecida para cada ponto de lubrificação. Além disso, o risco de contaminação associado à lubrificação manual, usando-se pistolas de graxa é reduzido.

A quantidade de graxa necessária para lubrificação contínua pode ser calculada aproximadamente por

$$G_k = (0,3 \dots 0,5) D B \times 10^{-4}$$

onde

G_k = quantidade de graxa a ser fornecida continuamente [g/h]

D = diâmetro externo do rolamento [mm]

B = largura total do rolamento (para rolamento axial, utilize a altura total H) [mm]

De forma alternativa, a quantidade de reabastecimento calculada G_p (→ *Relubrificação*, página 196) pode ser distribuída sobre o intervalo de relubrificação.

A SKF fabrica lubrificadores de monoponto e lubrificadores automáticos de multipontos como os lubrificadores SKF SYSTEM 24. Sistemas de lubrificação centralizados fornecem outra opção para lubrificação automática (→ *Sistemas de lubrificação centralizada*, iniciando na página 213).

Fig. 7

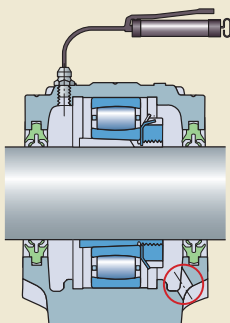
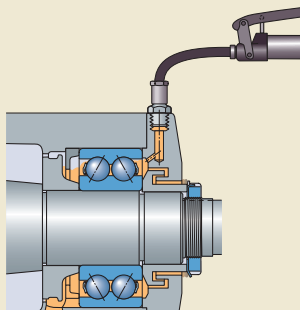


Fig. 8



SKF SYSTEM 24

Lubrificadores SKF SYSTEM 24 da série LAGD (→ **fig. 9**) consistem em um reservatório transparente, preenchido com um lubrificante especificado e uma célula produtora de gás. Os valores no mostrador de configuração de tempo são uma indicação do tempo real de esvaziamento. Os lubrificadores podem ser temporariamente desativados, reajustando-se o mostrador de configuração de tempo para zero.

Lubrificadores SKF SYSTEM 24 da série LAGE (→ **fig. 10**) consistem em um reservatório transparente, preenchido com um lubrificante especificado e um sistema lubrificador eletromecânico. Estão disponíveis conjuntos de refil com pacotes de baterias. A taxa de dosagem independe da temperatura.

As duas séries de lubrificadores possuem uma pressão de operação máxima de 5 bar e uma rosca de conexão G 1/4. Dados técnicos adicionais são fornecidos na **tabela 10**.

AVISO: verifique se o novo lubrificador contém a mesma graxa que o antigo. Se está sendo introduzida uma nova graxa, verifique se as graxas são compatíveis.

AVISO

Para minimizar a chance de acidentes pessoais graves, antes de iniciar qualquer trabalho, execute os procedimentos de bloqueio/identificação necessários.

Renovação

Renovação é o processo de parar uma máquina, remover a graxa existente dentro do arranjo de rolamentos e substituí-la por uma nova graxa. Renovar o preenchimento de graxa geralmente é recomendado, após vários reabastecimentos ou quando o intervalo de relubrificação é superior a seis meses.

Ao renovar o preenchimento de graxa em um arranjo de rolamentos com uma caixa de mancal bipartida, a SKF recomenda o seguinte:

- 1 Limpe a área de trabalho.
- 2 Abra a caixa de mancal.
- 3 Remova completamente a graxa usada dentro da cavidade da caixa de mancal, usando uma espátula, e limpe a cavidade da caixa de mancal com um solvente.
- 4 Limpe o rolamento com solvente e deixe-o secar. Traços remanescentes de solvente irão evaporar.

Fig. 9

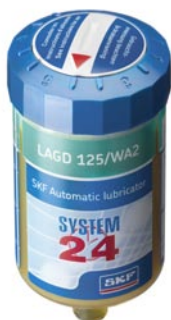


Fig. 10



- 5 Preencha o espaço livre entre os elementos rolantes e a gaiola com graxa pelo lado acessível, usando um aplicador de graxa.
- 6 Preencha 30 a 50% da caixa de mancal com graxa (quantidade típica para aplicações normais).
- 7 Coloque a tampa da caixa de mancal de volta na posição.
- 8 Amacie o rolamento.

Quando as caixas de mancal não são de fácil acesso, mas são equipadas com bicos graxeiros e furo para escape para graxa, a SKF recomenda o seguinte:

AVISO: Caso seja introduzida uma graxa diferente, verifique se a graxa é compatível (→ *Compatibilidade de graxas*, iniciando na **página 200**).

- 1 Verifique se o furo de escape para graxa está aberto.
- 2 Limpe o bico graxeiro.
- 3 Introduza graxa nova gradualmente (não muito rápido) através do bico graxeiro, enquanto a máquina estiver operando.
- 4 Recolha a graxa velha expelida através do furo de escape em um reservatório.

- 5 Continue a adicionar nova graxa, até que graxa nova seja expelida pelo furo de escape.

AVISO: adicionar graxa demais ou rápido demais, sem a capacidade de eliminação, irá resultar em agitação e altas temperaturas de operação.

Tabela 10

Lubrificadores SKF SYSTEM 24				
Propriedade	Lubrificador LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Capacidade de graxa	60 ml	125 ml	122 ml	250 ml
Tempo de esvaziamento nominal	1 a 12 meses (ajustável)	1 a 12 meses (ajustável)	1, 3, 6, 9 ou 12 meses (ajustável)	1, 3, 6, 9 ou 12 meses (ajustável)
Faixa de temperaturas ambiente	-20 a +60 °C (-5 a +140 °F)	-20 a +60 °C (-5 a +140 °F)	0 a +55 °C (30 a 130 °F)	0 a +55 °C (30 a 130 °F)
Designação de pedido para lubrificadores pré-preenchidos	LAGD 60/ lubrificante	LAGD 125/ lubrificante	LAGE 125/ lubrificante	LAGE 250/ lubrificante
Graxas apropriadas da SKF	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Óleos para corrente apropriados da SKF ¹⁾	—	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

¹⁾ Para obter informações adicionais sobre óleos de corrente da SKF, consulte a **tabela 16** na **página 209**.

Compatibilidade de graxas

Antes de mudar de um tipo de graxa para outro, verifique se as duas graxas são compatíveis. Além disso, como a graxa em um rolamento faz contato com todo o rolamento, a graxa deve ser compatível com todos os materiais do rolamento e qualquer conservante ou revestimento.

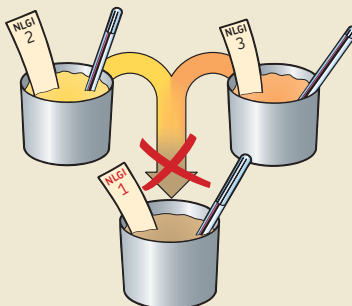
Compatibilidade entre graxas

Graxas com o mesmo espessante e óleos base similares geralmente podem ser misturadas, sem nenhum problema. Entretanto, se duas graxas incompatíveis são misturadas, a mistura resultante normalmente tem uma consistência mais macia (→ **fig. 11**) e pode causar falha prematura do rolamento, devido ao vazamento de graxa. A mistura também tem uma temperatura máxima de operação mais baixa e o filme lubrificante (em operação) tem uma menor capacidade de carga que a das graxas individuais.

AVISO: em geral, é uma boa prática não misturar graxas. Se o tipo de graxa original é desconhecido, primeiro remova completamente a graxa antiga e depois preencha novamente (→ *Renovação*, iniciando na **página 198**).

Para determinar se duas graxas são compatíveis, compare os óleos base (→ **tabela 11**) e espessantes (→ **tabela 12**).

Fig. 11



AVISO

SKF LGET 2, uma graxa fluorada, não é compatível com outras graxas, óleos e conservantes. Portanto, uma lavagem muito profunda dos rolamentos e limpeza dos sistemas é essencial, antes de aplicar uma nova graxa.

Tabela 11

Compatibilidade de óleos base

	Mineral/PAO	Éster	Poliglicol	Silicone: metil	Silicone: fenil	Éter de polifenil	PFPE
Mineral/PAO	+	+	-	-	+	0	-
Éster	+	+	+	-	+	0	-
Poliglicol	-	+	+	-	-	-	-
Silicone: metil	-	-	-	+	+	-	-
Silicone: fenil	+	+	-	+	+	+	-
Éter de polifenil	0	0	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

+ = Compatível 0 = Necessário teste - = Incompatível

Tabela 12

Compatibilidade de espessantes

	Lítio	Cálcio	Sódio	Complexo de lítio	Complexo de cálcio	Complexo de sódio	Complexo de bário	Complexo de alumínio	Argila	Poliureia comum ¹⁾	Complexo de sulfonato de cálcio
Lítio	+	0	-	+	-	0	0	-	0	0	+
Cálcio	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	+
Sódio	-	0	+	0	0	+	+	-	0	0	-
Complexo de lítio	+	+	0	+	+	0	0	+	-	-	+
Complexo de cálcio	-	-	0	+	+	0	-	0	0	+	+
Complexo de sódio	0	0	+	0	0	+	+	-	-	0	0
Complexo de bário	0	0	+	0	-	+	+	+	0	0	0
Complexo de alumínio	-	-	-	+	0	-	+	+	-	0	-
Argila	0	0	0	-	0	-	0	-	+	0	-
Poliureia comum ¹⁾	0	0	0	-	+	0	0	0	0	+	+
Complexo de sulfonato de cálcio	+	+	-	+	+	0	0	-	-	+	+

+ = Compatível 0 = Necessário teste - = Incompatível

¹⁾ SKF LGHP 2 foi submetido a testes com sucesso quanto a compatibilidade com graxas espessadas com lítio e com complexo de lítio.

Lubrificação

Sintomas de incompatibilidade de graxas

Os sintomas a seguir, observados durante operação, são típicos de incompatibilidade de graxas:

- vazamento de lubrificante
- endurecimento do lubrificante
- alteração da cor do lubrificante
- maior temperatura de operação

Teste de compatibilidade rápido

Um teste rápido, baseado na compatibilidade dos espessantes (estabilidade mecânica) e compatibilidade dos óleos base (umedecimento da superfície) pode ser executado da seguinte maneira:

- 1 Coloque quantidades iguais de cada tipo de graxa em um reservatório.
- 2 Mexa a mistura com uma haste.
- 3 Derrame a mistura em um outro reservatório.

Se a mistura endurecer ou se tornar muito mais macia, podendo ser derramada do reservatório com maior facilidade que qualquer uma das graxas originais, as graxas provavelmente são incompatíveis.

AVISO: este teste rápido de compatibilidade é somente uma diretriz! A SKF recomenda testes reais de laboratório para determinar a compatibilidade.

Compatibilidade entre graxas e materiais de rolamentos

As graxas de rolamento da SKF são compatíveis com a maioria dos materiais de rolamentos. No entanto, lembre-se do seguinte:

- Graxas contendo aditivos EP podem reagir de forma desfavorável com gaiolas de poliamida 66 acima de 100 °C (210 °F).
- Graxas contendo aditivos EP de enxofre podem atacar gaiolas de latão acima de 100 °C (210 °F).
- Graxa à base de óleo éster não é compatível com vedações feitos de borracha acrílica (ACM)

Compatibilidade entre graxas e protetivos de rolamentos da SKF

Os rolamentos da SKF são tratados com um protetivo à base de petróleo que é compatível com a maioria das graxas de rolamentos. No entanto, o protetivo não é compatível com graxas à base de óleo fluorado com espessante PTFE como SKF LGET 2. Com tais graxas, é importante lavar e secar cuidadosamente os rolamentos, antes de aplicar essa graxa.

Para remover o protetivo de um rolamento, use luvas resistentes a óleo e use um detergente adequado. O detergente evapora rapidamente e a graxa deve ser aplicada imediatamente depois para evitar que as superfícies oxidem.

Produtos de lubrificação com graxa da SKF

A SKF oferece uma grande variedade de graxas de rolamentos e equipamentos de lubrificação com graxa, cobrindo a maioria dos requisitos de aplicação (→ **Apêndice L**, iniciando na **página 420**). Mais detalhes sobre graxas de rolamento da SKF e um guia de seleção de graxas são fornecidos no **Apêndice M**, iniciando na **página 423**. Para obter informações adicionais, visite www.mapro.skf.com e www.skf.com/lubrication.

Lubrificação a óleo

O que há em um óleo?

Óleo lubrificante consiste em óleo base misturado com aditivos.

Óleo base

O óleo base constitui aproximadamente 95% do óleo lubrificante e é classificado em três grupos:

- mineral
- sintético
- natural

Óleos base minerais são produtos à base de petróleo. Esses óleos geralmente são os preferidos para lubrificação de rolamentos.

Os óleos base sintéticos geralmente são considerados para lubrificação de rolamentos sob condições operacionais especiais, por exemplo, em temperaturas de operação muito baixas ou muito altas. O termo óleo sintético cobre uma ampla gama de produtos de diferentes bases incluindo polialfaolefinas (PAO), polialquilenoglicóis (PAG) e ésteres.

Óleos base naturais, ou seja, óleos de origem animais ou vegetal, não são usados normalmente para rolamentos, porque existe o risco de diminuição da qualidade e formação de ácidos em pouco tempo.

Aditivos

Produtos químicos, conhecidos como aditivos, são adicionados aos óleos base para atingir ou aumentar certas propriedades de desempenho. Os aditivos muitas vezes são agrupados de acordo com a sua função, por exemplo, desempenho, aditivos de proteção do lubrificante ou da superfície.

Alguns dos aditivos mais comuns estão listados na **tabela 13**.

Viscosidade do óleo

A propriedade mais importante do óleo lubrificante é a viscosidade. Viscosidade é a resistência ao escoamento de um fluido e depende da temperatura e pressão. A viscosidade diminui com o aumento da temperatura e aumenta com a queda de temperatura. Óleo de alta viscosidade flui com menor rapidez que óleo mais fino de viscosidade menor.

A viscosidade do óleo normalmente é especificada na temperatura de referência padronizada internacionalmente, ou seja 40 °C (105 °F)

Tabela 13

Aditivos de óleo	
Aditivo	Função
Anticorrosão	Aumenta a proteção das superfícies do rolamento oferecida por óleo (solúvel em água ou óleo)
Antioxidante	Atrasa a falha do óleo base em altas temperaturas, estendendo a vida útil do lubrificante
Antiespumante	Evita a formação de bolhas
Pressão extrema (EP)	Reduz os efeitos danosos de contato metal com metal
Antidesgaste (AW)	Evita o contato de metal com metal
Aditivo sólido	Fornece lubrificação quando o óleo base se torna ineficaz

Índice de viscosidade (IV)

A relação viscosidade-temperatura do óleo é caracterizada pelo índice de viscosidade (IV). Se o óleo tem um alto IV, significa que há uma alteração mínima na viscosidade do óleo com alterações na temperatura. De forma similar, óleo que é altamente dependente da temperatura tem um IV baixo.

Para lubrificar rolamentos, a SKF recomenda o uso de óleos com um IV de pelo menos 95.

Grau de viscosidade ISO (VG)

A ISO tem um padrão estabelecido sobre viscosidade de óleo, conhecido como o grau de viscosidade ISO (VG). Ele é simplesmente a média da viscosidade do óleo a 40 °C (105 °F). Como exemplo, óleo ISO VG 68 tem uma viscosidade média de 68 mm²/s a 40 °C (105 °F) (68 cSt).

As viscosidades mínimas e máximas para cada grau de viscosidade ISO são fornecidas no **Apêndice I-2**, na **página 415**. Uma comparação dos diversos métodos de classificação de viscosidade é fornecida no **Apêndice I-1**, na **página 414**.

OBSERVAÇÃO: A viscosidade é expressa em mm²/s ou cSt (unidades idênticas).

Como selecionar um óleo adequado

Óleos minerais padrão fornecem lubrificação adequada para a maioria das aplicações que são lubrificadas a óleo. Óleos sintéticos somente devem ser selecionados se for justificável, visto que normalmente são muito mais caros.

Lubrificação

Ao selecionar um óleo, o melhor é considerar todos os fatores que contribuem. Sempre reúna primeiro todas as informações relevantes, antes de iniciar o processo de seleção:

- aplicação
- tipo de rolamento e suas dimensões
- carga do rolamento
- temperaturas de operação e ambiente
- velocidade de rotação
- orientação do eixo
- influências externas, por exemplo, vibração, oscilação
- detalhes de contaminação

AVISO: tome cuidado para não substituir simplesmente o óleo de um fabricante de lubrificantes pelo óleo de um fabricante diferente. Eles podem não ser idênticos ou compatíveis.

Processo de seleção de óleo

A seleção precisa de óleo é composta de três etapas detalhadas. Um resumo do processo de seleção é fornecido abaixo.

1 Seleção da viscosidade do óleo

O óleo é escolhido com base na viscosidade necessária para fornecer lubrificação suficiente nas condições de operação predominantes.

OBSERVAÇÃO: Baixa viscosidade quer dizer baixo atrito, mas um filme fino de óleo. Alta viscosidade quer dizer um filme de óleo espesso, mas alto atrito. Deve haver um equilíbrio!

Para formar um filme lubrificante adequado entre as superfícies de contato internas em um rolamento, o lubrificante deve reter uma certa viscosidade mínima na “temperatura normal de operação”. A viscosidade cinemática mínima v_1 necessária para a lubrificação adequada pode ser determinada, usando-se o diâmetro médio do rolamento d_m e a velocidade de rotação n (→ **diagrama 2**). A eficácia de um determinado lubrificante é determinada pela relação de viscosidade k , que é a razão entre a viscosidade real de operação v e a mínima viscosidade cinemática v_1 . Relações de viscosidade adequadas normalmente estão entre 1 e 4.

A viscosidade cinemática mínima é a viscosidade necessária “na temperatura normal de operação”. A viscosidade correspondente na temperatura de referência padronizada internacionalmente de

40 °C (105 °F) pode ser obtida (→ **diagrama 3, página 206**) ou calculada. Com essa informação, pode ser selecionado o ISO VG mínimo.

Para determinar o ISO VG mínimo, siga estas etapas:

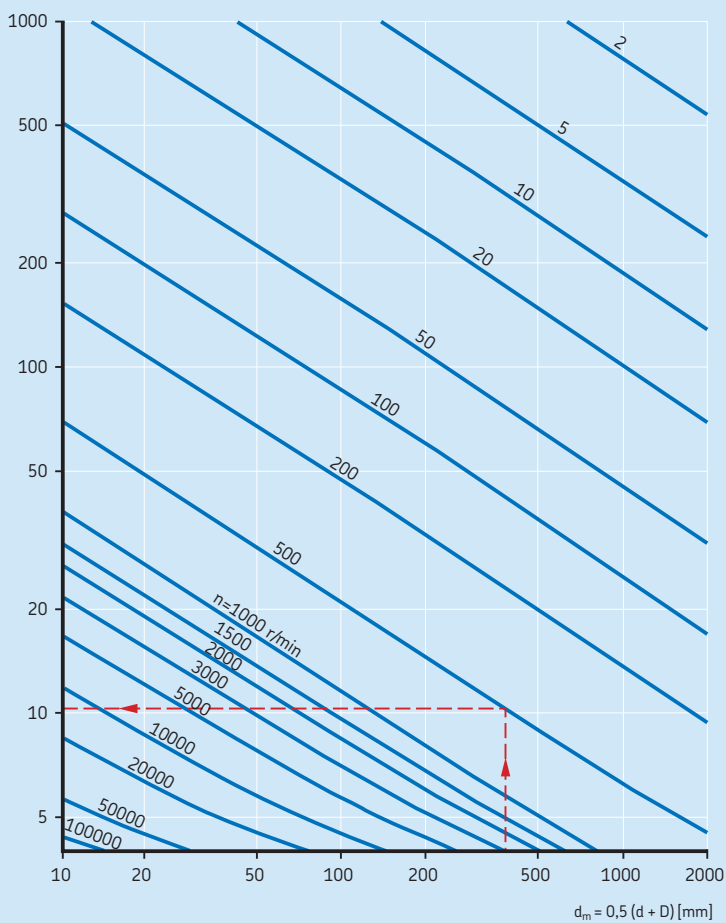
OBSERVAÇÃO: Ao determinar a temperatura de operação de um rolamento, lembre-se de que a temperatura do óleo normalmente é de 3 a 11 °C (5 a 20 °F) superior à temperatura da caixa de mancal do rolamento.

- 1 Determine o diâmetro médio do rolamento d_m , velocidade de rotação e a temperatura operacional esperada T .
- 2 Usando o **diagrama 2**, localize o ponto onde o diâmetro médio e a velocidade de rotação se cruzam.
- 3 Leia no cruzamento da linha horizontal com o eixo vertical para determinar a viscosidade cinemática mínima v_1 na temperatura de operação.
- 4 Usando o **diagrama 3, página 206**, localize o ponto onde a viscosidade cinemática mínima v_1 na temperatura de operação, determinada na etapa anterior, cruza a linha vertical da temperatura de operação esperada do rolamento.
- 5 Localize a primeira curva diagonal à direita desse ponto. Esse é o ISO VG mínimo que pode ser selecionado.

Se um lubrificante com um grau de viscosidade superior ao necessário é escolhido, pode ser esperada uma melhoria no desempenho do rolamento. No entanto, como uma maior viscosidade aumenta a temperatura de operação, deve haver um equilíbrio.

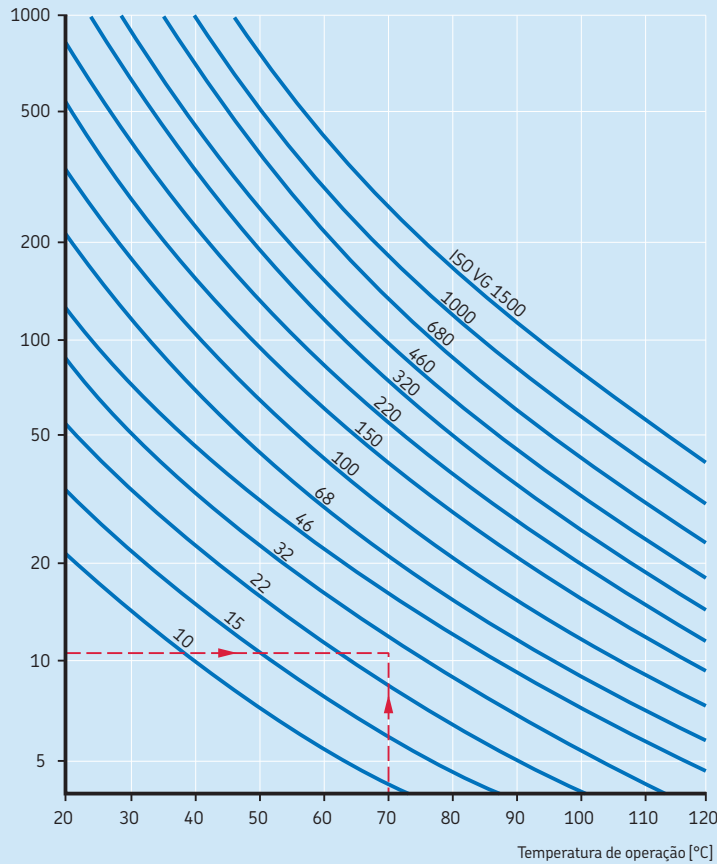
Exemplo

Um rolamento com um diâmetro de furo $d = 340$ mm e diâmetro externo $D = 420$ mm é solicitado a operar a uma velocidade $n = 500$ r/min. Portanto, $d_m = 0,5 (d + D) = 380$ mm. Do **diagrama 2**, a viscosidade cinemática mínima v_1 necessária para lubrificação adequada na temperatura de operação é aproximadamente 11 mm²/s. Do **diagrama 3, página 206**, assumindo que a temperatura de operação do rolamento é 70 °C (160 °F), encontra-se que um óleo lubrificante de viscosidade classe ISO VG 32, ou seja, uma viscosidade cinemática v de no mínimo 32 mm²/s na temperatura de referência de 40 °C (105 °F), será necessária.

Estimativa da viscosidade cinemática mínima v_1 na temperatura de operaçãoViscosidade requerida v_1 na temperatura de operação [mm²/s]

Conversão para viscosidade cinemática ν na temperatura de referência (classificação ISO VG)

Viscosidade requerida ν_1 na temperatura de operação [mm²/s]



2 Verifique os requisitos de aditivos antidesgaste e para extrema pressão

Aditivos antidesgaste (AW) e para pressão extrema (EP) são necessários para rolamentos que operam em velocidades baixas de rotação e sob cargas pesadas. Esses aditivos também são benéficos para cargas de choque, aplicações oscilantes e quando são frequentes as partidas e paradas.

AVISO: alguns aditivos EP podem ter um efeito prejudicial em materiais de rolamentos e podem reduzir dramaticamente a vida útil do rolamento, principalmente acima de 80 °C (175 °F). Verifique com o fabricante do lubrificante.

3 Avalie necessidades adicionais

Se existem condições específicas de operação, as propriedades do óleo devem complementar essas condições da mesma forma. Quando rolamentos devem operar dentro de uma ampla faixa de temperaturas, por exemplo, óleos com mínimas alterações na variação de temperatura, ou seja, óleo com um alto IV, devem ser selecionados.

Ferramentas adicionais de seleção de óleo

O programa SKF LubeSelect também pode ser usado para selecionar um tipo de óleo adequado e viscosidade. Um outro programa da SKF, LuBase, contém detalhes sobre mais de 2 000 lubrificantes, fornecidos por mais de 100 fornecedores de lubrificantes. Os dois programas estão disponíveis on-line em www.apitudexchange.com. Cálculos para viscosidades mínimas de óleo também podem ser realizados usando a fórmula disponível on-line em www.skf.com/bearings.

Essas ferramentas adicionais de seleção de óleo estão baseadas em um processo generalizado de seleção e somente devem ser utilizadas como diretrizes.

Sistemas de lubrificação a óleo

Tipos de sistemas de lubrificação a óleo

A escolha do método de lubrificação com óleo depende da aplicação, condições de operação e orientação do eixo. O projeto do sistema de lubrificação subsequente deve receber cuidadosa consideração. Por exemplo, como os óleos

são líquidos, devem ser fornecidas soluções adequadas de vedação para evitar vazamentos.

Um conhecimento básico do projeto e funcionamento de um sistema de lubrificação é benéfico para executar atividades de manutenção (→ **tabela 14, página 208**).

Lubrificação por névoa, que é usada em aplicações muito específicas, não está incluída nesta tabela.

Manutenção de sistemas de lubrificação a óleo

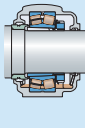
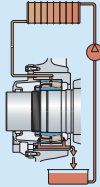
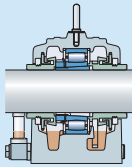
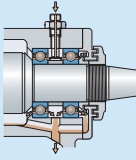
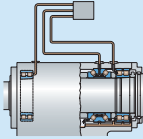
A manutenção de um sistema de lubrificação com óleo requer uma abordagem cuidadosa e sistemática. Além das diretrizes apresentadas abaixo, a SKF recomenda uma amostragem regular do óleo e avaliação da tendência dos resultados das análises.

- Para novas instalações de sistemas de lubrificação com óleo, verifique se o reservatório, o reservatório de coleta ou o cárter está preenchido com óleo para evitar que os rolamentos operem sem lubrificação na partida.
- Ao dar partida em uma máquina com um anel de coleta de óleo que ficou parado durante longo tempo, verifique se o reservatório de coleta de óleo está cheio.
- Inspeção o óleo em intervalos regulares quanto à contaminação, oxidação ou formação de espuma. Mas lembre-se de que o tamanho da menor partícula visível ao olho humano é de 40 µm.
- Para um sistema de lubrificação óleo-ar, verifique a pressão do ar no furo de entrada de óleo. Ela deve estar em torno de 6 bar.

AVISO

Máquinas que vazam óleo são perigosas e são um risco de incêndio. Encontre a origem do vazamento e repare-a imediatamente!

Sistemas de lubrificação com óleo

					
	Banho de óleo	Circulação de óleo	Anel de coleta de óleo	Jato de óleo	Óleo-ar
Descrição	O óleo, que é coletado pelos componentes giratórios do rolamento, é distribuído dentro do rolamento e depois flui de volta para o reservatório de coleta.	O óleo é bombeado para uma posição acima do rolamento, corre para baixo através do rolamento e se aloja no reservatório. O óleo é filtrado e a temperatura é ajustada, antes de ser retornado ao rolamento.	O anel de coleta, pendurado solto em uma bucha distanciadora, mergulha dentro do reservatório de coleta de óleo e transporta óleo para uma passagem de óleo. O óleo corre para baixo através do rolamento e se aloja de volta no reservatório de coleta de óleo.	Um jato de óleo sob alta pressão é direcionado para a lateral de cada rolamento.	Quantidades dosadas de óleo são direcionadas para cada rolamento por ar comprimido. Óleo, fornecido em determinados intervalos, cobre a superfície interna das linhas de alimentação e “flui” em direção aos bicos, onde é fornecido aos rolamentos.
Condições operacionais adequadas	Velocidades baixas e moderadas	Velocidades elevadas	Velocidades elevadas Temperaturas de funcionamento elevadas	Velocidades muito altas	Velocidades extremamente altas Baixas temperaturas de operação
Vantagens/desvantagens	Simples Econômico	Necessário bomba, filtros e sistema de resfriamento	Adequado somente para eixos horizontais	Necessidade de quantidade de óleo relativamente pequena	Econômico Ajuda a repelir contaminantes
Recomendações de projeto	Providencie um visor para verificações visuais.	Providencie dutos de drenagem apropriados – drenos horizontais devem ser evitados. Garanta que o furo de saída seja maior que o furo de entrada. Inclua vedações eficientes.	Providencie um visor para verificações visuais. Inclua vedações eficazes.	Verifique se a velocidade do jato de óleo é de pelo menos 15 m/s. Proporcione dutos de drenagem apropriados – drenos horizontais devem ser evitados.	Os bicos de óleo devem ser posicionados corretamente. Linhas de alimentação de até 10 m podem ser usadas. Um filtro é recomendado.

Intervalos de troca de óleo

O intervalo entre trocas de óleo depende principalmente do sistema de lubrificação, das condições de operação e da quantidade de óleo usada. Para todos os métodos de lubrificação, é recomendada a análise do óleo para ajudar a estabelecer um cronograma de troca de óleo apropriado.

Diretrizes para intervalos de troca de óleo são fornecidas na **tabela 15**. Em geral, quanto mais severas as condições, tanto maior a frequência em que o óleo deve ser analisado e trocado.

OBSERVAÇÃO: Não se esqueça de trocar regularmente os elementos do filtro.

Óleos para corrente

A lubrificação de correntes requer um filme de lubrificante apropriado, especialmente nas partes internas da corrente. Sem uma lubrificação adequada, pode ocorrer desgaste acelerado da roda dentada e alongamento da corrente.

A SKF fabrica lubrificadores de correntes (→ **fig. 12**) fornecidos com três tipos diferentes de óleos de corrente (→ **tabela 16**).

Fig. 12



Tabela 16

Faixa de óleos de corrente SKF

Propriedade	Designação	LHHT 265	LHFP 150
	LHMT 68		
Descrição	Temperatura média	Alta temperatura	Compatível com alimentos
Tipo de óleo base	Mineral	Éster sintético	Sintéticos éster
Viscosidade / Grau de Viscosidade	ISO VG 68	265 mm²/s	ISO VG 150
Temperatura de operação	-15 a +90 °C (5 a 195 °F)	Até 250 °C (480 °F)	-30 a +120 °C (-20 a +250 °F)

7

Tabela 15

Intervalos de troca de óleo		
Sistema de lubrificação a óleo	Condições operacionais típicas	Intervalo de troca de óleo aproximado ¹⁾
Banho de óleo ou anel de coleta de óleo	Temperatura de operação < 50 °C (120 °F) Pequeno risco de contaminação	12 meses
	Temperatura de operação 50 a 100 °C (120 a 210 °F) Alguma contaminação	3 a 12 meses
	Temperatura de operação > 100 °C (210 °F) Ambiente contaminado	3 meses
Circulação de óleo ou jato de óleo	Todas	Determinado por operações de teste e inspeção regular da condição do óleo. Dependente de quão frequentemente a quantidade total de óleo é circulada e se o óleo é ou não resfriado.

¹⁾ É necessária maior frequência de trocas de óleo se as condições operacionais forem mais exigentes.

Compatibilidade de óleos

Antes de mudar de óleo ou de misturar diferentes tipos de óleo, verifique se os dois óleos são compatíveis. Quando óleos incompatíveis são misturados, os óleos base podem ter uma reação química prejudicial. Verifique a compatibilidade do óleo base fornecida na **tabela 11 da página 201**.

Os rolamentos da SKF são tratados com um conservante à base de petróleo que é compatível com a maioria dos óleos de rolamentos.

AVISO: lembre-se de que mesmo se os óleos base forem compatíveis, os aditivos do óleo antigo podem alterar o desempenho do óleo novo. Para obter informações adicionais, entre em contato com o fabricante do lubrificante.

Análise do óleo

A análise do óleo é uma parte importante da manutenção da lubrificação. Amostras devem ser colhidas em intervalos regulares e analisadas cuidadosamente, o mais rápido, possível após a amostragem. Avaliar as tendências também é essencial para manutenção proativa.

Além de analisar óleos usados, a SKF recomenda a análise de óleos novos. Frequentemente, há uma contagem alta de partículas em tambores de óleo novos, como resultado dos diferentes manipuladores e das alterações ambientais ocorridas desde o fabricante até o cliente.

NOTA: lembre-se que um óleo novo contaminado afeta o histórico das análises.

Amostragem de óleo

Uma amostra de óleo deve ser representativa da real condição do óleo. A SKF recomenda seguir estas diretrizes ao se coletar amostras de óleo:

- 1 Use um reservatório pequeno, limpo que possa ser vedado apropriadamente.
- 2 Colete amostras no lado pressurizado de um sistema por circulação de óleo. Isso pode ser feito por meio de uma simples válvula de esfera.
- 3 Colete amostras de sistemas não pressurizados, por exemplo, banhos de óleo, através do furo de saída, deixando primeiro drenar um pouco de óleo.

- 4 Faça a vedação do reservatório imediatamente após colher a amostra para evitar a entrada de contaminantes.

Amostras de óleo normalmente são analisadas quanto a:

- cinemática
- oxidação
- concentração de partículas de desgaste
- teor de água
- perda de teor de aditivo

A viscosidade de um óleo normalmente deve estar dentro de 10% do valor base. A concentração de partículas de desgaste e o teor de água são medidos em partes por milhão (ppm). O teor de água deve ser < 200 ppm.

Teste de crepitação

O teste de crepitação é uma maneira simples de detectar a presença de água não dissolvida no óleo em uma amostra de óleo:

- 1 Aqueça uma chapa quente a aproximadamente 130 °C (265 °F).
- 2 Agite vigorosamente a amostra de óleo.
- 3 Coloque uma gota de óleo no centro da chapa quente.

Se houver presença de água, aparecerão bolhas de vapor. Se for possível ouvir estalidos, o teor de água provavelmente está acima de 2 000 ppm.

NOTA: esse teste não detecta água dissolvida no óleo e somente deve ser usado como uma diretriz. A SKF recomenda o envio das amostras para análise.

Contaminação e filtragem

Os contaminantes, que são substâncias indesejadas que causam impacto negativo no desempenho do lubrificante, podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. A contaminação pode resultar da vedação inadequada de uma aplicação ou sistema de lubrificação, sistema de filtragem inadequado ou com mau funcionamento, pontos de preenchimento contaminados ou partículas de desgaste geradas pela aplicação.

Contaminantes sólidos

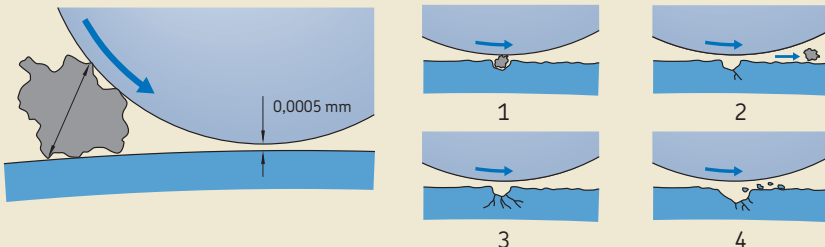
Contaminantes sólidos são criados dentro da aplicação como resultado de desgaste ou danos ou podem entrar na aplicação através de uma porta aberta, sistema de vedação inadequado ou com falha ou, mais provavelmente, como resultado de práticas inadequadas de relubrificação.

A entrada de contaminantes sólidos no interior do rolamento (→ **fig. 13**) causará indentações nas pistas como resultado de os elementos rolantes terem passado por eles (**1**). Em torno das impressões se formarão bordas em relevo devido à deformação plástica (**2**). Conforme os elementos rolantes continuam a passar sobre essas bordas em relevo, e o lubrificante está enfraquecido, ocorre a fadiga (**3**). Quando a fadiga atinge um certo nível, inicia o descasamento prematuro na extremidade da indentação (**4**).

OBSERVAÇÃO: A limpeza do lubrificante e o manuseio cuidadoso durante a montagem são fatores importantes na prevenção de indentações. Lembre-se de que mesmo pequenos pedaços de papel ou fiapos de algodão podem ser prejudiciais para um rolamento.

7

Fig. 13



Lubrificação

O método padrão para classificação do nível de contaminação em um sistema de lubrificação é descrito na ISO 4406:1999. Nesse sistema de classificação, o resultado da contagem de partículas sólidas é convertido em um código, usando-se um número de escala (→ **tabela 17**). Há dois métodos para verificar o nível de contaminação:

- O método de contagem por microscópio: com esse método e contagem, são usados dois números relacionados ao número de partículas $\geq 5 \mu\text{m}$ e $\geq 15 \mu\text{m}$.
- Método de contagem automática de partículas: com esse método, são usados três números da escala relacionados ao número de partículas $\geq 4 \mu\text{m}$, $\geq 6 \mu\text{m}$ e $\geq 14 \mu\text{m}$.

Utilizando-se o método de contagem automática de partículas, por exemplo, a SKF recomenda manter os níveis de partículas em ou abaixo de uma classificação de nível de contaminação de 18/15/12. Isso significa que o óleo contém entre 1 300 e 2 500 partículas $\geq 4 \mu\text{m}$, entre 160 e 320 partículas $\geq 6 \mu\text{m}$, e entre 20 e 40 partículas $\geq 14 \mu\text{m}$. Níveis mais altos são aceitáveis para rolamentos com um diâmetro de furo $> 100 \text{ mm}$.

Uma classificação de filtros é uma indicação da eficiência dos mesmos. A eficiência de filtros está relacionada a um tamanho específico de partículas. Portanto, tanto a classificação do filtro como o tamanho especificado de partícula devem ser considerados.

Para obter informações adicionais sobre classificação de contaminação e classificação de filtros, visite www.skf.com/bearings.

Contaminantes líquidos

Contaminantes líquidos incluem água, combustível, subprodutos do processo e produtos químicos como glicol. Onde é esperada contaminação por água devem ser usados desumidificadores. O tipo de desumidificador depende do risco estimado de penetração de água no sistema de lubrificação. Onde necessário e quando economicamente viável, é recomendada a remoção contínua de água.

Contaminantes gasosos

Contaminação por ar ou gás reduz a viscosidade do óleo e aumenta a formação de espuma. A formação de espuma pode levar à perda de óleo.

Tabela 17

Classificação de contaminação ISO

Número de partículas por mililitro de óleo		Número de escala
sobre	incl.	–
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

Produtos de lubrificação a óleo da SKF

A SKF oferece uma grande variedade de produtos para gerenciamento de óleo e manutenção de sistemas de lubrificação a óleo (→ **Apêndice L**, iniciando na **página 420**).

Para obter informações adicionais, visite www.mapro.skf.com e www.skf.com/lubrication.

Sistemas de lubrificação centralizados

Sistemas de lubrificação centralizados fornecem lubrificante de um reservatório central aos pontos de uma máquina onde ocorre atrito. O lubrificante é fornecido tantas vezes quantas necessárias e na quantidade correta. Óleo e graxa com graus NLGI até 2 normalmente podem ser usados. Como a capacidade de bombeamento é um dos fatores decisivos, muitas vezes são usadas graxas com baixos graus NLGI.

OBSERVAÇÃO: A manutenção para sistemas de lubrificação centralizados está restrita normalmente a reabastecer o reservatório de lubrificação e inspecionar ocasionalmente se há vazamento de óleo nos pontos de conexão. No entanto, sempre siga as instruções de manutenção fornecidas com o equipamento.

Seleção do lubrificante adequado

Muitos maus funcionamentos em sistemas de lubrificação centralizados podem ser atribuídos à escolha errada do lubrificante. Lubrificantes usados em sistemas de lubrificação centralizados devem atender ao seguintes critérios:

- estar isentos de partículas capazes de passar através de um filtro com uma malha de 25 µm
- estar isentos de ar na forma de bolhas (gases não dissolvidos) para evitar aumento de pressão e comportamento descontrolado do sistema de lubrificação.
- ser compatíveis com os materiais de todos os componentes nos arranjos de rolamentos, por exemplo, vedações
- ter boa resistência à oxidação, ou seja, boa estabilidade ao envelhecimento
- ter uma taxa de eliminação de óleo adequada, pois eliminação excessiva leva a perdas de pressão e sistemas bloqueados
- permanecer homogêneos e manter uma mesma consistência em todas as temperaturas de operação enfrentadas
- estar isentos de aditivos sólidos que possam causar acúmulo de depósitos na bomba, válvulas e distribuidores

Ao escolher entre sistema de lubrificação com graxa e com óleo, considerações técnicas e econômicas são decisivas. Os dois sistemas de lubrificação centralizados são comparados na **tabela 18, página 214**. A SKF recomenda usar óleo, onde possível, mais especialmente para aplicações como máquinas-ferramenta, máquinas de processamento de madeira, impressão e processamento de plástico.

Tipos de sistemas de lubrificação centralizados

Em termos técnicos, os sistemas de lubrificação centralizados estão divididos em sistemas de lubrificação por perda total ou por circulação, dependendo se o lubrificante é ou não reutilizado.

Sistemas de lubrificação centralizados são, por sua vez, categorizados com base no modo de funcionamento do sistema (→ **tabela 19, página 215**). Selecionar o sistema apropriado depende:

- das condições de operação, por exemplo, temperatura de operação, viscosidade, presença de sal na atmosfera
- do requisito de precisão da quantidade de lubrificante
- da geometria e tamanho do sistema de lubrificação
- dos requisitos de monitoramento

A SKF oferece abrangentes e modernos sistemas de lubrificação e soluções integradas que combinam o conhecimento em tribologia da SKF – a combinação das ciências de fricção, desgaste e lubrificação – e a experiência em rolamentos, vedações e monitoramento de condições.

Para obter informações adicionais sobre Sistemas de Lubrificação Centralizados da SKF, visite www.skf.com/lubrication. Para obter suporte técnico sobre requisitos específicos, entre em contato com o representante local SKF.

Sistemas de lubrificação por perda total

Em sistemas de lubrificação de perda total:

- Não há reutilização de lubrificantes.
- Pontos de atrito são abastecidos com lubrificante novo durante o ciclo de lubrificação.
- A quantidade de lubrificante fornecida é a quantidade necessária para criar um filme adequado de lubrificante.
- Não há dissipação de calor.

Grande parte das aplicações com sistemas de lubrificação centralizados lidam com a lubrificação de partes móveis, por exemplo, rolamentos e engrenagens.

A lubrificação por quantidade mínima (MQL) é uma forma especial de lubrificação por perda total. Esses sistemas lidam com a lubrificação de processos de usinagem, pulverização ou umedecimento de superfícies. Com lubrificação por quantidade mínima, é possível alcançar lubrificação eficaz com quantidades extremamente pequenas de óleo de um aerossol.

Sistemas de lubrificação por circulação

Em sistemas de lubrificação por circulação:

- Existe reutilização do lubrificante, ou seja, o óleo flui de volta para o reservatório de lubrificante para reuso, após ser filtrado e a temperatura ser ajustada.
- O calor relacionado a atrito e ao processo são dissipados.
- Vibrações são amortecidas.
- Partículas abrasivas, água condensada e do processo são removidas.
- Bolhas de ar são removidas e a espuma é reduzida.
- A corrosão é evitada.

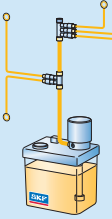
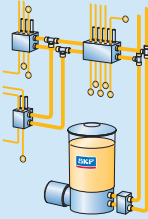
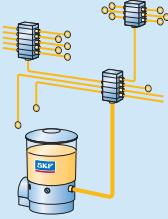
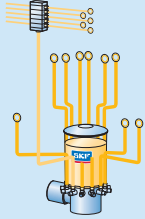
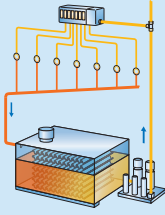
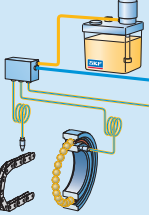
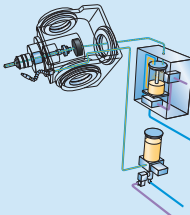
Tabela 18

Comparação de sistemas de lubrificação com graxa e com óleo centralizados

Critérios de seleção	Vantagens/desvantagens	
	Graxa	Óleo
Pressões de operação	50 a 400 bar	14 bar
Requisitos de tubulação e conexão	Tubulação de grande diâmetro (como resultado de perda de pressão excessiva)	Tubulação de pequeno diâmetro
Requisitos da potência da bomba	Potência relativamente alta	Baixa potência
Contaminação	Contaminantes permanecem em suspensão e podem se deslocar até a área de atrito.	Os contaminantes se acomodam no fundo do reservatório
Manutenção	Complicado medir o nível de graxa no reservatório Não é fácil completar a graxa	Fácil medir o nível de óleo no reservatório Fácil completar o óleo
Opção para lubrificante circulante	Não possível	Relativamente fácil de atingir
Vedação	Os rolamentos não precisam ser vedados O lubrificante tem uma função de vedação	O arranjo de rolamentos necessita ser vedado para evitar vazamento de óleo e contaminação das imediações O lubrificante não oferece proteção para contaminantes
Possibilidades de resfriamento e lavagem	Nenhuma	Sim

Tabela 19

Sistemas de lubrificação centralizados da SKF

				
	SKF MonoFlex	SKF DuoFlex	SKF ProFlex	SKF MultiFlex
Tipo	Linha única	Linha dupla	Progressivo	Linhas múltiplas
Lubrificantes adequados	Óleo Graxa com graus NLGI de 000 a 2	Óleo Graxa com graus NLGI de 000 a 3	Óleo Graxa com graus NLGI de 000 a 2	Óleo Graxa com graus NLGI de 000 a 3
Exemplos de aplicação	Máquinas-ferramenta, aplicações de impressão, têxteis e fora de estrada	Máquinas de usinagem, indústria de papel e celulose, usinas de mineração e cimento, guindastes, usinas de energia	Aplicações em máquinas de prensas gráficas e industriais, aplicações fora-de-estrada, turbinas eólicas	Indústria de petróleo e gás, aplicações industriais pesadas
				
	SKF CircOil	SKF Óleo+Ar	SKF LubriLean	
Tipo	Circulação de óleo	Óleo e ar	Lubrificação por quantidade mínima (MQL)	
Lubrificantes adequados	Óleo	Óleo	Óleo	
Exemplos de aplicação	Indústria de papel e celulose, máquinas de usinagem, aplicações industriais pesadas	Máquinas-ferramenta, aplicações em correntes, indústria siderúrgica	Máquinas-ferramenta	



Inspeção

Introdução	218
Metodologias de manutenção	218
Inspeção durante a operação	220
Monitoramento do ruído	221
Monitoramento da temperatura	221
Monitoramento das condições de lubrificação	222
Monitoramento da vibração de rolamentos	222
Medição da vibração	223
Análise da frequência de defeitos de rolamentos	224
Inspeção durante uma parada de máquina	224
Inspeção de rolamentos	225
Inspeção das superfícies de apoio da vedação	226

Introdução

Entre os rolamentos que falham prematuramente, muitos apresentam esse problema porque são submetidos a cargas de serviço inesperadas como desbalanceamento ou desalinhamento. A condição do rolamento é de importância vital ao monitorar a saúde do equipamento. Uma falha catastrófica de rolamento danifica os componentes associados e pode no final das contas levar a máquina a falhar.

A abordagem da manutenção do rolamento e da máquina tipicamente segue uma entre três metodologias de manutenção: reativa, preventiva ou preditiva. Cada uma delas tem vantagens e desvantagens, mas em geral, recomenda-se uma abordagem proativa, combinando o melhor das metodologias.

O monitoramento de condições é uma expressão coletiva que inclui o monitoramento de qualquer máquina através de instrumentos. O monitoramento multiparâmetro de condições é a técnica mais praticada e o monitoramento da vibração é o método mais utilizado para acompanhar as condições de uma máquina. A vantagem de usar a abordagem multiparâmetro é que ela permite que o sistema de monitoramento não leve em conta apenas os rolamentos, mas vai além dos rolamentos e considera a máquina como um todo. Isso proporciona a oportunidade de proteger os rolamentos corrigindo falhas subjacentes das máquinas em estágio inicial de desenvolvimento.

Os rolamentos e as máquinas associadas podem ser inspecionados durante a operação ou em uma parada, dependendo da natureza da atividade. A ampla variedade de atividades de inspeção pode ser feita por um grande número de instrumentos avançados disponíveis.

Metodologias de manutenção

A experiência mostra que as estratégias de manutenção variam consideravelmente de uma fábrica para outra. No entanto, as metodologias empregadas na implantação de todas as estratégias podem ser classificadas de maneira geral em um certo número de tópicos comuns (→ **diagrama 1**).

A manutenção reativa reflete a ausência de uma estratégia organizada de manutenção mas, em algumas situações, pode ser a única aborda-

Para obter informações adicionais sobre o monitoramento de condições SKF, visite www.skf.com/cm ou www.apitudexchange.com.

Para obter informações adicionais sobre os instrumentos de monitoramento de condições SKF e os produtos para manutenção SKF, visite www.skf.com/cm e www.mapro.skf.com.

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece ampla gama de cursos de treinamento sobre tópicos como análise de vibração e termografia (→ *Treinamento*, começando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

gem de manutenção adequada. A natureza das atividades reativas não permite que sejam previamente programadas. No entanto, podem ser planejadas antecipadamente para minimizar a interrupção das atividades programadas.

A manutenção preventiva é um processo rotineiro ou programado que se baseia em prevenir a ocorrência de defeitos inesperados, utilizando procedimentos adequados de manutenção e boas práticas de manutenção. Uma compreensão dos padrões de danos sofridos pelas máquinas e da estratégia de manutenção que aborda especificamente esses padrões teve efeito profundamente positivo no desempenho da manutenção e operacional.

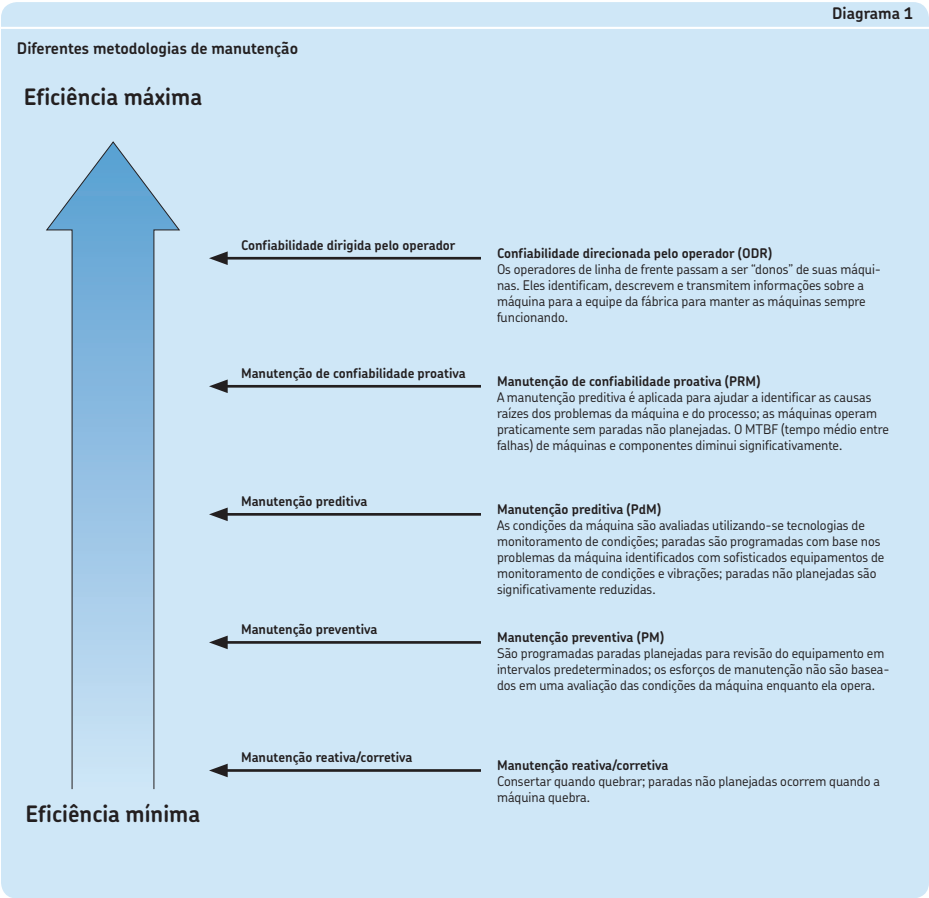
A manutenção preditiva (PdM) pode ser definida como um processo de manutenção que se baseia na inspeção, monitoramento e predição das máquinas. O monitoramento das condições da máquina compreende diversos instrumentos e técnicas como o monitoramento da vibração.

É evidente que individualmente nenhuma das metodologias de manutenção anteriormente mencionadas proporciona uma solução de manutenção definitiva. A solução real é uma combinação dessas metodologias.

A manutenção de confiabilidade proativa é um processo estruturado e dinâmico para utilizar a combinação apropriada das metodologias de manutenção reativa, preventiva e preditiva.

Para conseguir a máxima eficiência, a SKF recomenda adotar uma metodologia que promova a comunicação de informações sobre a máquina por toda a fábrica, direcionada pelo envolvimento e comprometimento do operador.

Diagrama 1



Inspeção durante a operação

Os rolamentos são componentes vitais de qualquer máquina com parte rotativas e devem ser monitorados de perto. Indicações prematuras das falhas de rolamentos permitem a substituição dos rolamentos durante manutenção regularmente programada, evitando paradas de máquina não programadas e de alto custo causados por falha do rolamento.

OBSERVAÇÃO: Rolamentos de máquinas críticas ou que operam em ambientes agressivos devem ser monitorados com mais frequência!

Há diversos instrumentos e métodos para monitorar durante a operação o desempenho de rolamentos e dos componentes de máquina associados. Os parâmetros importantes para medir as condições da máquina e obter o desempenho ideal do rolamento incluem ruído, temperatura e vibração.

Rolamentos que estão gastos ou danificados normalmente apresentam sintomas identificáveis. Muitas causas possíveis podem ser responsáveis e precisam ser investigadas (→ *Solução de problemas*, começando na **página 228**).

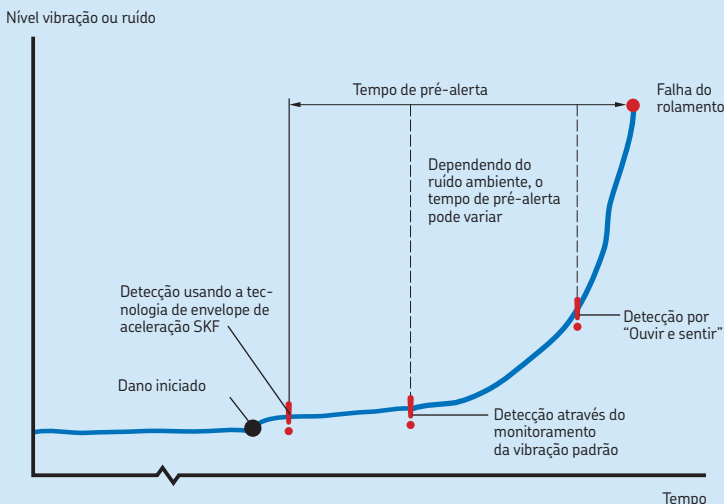
Por motivos práticos, nem todas as máquinas ou funções de máquina podem ser monitoradas por sistemas avançados. Nesses casos, os sinais de problema podem ser observados olhando ou ouvindo a máquina. No entanto, o uso dos sentidos humanos para detectar problemas de máquina tem benefícios limitados. No momento em que uma deterioração suficiente tenha ocorrido para que a alteração seja detectável, o dano pode já ser grande. A vantagem do uso de tecnologias objetivas, como a análise de vibração, é que as falhas são detectadas no estágio inicial de desenvolvimento, antes de se tornarem problemáticas (→ **diagrama 2**).

Para obter medições sejam precisas e resultados confiáveis, a SKF recomenda utilizar instrumentos profissionais de monitoramento de condições. Para ter uma visão geral dos instrumentos básicos de monitoramento de condições que a SKF fornece, consulte o **Apêndice N** começando na **página 432**. Para obter informações detalhadas sobre este assunto e os produtos associados, visite www.skf.com/cm e www.mapro.skf.com.

AVISO: não confunda detecção com análise. Substituir um rolamento danificado, após detectar altos níveis de vibração resolve o problema

Diagrama 2

A vantagem dos serviços avançados de monitoramento de condições



apenas temporariamente! A causa raiz da vibração deve ser identificada, analisada e tratada.

Monitoramento dos ruídos

Uma maneira comum de identificar uma irregularidade no desempenho do rolamento é ouvindo. Rolamentos em boas condições produzem um ruído contínuo, como traqueia de gato e outros sons irregulares geralmente indicam que os rolamentos estão em más condições ou que algo está errado.

A ampla variedade de sons produzidos pelas máquinas incluem também componentes ultrassônicos de ondas curtas que são, por sua natureza, extremamente direcionais. Instrumentos, tais como sondas ultrassônicas, isolam esses ultrassons dos ruídos do ambiente da fábrica e das máquinas e identificam a fonte.

Outro instrumento popular para identificar peças de máquinas com problemas ou rolamentos danificados é o estetoscópio eletrônico SKF (→ **fig. 1**), que detecta, rastreia e diagnostica todos os tipos de ruídos em máquinas.

Monitoramento da temperatura

É importante monitorar a temperatura operacional em todos os locais onde houver rolamentos. Se as condições operacionais não se alteram, o aumento da temperatura é frequentemente uma indicação de dano iminente no rolamento. No entanto, tenha em vista que há um aumento natural de temperatura durante um ou dois dias imediatamente após a lubrificação do rolamento e a cada relubrificação.

Os termômetros de contato (→ **fig. 2**) e termômetros sem contato da SKF podem ser usados para medir temperatura. Os termômetros sem contato são especialmente úteis em áreas de difícil acesso ou perigosas.

Além disso, os dispositivos termográficos e câmeras termográficas SKF utilizam o infravermelho para “ver” anormalidades térmicas ou “pontos quentes” que o olho humano não pode ver. A inspeção térmica por infravermelho pode revelar problemas potenciais e identificar as áreas problemáticas sem interromper a produção.

Fig. 1



Fig. 2



OBSERVAÇÃO: em aplicações onde o anel interno gira, a caixa de mancal é tipicamente 5 °C (9 °F) mais fria que o anel externo do rolamento e 10 °C (18 °F) mais fria que o anel interno do rolamento.

Monitoramento das condições de lubrificação

Os rolamentos atingem o desempenho máximo somente se os níveis de lubrificação forem adequados. Portanto, as condições de lubrificação de um rolamento devem ser acompanhadas de perto. E até mesmo a condição do lubrificante deve ser avaliada periodicamente. A melhor maneira de fazer isso é coletar algumas poucas amostras (normalmente de áreas diferentes) e analisá-las. O Kit de teste de graxa SKF (→ **fig. 3**) é uma ferramenta útil para verificar no campo as propriedades da graxa.

Em geral, a análise do lubrificante é feita por duas razões principais: para avaliar as condições do lubrificante e para avaliar as condições da máquina. Monitorar as condições do óleo, por exemplo, oferece a oportunidade de estender o intervalo de troca com a economia consequente do consumo de óleo e redução das paradas de máquina.

A SKF recomenda as seguintes orientações para as atividades relacionadas à inspeção da lubrificação:

- 1 Verifique se há vazamento de lubrificante nas áreas próximas do rolamento.
- 2 Examine todos os vazamentos de lubrificante. Normalmente, os vazamentos são causados por vedações desgastadas, defeitos de vedação, superfícies de apoio de vedações danificadas, contaminação de líquidos como água na graxa e bujões soltos. Também podem ser causados por peças mal encaixadas, por exemplo, entre um mancal e uma tampa de fechamento ou por óleo livre liberado pela graxa que foi desalojada por vibração.

OBSERVAÇÃO: As vedações de borracha são projetadas para permitir o vazamento de uma pequena quantidade de lubrificante para lubrificar a superfície de apoio da vedação.

- 3 Mantenha os colares de proteção e vedações de labirinto cheios de graxa para obter proteção máxima.
- 4 Verifique se os sistemas automáticos de lubrificação estão funcionando corretamente e fornecendo a quantidade correta de lubrificante aos rolamentos.
- 5 Verifique o nível do lubrificante em reservatórios de coleta e reservatórios e reabasteça quando necessário.

Fig. 3



- 6 Relubrifique os rolamentos com graxa, onde e quando aplicável (→ *Relubrificação*, começando na **página 192**).

Para obter informações sobre a análise do lubrificante, relubrificação com graxa e trocas de óleo, consulte *Lubrificação*, começando na **página 178**.

Monitoramento da vibração de rolamentos

A necessidade de monitoramento da vibração advém de três fatos fundamentais:

- Todas as máquinas vibram.
- O começo de um problema mecânico é geralmente acompanhado por um aumento dos níveis de vibração.
- A natureza da falha pode ser determinada a partir das características da vibração.

Cada problema mecânico gera uma frequência de vibração exclusiva. Portanto, essa frequência deve ser analisada para ajudar a identificar a causa raiz. Para captar a frequência da vibração, um transdutor (um sensor piezoelétrico) é estrategicamente colocado na máquina. Há grande variedade de frequências que podem ser geradas por diferentes falhas da máquina:

- faixa de baixas frequências, 0 a 2 kHz
- faixa de altas frequências, 2 a 50 kHz
- faixa de frequências muito altas, > 50 kHz

Vibrações de baixa frequência são causadas, por exemplo, por ressonância estrutural, desalinhamento ou frouxidão mecânica. Frequências altas e muito altas incluem aqueles geradas por danos (defeitos) em rolamentos. Assim, medindo a amplitude em termos da aceleração, é possível obter uma indicação muito precoce do aparecimento de problemas em rolamentos.

Medição da vibração

Onde medir

As medições de vibração, utilizando, por exemplo, o SKF Machine Condition Advisor (→ **fig. 4**), devem ser obtidas em três direções diferentes em cada posição de rolamento de uma máquina (→ **fig. 5**).

Medições horizontais normalmente mostram mais vibração do que as medições verticais porque uma máquina é normalmente mais flexível no plano horizontal. O desbalanceamento, por exemplo, produz uma vibração radial que é parcialmente vertical e parcialmente horizontal. Vibração horizontal excessiva é muitas vezes um bom indicador de desbalanceamento.

Normalmente, medições axiais mostram pouca vibração, mas quando existem, geralmente indicam desalinhamento e/ou um eixo torto.



Fig. 4

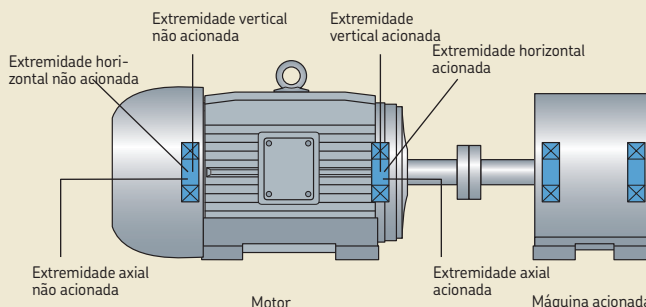
Quando medir

O melhor momento para medir a vibração é quando a máquina está operando em condições normais, ou seja, quando os rolamentos tiverem atingido a temperatura normal de operação e a rotação da máquina estiver dentro da especificação. Em máquinas de rotação variável, as medições devem sempre ser feitas no mesmo ponto no ciclo do processo.

OBSERVAÇÃO: Para fins de comparação, a localização e o tipo de medição, bem como as condições operacionais, devem ser idênticos cada vez que uma medida for feita.

8

Fig. 5



Análise da frequência de defeitos de rolamentos

Cada rolamento gera um sinal de baixa frequência. A frequência do sinal depende do número e tamanho dos elementos rolantes, do ângulo de contato do rolamento e o diâmetro do passo do elemento rolante.

Sempre que os elementos rolantes passarem por um defeito do rolamento, um sinal de alta frequência é gerado, o que provoca um pico na amplitude do sinal. A taxa desses picos é uma função da rotação, bem como da posição do defeito no rolamento e da geometria interna do rolamento.

Para monitorar as condições de um rolamento, é usada uma técnica chamada envelope ou envolvente de aceleração. Envelope isola o sinal de alta frequência gerado pelo defeito, de outras frequências que ocorrem naturalmente decorrentes da rotação ou estruturais na máquina (→ **diagrama 3**).

Cálculo das frequências dos defeitos no rolamento

Cada componente do rolamento tem uma frequência de defeito única, que permite que um especialista identifique o dano.

As seguintes frequências de defeitos podem ser calculadas:

- BPFO, frequência de passagem da esfera/rolo pela(s) pista(s) do anel externo [Hz]
- BPFI, frequência de passagem da esfera/rolo pela(s) pista(s) do anel interno [Hz]
- BSF, frequência de giro da esfera/rolo [Hz]
- FTF, frequência da gaiola (frequência fundamental do trem) [Hz]

Um programa para cálculo das frequências dos defeitos de rolamentos que, dessa forma, permite identificar o dano está disponível on-line em www.skf.com/rolamentos.

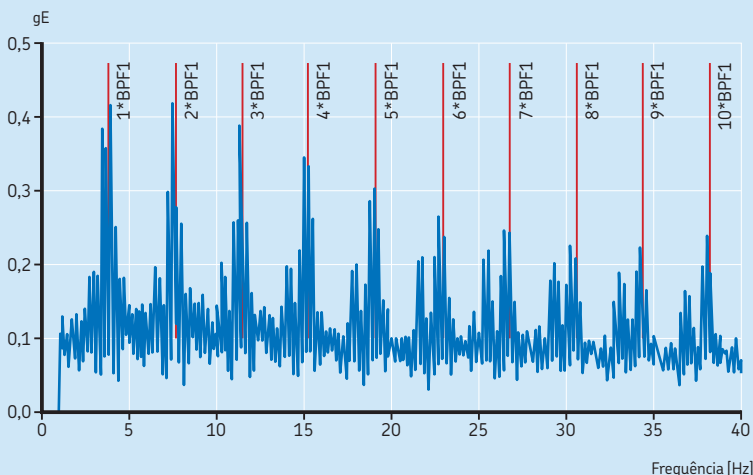
Inspeção durante uma parada de máquina

Quando uma máquina não está operando, há uma oportunidade para avaliar as condições de rolamentos, vedações, mancais, superfícies de apoio de vedações e lubrificante. A inspeção geral pode muitas vezes ser feita removendo uma tampa de mancal ou tampa. Para uma inspeção mais detalhada, primeiramente os rolamentos precisam ser limpos. Se um rolamento parece estar danificado, deve ser desmontado e cuidadosamente examinado.

O alinhamento do eixo e da correia, assim como uma inspeção minuciosa da fundação e da

Diagrama 3

Análise de envelope de aceleração



parte externa da máquina também pode ser feita durante uma parada da máquina. Qualquer condição, seja a ausência de um calço ou a deterioração da fundação, pode afetar negativamente o funcionamento da máquina. Quanto mais cedo um problema for identificado, mais cedo a ação corretiva pode começar.

Para obter mais informações sobre o alinhamento de máquinas, consulte *Alinhamento*, começando na **página 158**.

AVISO: substitua os rolamentos se estiverem danificados (e, quando aplicável, as luvas, porcas, arruelas e vedações associadas ao mesmo tempo). Instalar novos rolamentos durante uma parada regularmente programada é muito mais barato do que fazê-lo durante uma parada não programada causada por uma falha prematura do rolamento.

Inspeção de rolamentos

Rolamentos nem sempre são facilmente acessíveis. No entanto, é possível realizar inspeção visual quando os rolamentos estão parcialmente expostos. Durante a manutenção de rotina é o momento mais prático para inspecionar os rolamentos.

Nos casos em que é difícil ou demorado ter acesso para inspecionar os rolamentos, um Endoscópio SKF (→ **fig. 6**) pode ser uma ferramenta valiosa. Esse endoscópio particular, por exemplo, tem um tubo de inserção de diâmetro pequeno, um mostrador LCD e uma função para gravar imagens.

Ao inspecionar um rolamento montado, a SKF recomenda seguir estas orientações gerais:

OBSERVAÇÃO: tire fotografias durante o processo de inspeção para ajudar a documentar as condições do rolamento, lubrificante e da máquina em geral.

Preparativo

- 1** Limpe a superfície externa da máquina para evitar que a poeira e a sujeira entrem no arranjo de rolamento durante a inspeção.
- 2** Remova a tampa da caixa de mancal ou, no caso caixa de mancal bipartida, a metade superior da caixa de mancal, para expor o rolamento.
- 3** Colete um pouco de lubrificante da base da caixa de mancal para ser analisado

Fig. 6



AVISO

Para minimizar a chance de acidentes pessoais graves, antes de iniciar qualquer trabalho, execute os procedimentos de bloqueio/identificação necessários.

- 4** Em rolamentos abertos lubrificados com graxa, colete algumas poucas amostras de lubrificante, para serem analisadas. Inspeccione visualmente a condição do lubrificante. Muitas vezes, as impurezas podem ser detectadas apenas esfregando-se um pouco de lubrificante entre os dedos polegar e indicador. Outro método consiste em espalhar uma camada fina sobre uma folha de papel e examiná-la sob uma luz.
- 5** Limpe as superfícies externas expostas do rolamento com um pano que não solte fiapos.

AVISO: o contato direto com produtos à base de petróleo pode causar reações alérgicas. Use luvas de proteção e óculos de segurança SKF para manipular os solventes de limpeza de rolamentos!

Inspecção

- 1 Inspeção se há corrosão por contato nas superfícies externas expostas do rolamento. Se a corrosão por contato não for grave, remova com lixa fina fino molhado e seco.
- 2 Inspeção se há trincas nos anéis do rolamento.
- 3 Para rolamentos selados, inspeção se as vedações estão desgastadas.
- 4 Gire o eixo muito lentamente para sentir se há resistência desigual no rolamento. Um rolamento sem danos gira suavemente.

Quando for necessário inspecionar mais detalhadamente os rolamentos abertos lubrificados com graxa, faça o seguinte:

- 5 Remova toda a graxa da base da caixa de mancal.
- 6 Remova o máximo de graxa possível do rolamento com uma espátula não metálica.

OBSERVAÇÃO: guarde uma quantidade representativa da graxa para análise posterior (→ **fig. 7**).

- 7 Limpe o rolamento com um solvente à base de petróleo pulverizando o solvente no rolamento. Durante a limpeza, gire o eixo muito lentamente e continue a pulverizar, até que o solvente deixe de recolher sujeira e graxa. Para rolamentos de grandes dimensões que contêm um acúmulo de lubrificante muito oxidado, limpe com uma solução alcalina forte contendo até 10% de soda cáustica e 1% de agente umidificador.
- 8 Seque o rolamento com um pano sem fiapos ou ar comprimido limpo e sem umidade.
- 9 Use um endoscópio para inspecionar as pistas do rolamento, gaiola(s) e elementos rolantes quanto o descascamento, marcas, arranhões, linhas, descoloração e áreas espelhadas. Onde aplicável, meça a folga radial interna do rolamento (para determinar se houve desgaste) e verifique se está dentro da especificação.
- 10 Se as condições do rolamento forem satisfatórias, aplique a graxa adequada ao rolamento imediatamente e feche a caixa de mancal. Se os danos no rolamento forem evidentes, desmonte o rolamento (→ *Desmontagem*, começando na **página 252**) e proteja-o contra a corrosão. Em seguida, faça uma análise completa (→ *Falhas de rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**).

OBSERVAÇÃO: Alguns rolamentos grandes e médios podem ser adequados para recondicionamento. Para ter mais informações, consulte *Repotencialização e retrabalho*, na **página 331**.

Inspecção dos apoios de lábio no eixo da vedação

Para ser eficaz, um lábio de vedação deve operar sobre uma superfície de apoio lisa. Se a superfície de apoio estiver desgastada ou danificada, o lábio da vedação deixa de funcionar corretamente. Isso é particularmente importante ao instalar uma vedação nova. Se uma vedação nova for colocada em uma superfície de apoio desgastada ou danificada, ele não vedará ou falhará prematuramente.

Portanto, é necessário reparar a superfície de apoio de vedação, antes de instalar vedações novas.

Ao inspecionar a superfície de apoio da vedação, verifique também se há corrosão por contato. Se a corrosão por contato for evidente, mas não for grave, use lixa fina molhada e seca para remover.

Fig. 7



Graxa nova:
marrom

Graxa usada:
amarela

Fig. 8



OBSERVAÇÃO: eixos e outros componentes com as superfícies de apoio da vedação desgastadas ou danificadas não necessariamente têm de ser substituídos. Eles podem ser retrabalhados ou retrabalhados. Onde o apropriado é uma bucha SKF SPEEDI-SLEEVE (para diâmetros de eixo ≤ 203 mm) ou uma bucha de desgaste de grande diâmetro (LDSL) (para diâmetros de eixo > 203 mm) são uma forma excelente e de baixo de para reparar as ranhuras de desgaste (→ **fig. 8**). Para obter mais informações sobre as luvas de desgaste SKF, consulte *Reparo de um eixo desgastado com uma bucha de desgaste da SKF*, começando na **página 152**.



Solução de problemas

Introdução 230
Por que os rolamentos falham. 230
Fatores que influenciam a vida útil do
rolamento 230

Solução de problemas 232
Sintomas comuns de problemas no
rolamento 232
Condições problemáticas e suas soluções . . 235

Introdução

Por que os rolamentos falham

Apenas uma pequena fração de todos os rolamentos em uso falha (→ **diagrama 1**). A maioria deles (cerca de 90%) dura mais que o equipamento em que eles estão instalados. Alguns rolamentos (9,5%) são substituídos antes de falhar por razões de segurança (prevenção). Aproximadamente 0,5% dos rolamentos são substituídos porque apresentam danos ou falham.

São muitos os motivos de os rolamentos sofrerem danos ou falharem, incluindo:

- fadiga
- vedações ineficientes
- lubrificação inadequada
- carga maior que a prevista
- ajustes errados ou inadequados
- montagem incorreta

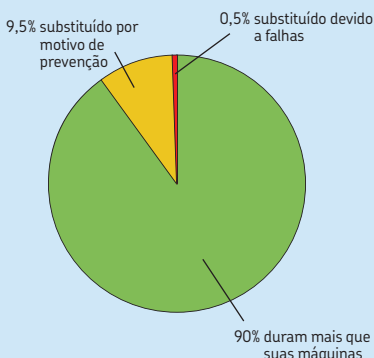
Cada um desses eventos produz seu próprio dano específico ao rolamento e deixa uma marca, chamada de padrão (→ *Padrões de trajetória*, começando na **página 291**). Consequentemente, examinando cuidadosamente um rolamento danificado, é possível, na maioria dos casos, encontrar a causa raiz do dano. Com base nos resultados, ações corretivas podem ser tomadas para prevenir a recorrência do problema.

Dos rolamentos que falham, geralmente:

- 1/3 falha por fadiga
- 1/3 falha devido a problemas de lubrificação
- 1/6 falha devido a contaminação

Diagrama 1

Vida e falha de rolamentos



Para obter informações adicionais sobre os instrumentos de monitoramento de condições e os produtos para manutenção SKF, visite www.skf.com/cm e www.mapro.skf.com.

A SKF oferece ampla variedade de serviços de manutenção mecânica (→ *Serviços de manutenção mecânica*, **página 330**) e o SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece ampla gama de cursos de treinamento (→ *Treinamento*, a partir da **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

- 1/6 falha por outros motivos (como manuseio e montagem inadequados)

Os números variam, dependendo do setor industrial. No setor de papel e celulose, por exemplo, uma das principais causas de falha dos rolamentos é contaminação e lubrificação inadequada e não fadiga.

Fatores que influenciam a vida útil do rolamento

De um modo geral, os rolamentos em uma aplicação têm uma vida calculada (→ *Vida do rolamento*, começando na **página 27**). Se os rolamentos vão ou não atingir ou exceder a vida calculada depende de uma série de fatores:

• Qualidade dos rolamentos

Somente rolamentos fabricados com os mais elevados padrões de qualidade podem oferecer longa vida útil.

• Armazenagem

A estocagem correta dos rolamentos é um aspecto importante da armazenagem adequada. Evitar estoque excessivo e utilizar a abordagem “primeiro que entra, primeiro que sai” ajuda a garantir que rolamentos novos estejam na prateleira. Isso é particularmente importante para os rolamentos contendo vedações ou placas de proteção, pois são lubrificados na fábrica e a graxa tem prazo de validade limitado. Considere também que, com as rápidas mudanças na tecnologia de fabri-

cação, os rolamentos fabricados atualmente têm uma vida agregada muito maior que os rolamentos feitos 10 ou 15 anos atrás. Para obter informações adicionais sobre a armazenagem de rolamentos, consulte *Armazenagem de rolamentos, vedações e lubrificantes*, começando na **página 41**.

• Aplicação

A aplicação utiliza rolamentos adequados.

• Montagem

Os rolamentos funcionarão da maneira adequada somente se forem montados corretamente (→ *Montagem de rolamentos*, começando na **página 44**). Técnicas inadequadas de montagem podem facilmente danificar os rolamentos, causando falha prematura.

• Lubrificação

Condições operacionais exigem lubrificantes e intervalos de relubrificação diferentes. Portanto, não é apenas importante aplicar o lubrificante correto, mas também aplicar a quantidade certa, no momento certo e com o método certo (→ *Lubrificação*, começando na **página 178**).

• Solução de vedação

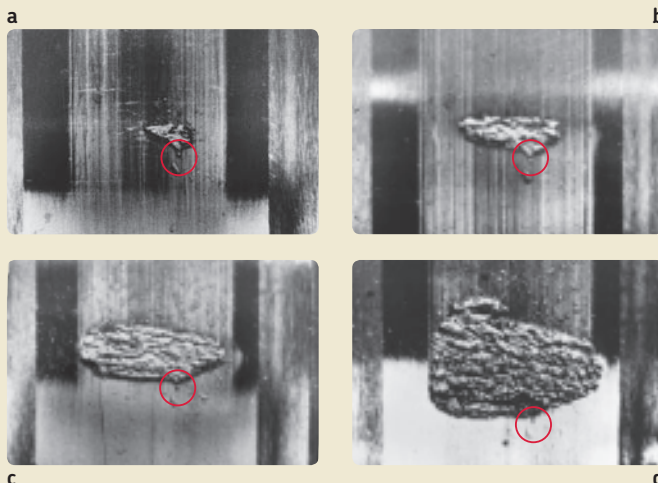
O objetivo da vedação é manter os lubrificantes dentro e deixar os contaminantes fora dos rolamentos. O rolamento pode falhar prematuramente se a aplicação não for vedada adequadamente.

Se qualquer um desses fatores for inadequado, a vida útil do rolamento pode ser comprometida. Se todos eles estiverem corretos, pode-se esperar longa vida útil do rolamento.

Por exemplo, considere uma aplicação com vedação inadequada. Quando os contaminantes, na forma de partículas, entram no rolamento através da vedação, os elementos rolantes podem passar por eles. Os elementos rolantes passando por eles criam impressões nas pistas (→ **fig. 1**). Partículas duras podem formar impressões com cantos cortantes. Quando a área ao redor das impressões é submetida a tensões, inicia-se a fadiga superficial e o metal começa a se desprender da pista. Este fenômeno é chamado de descascamento. Depois que a fragmentação ocorreu, o dano progride até inutilizar o rolamento.

O período de tempo desde o primeiro dano (inicial), até a inutilização do rolamento pode variar consideravelmente. Em rotações mais altas, pode ser uma questão de segundos. Em máquinas

Fig. 1



Progressão da falha

Os elementos rolantes passaram por um contaminante duro o que produziu um amassado na pista (**a**). A fadiga do material começou logo atrás do amassado. Ao longo do tempo, o descascamento tornou-se cada vez mais forte (**b, c**). Se a máquina não for paralisada a tempo, podem ocorrer danos secundários aos componentes da máquina. Além disso, a causa raiz do dano pode ter desaparecido (completamente) (**d**).

Solução de problemas

rotativas grandes e lentas, pode levar meses. A pergunta, “Quando devo substituir o rolamento?” é melhor respondida monitorando-se as condições do rolamento (→ *Inspeção*, começando na **página 216**).

Se um rolamento danificado não for diagnosticado e não for substituído antes de falhar catastroficamente, pode haver danos secundários à máquina e a seus componentes. Além disso, quando um rolamento falha catastroficamente, pode ser difícil, até mesmo impossível, determinar a causa raiz.

Solução de problemas

Rolamentos que não estão operando adequadamente geralmente apresentam sintomas identificáveis. A melhor forma de identificar esses sintomas e tomar ações corretivas no estágio inicial, é estabelecer em toda a fábrica um programa de monitoramento de condições (→ *Inspeção*, começando na **página 216**).

Nos casos em que os equipamentos de monitoramento de condições não estão disponíveis ou não são práticos, a seção seguinte apresenta algumas recomendações úteis para ajudar a identificar os sintomas mais comuns, suas causas e, sempre que possível, algumas soluções práticas. Dependendo do nível de dano do rolamento, alguns sintomas podem ser enganosos e, em muitos casos, resultam de danos secundários. Para efetivamente solucionar problemas de rolamentos, é necessário analisar os sintomas de acordo com os primeiros observados na aplicação. Isso é tratado com mais detalhe no capítulo *Danos aos rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

Tabela 1

Sintomas comuns de problemas no rolamento

- A Aquecimento excessivo → **tabela 1a**
- B Níveis excessivos de ruído → **tabela 1b**
- C Níveis excessivos de vibração → **tabela 1c, página 234**
- D Movimentação excessiva do eixo → **tabela 1d, página 234**
- E Momento de atrito excessivo para girar o eixo → **tabela 1e, página 235**

Sintomas comuns de problemas no rolamento

Os sintomas dos problemas no rolamento podem normalmente ser reduzidos a alguns poucos comuns que estão relacionados aqui. Cada sintoma é subdividido em categorias de condições que podem causar esse sintoma (→ **tabela 1**). Cada condição tem um código numérico que referencia soluções práticas para aquela condição específica (→ **tabela 2**, começando na **página 236**).

OBSERVAÇÃO: As informações para a solução de problemas apresentadas neste capítulo devem ser usadas apenas como orientação.

Tabela 1a

Sintoma: A. Aquecimento excessivo

Código da solução Causa possível

- 1 **Problema de lubrificação**
Lubrificante insuficiente – muito pouca graxa ou nível de óleo muito baixo
- 2 Excesso de lubrificante – muita graxa sem poder ser purgada ou nível de óleo muito alto
- 3 Tipo errado de lubrificante – consistência incorreta, viscosidade incorreta, aditivos incorretos
- 4 Sistema de lubrificação incorreto
- 5 **Condições da vedação**
Vedações da caixa de mancal muito justas ou outros componentes danificam as vedações
- 6 Diversos vedações em um arranjo de rolamentos (caixa de mancal)
- 7 Desalinhamento das vedações externas (caixa de mancal)
- 8 Rotação de operação muito alta para as vedações de contato em um rolamento
- 9 Lubrificação inadequada das vedações
- 10 Vedações orientadas no sentido incorreto
- 11 **Folga insuficiente na operação**
Escolha incorreta da folga interna inicial do rolamento
- 12 O material do eixo dilata mais que o anel do rolamento (por exemplo, aço inoxidável)
- 13 Grande diferença de temperatura entre o eixo e a caixa de mancal (caixa de mancal muito mais fria que o eixo)
- 14 Drive-up excessivo em um assento cônico
- 15 Condição excessiva de deformação circular do eixo ou da caixa de mancal – rolamento comprimido em uma caixa de mancal ovalizada
- 16 Excesso de interferência no ajuste do eixo ou diâmetro do assento do eixo superdimensionado
- 17 Excesso de interferência no ajuste da caixa de mancal ou diâmetro do assento da caixa de mancal subdimensionado
- 18 **Carga no rolamento incorreta**
Carga excessiva nos rolamentos devido a mudanças nos parâmetros da aplicação
- 19 Desalinhamento do deslocamento de duas unidades
- 20 Desalinhamento angular de duas unidades
- 21 Rolamento instalado ao contrário
- 22 Condição de desbalanceamento
- 23 Rolamento posicionado incorretamente
- 24 Cargas axiais induzidas excessivas
- 25 Carga insuficiente
- 26 Pré-carga excessiva

Tabela 1b

Sintoma: B. Níveis excessivos de ruído

Código da solução Causa possível

- 1 **Contato metal-metal**
Lubrificante insuficiente
- 3 Filme de óleo muito fino para as condições operacionais
- 25 Deslizamento (escorregamento) dos elementos rolantes
- 27 **Contaminação**
Impressões nas pistas e/ou nos elementos rolantes devidos à entrada e de contaminantes sólidos e porque os elementos rolantes passaram pelos contaminantes
- 28 Partículas sólidas deixadas na caixa de mancal pelo processo de fabricação ou falhas anteriores do rolamento
- 29 Contaminantes líquidos reduzindo a viscosidade do lubrificante
- 30 **Ajustes muito folgados**
Escorregamento do anel interno (girando) sobre o eixo
- 31 Escorregamento do anel externo (girando) na caixa de mancal
- 32 Porca de fixação solta no eixo ou na bucha do rolamento
- 33 Rolamento não está fixado com firmeza contra os componentes
- 34 Folga interna radial/axial excessiva no rolamento
- 1, 2, 3, 4 **Dano à superfície**
Desgaste devido a lubrificação ineficiente
- 25 Dano na superfície caracterizados por marcas na superfície causadas pelo escorregamento dos elementos rolantes
- 27 Impressões nas pistas e/ou nos elementos rolantes devidos porque os elementos rolantes passaram por contaminantes sólidos
- 35 Impressões nas pistas e/ou nos elementos rolantes devidos a carga de impacto ou choque
- 36 Marcas de resistência à medição do falso Brinell nas pistas e/ou nos elementos rolantes decorrentes de vibração estática
- 37 Descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à fadiga do material
- 38 Descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a dano iniciado na superfície
- 39 Corrosão química estática nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a produtos químicos/contaminantes líquidos
- 40 Micro descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à umidade ou corrente elétrica prejudicial
- 41 Estrias nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a passagem de corrente elétrica prejudicial
- 7 **Fricção**
Vedações da caixa de mancal instalados incorretamente
- 32 Bucha de fixação ou de desmontagem fixada incorretamente
- 33 Anéis espaçadores fixados incorretamente
- 42 Abas da arruela de segurança amassadas

Tabela 1c

Sintoma: C. Níveis excessivos de vibração

Código da solução	Causa possível
25	Contato metal-metal Deslizamento (escorregamento) dos elementos rolantes
27	Contaminação Pistas e/ou elementos rolantes com impressões devido à entrada de contaminantes sólidos e porque os elementos rolantes passaram por eles
28	Partículas sólidas deixadas na caixa de mancal pelo processo de fabricação ou falhas anteriores do rolamento
30	Ajustes muito folgados Escorregamento do anel interno (girando) sobre o eixo
31	Escorregamento do anel externo (girando) na caixa de mancal
1, 2, 3, 4 25	Dano à superfície Desgaste devido a lubrificação ineficiente Dano na superfície caracterizados por marcas na superfície causadas pelo escorregamento dos elementos rolantes
27	Impressões nas pistas e/ou nos elementos rolantes porque os elementos rolantes passaram por contaminantes sólidos
35	Impressões nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à carga de impacto ou choque
36	Marcas de resistência à medição do falso Brinell nas pistas e/ou nos elementos rolantes decorrentes de vibração estática
37	Descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à fadiga do material
38	Descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido ao dano iniciado na superfície
39	Corrosão química estática nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido aos produtos químicos/contaminantes líquidos
40	Micro lascas nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à umidade ou corrente elétrica prejudicial
41	Estrias nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a passagem de corrente elétrica prejudicial

Tabela 1d

Sintoma: D. Movimentação excessiva do eixo

Código da solução	Causa possível
30	Frouxidão Anel interno solto no eixo
31	Anel externo muito solto na caixa de mancal
33	Rolamento mal fixado no eixo ou na caixa de mancal
1, 2, 3, 4 37	Dano à superfície Desgaste devido à lubrificação ineficiente Lascas nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à fadiga
38	Lascas nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a dano iniciado na superfície
11 33	Folga interna do rolamento incorreta Rolamento instalado com a folga errada Rolamento mal fixado no eixo ou na caixa de mancal; folga axial excessiva

Tabela 1e

Sintoma: E. Momento de atrito excessivo para girar o eixo

Código da solução

Causa possível

Rolamento pré-carregado	
11	Folga incorreta selecionada para o rolamento de reposição
12	O material do eixo dilata mais que o aço do rolamento (por exemplo, aço inoxidável)
13	Grande diferença de temperatura entre o eixo e a caixa de mancal
14	Deslocamento excessivo em um assento cônico
15	Condição excessiva de deformação circular do eixo ou da caixa de mancal – rolamento apertado
16, 17	Ajustes por interferência excessivos do eixo e/ou da caixa de mancal
26	Pré-carga excessiva – montagem incorreta (pré-carga)
Arraste da vedação	
5	Vedações da caixa de mancal muito justos ou outros componentes danificam as vedações
6	Diversos vedações em um arranjo de rolamentos (caixa de mancal)
7	Desalinhamento das vedações externas (caixa de mancal)
9	Lubrificação inadequada das vedações
Dano à superfície	
37	Descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido à fadiga
38	Descascamentos nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a dano iniciado na superfície
41	Estrias nas pistas e/ou nos elementos rolantes devido a passagem de corrente elétrica prejudicial
Projeto	
43	Ressaltos do eixo e/ou caixa de mancal fora de perpendicularidade com o assento da caixa de mancal
44	Ressalto do eixo fora do especificado, danificando vedações/placas de proteção

Condições problemáticas e suas soluções

As soluções práticas para os sintomas comuns dos problema do rolamento estão descritas na **Tabela 2**, começando na **página 236**.

AVISO

Para minimizar a chance de acidentes pessoais graves, antes de iniciar qualquer trabalho, execute os procedimentos de bloqueio/identificação necessários.

AVISO: O contato direto com produtos à base de petróleo pode causar reações alérgicas! Leia as fichas de informações de segurança de produtos químicos antes de manusear lubrificantes e use sempre luvas de proteção.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

1

Lubrificante insuficiente

Lubrificação com graxa

Considerações durante a primeira lubrificação ou início de operação:

- A graxa deve preencher 100% do rolamento e subir até a parte inferior do eixo na caixa de mancal ($\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$).
- Se a cavidade da caixa de mancal ao lado do rolamento for pequena, pode ser necessário reduzir um pouco a quantidade de graxa para evitar o superaquecimento por agitação.
- → *Lubrificação*, começando na **página 178**.

Ações durante a operação:

- Verifique se as vedações estão desgastadas ou danificadas e se há vedações incorretas. (verifique se há vazamento de graxa).
- Vazamento devido à incompatibilidade das graxas. (verifique se há vazamento de graxa).

Ações durante a relubrificação:

- Verifique se o intervalo de relubrificação está correto (não muito longo).
- Verifique se a graxa chega até o rolamento.
- Verifique se graxa nova chega até o rolamento.

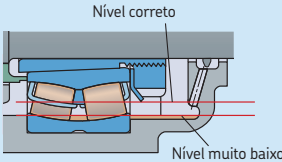
Lubrificação em banho de óleo

Consideração durante a primeira lubrificação, relubrificação ou paralisação:

- Em uma condição estática, o nível do banho de óleo deve estar no meio do elemento rolante mais baixo.

Ações durante a operação:

- Verifique se o mancal é ventilado adequadamente para evitar contrapressão, o que pode causar mau funcionamento dos lubrificadores automáticos.
- Verifique se as vedações estão desgastadas, danificadas e se há vazamento.
- Verifique se há vazamentos na caixa de mancal bipartida e, se necessário, aplique uma fina camada de veda-junta.



2

Excesso de lubrificante

Excesso de lubrificante pode causar excesso de agitação e temperaturas elevadas.

Lubrificação com graxa

Considerações durante a primeira lubrificação ou início de operação:

- A graxa deve preencher 100% do rolamento e subir até a parte inferior do eixo na caixa de mancal ($\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$).
- Se a cavidade da caixa de mancal ao lado do rolamento for pequena, pode ser necessário reduzir um pouco a quantidade de graxa para evitar o superaquecimento por agitação.
- → *Lubrificação*, começando na **página 178**.

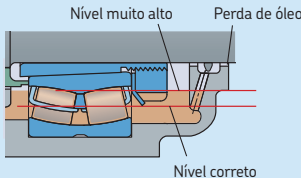
Ações durante a operação:

- Verifique se é possível purgar a graxa através das vedações ou de um bujão de drenagem. Uma válvula de escape de graxa pode evitar a aplicação excessiva de graxa.
- Verifique se as vedações estão corretamente orientadas, o que permite a purga do excesso de lubrificante enquanto evita a entrada de contaminantes.
- Verifique se o intervalo de relubrificação não está muito curto.
- Aplique a quantidade correta ao relubrificar.

Lubrificação em banho de óleo

Ações:

- Verifique se, em uma condição estática, o nível do banho de óleo está no meio do elemento rolante mais baixo.
- Verifique se os furos de retorno de óleo não estão obstruídos.
- A instalação de um visor em todas as caixas de mancal é uma maneira rápida e fácil de verificar se o nível de óleo nas caixas de mancal está correto.



Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

3



Lubrificante errado

Ações:

- Reavalie a aplicação para determinar a viscosidade correta do óleo base (graxa, óleo) e a consistência (graxa) requerida para as condições operacionais específicas (→ *Lubrificação*, começando na **página 178**).
- O contato metal-metal pode levar a calor excessivo e desgaste prematuro, por último levando a níveis mais elevados de ruído.
- Verifique a miscibilidade se a graxa ou o óleo foi trocado de um tipo para outro.
- Verifique a consistência da graxa.
- Verifique a viscosidade operacional.

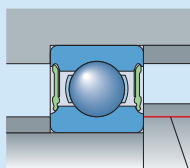
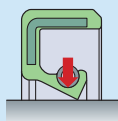
4

Sistema de lubrificação incorreto

Ações:

- Reavalie a rotação operacional e meça a temperatura de funcionamento.
- Determine se o lubrificante e o sistema de lubrificação adequados são utilizados.
- Mudar de graxa para óleo pode ser uma solução simples.
- Mudar de lubrificação em banho de óleo para óleo circulante pode ser uma solução.
- Adicionar um resfriador auxiliar a um sistema existente de lubrificação de óleo também pode evitar muitos problemas relacionados ao calor.
- Consulte a SKF ou o fabricante do equipamento para os requisitos específicos.
- Consulte os valores nominais de rotação no manual do fabricante do produto. Os valores de referência da SKF e velocidades limites estão disponíveis on-line em www.skf.com/bearings.

5



Altura correta

Vedações da caixa de mancal muito justos

Ações:

- Verifique o diâmetro do eixo para ter certeza que é do tamanho correto para a vedação do tipo mola específico sendo utilizado para evitar atrito excessivo ou substitua por uma vedação com a tensão de mola correta.
- Verifique se as vedações são lubrificadas corretamente.
- Verifique se há desgaste nos lábios da vedação.
- Vedações de feltro devem ser embebidos em óleo quente antes da instalação.

Outros componentes danificam as vedações do rolamento

Ação:

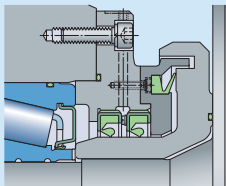
- Verifique os componentes adjacentes aos vedações:
 - alturas de encosto (→ www.skf.com/bearings)
 - possibilidade de acomodar o deslocamento axial se houver alongamento do eixo

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

6

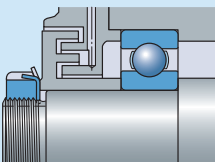


Diversos vedações em um arranjo de rolamentos (caixa de mancal)

Considerações:

- Se vários vedações de contato forem usados para evitar a entrada de contaminantes, o atrito e o calor aumentam.
- Antes de acrescentar outras vedações em uma aplicação, considere o efeito térmico no rolamento e lubrificante.
- Além disso, considere a potência adicional necessária para girar o equipamento.

7



Desalinhamento das vedações externas (caixa de mancal)

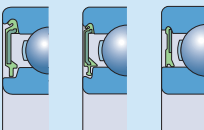
Considerações durante a montagem:

- Qualquer desalinhamento do eixo em relação à caixa de mancal pode causar a fricção de uma vedação sem contato ou do tipo com vão livre. Essa condição pode elevar as temperaturas, aumentar os níveis de ruído e acelerar o desgaste durante o período do amaciamento inicial. Ela também compromete a integridade da vedação.

Ações:

- Verifique o alinhamento e corrija conforme necessário.
- Se o desalinhamento não puder ser evitado, pode ser necessário aumentar a folga ou os vãos livres entre as vedações externas.

8



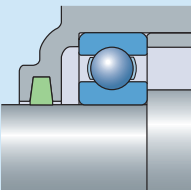
Vedações de contato

Rotação de operação muito alta para as vedações de contato no rolamento

Considerações:

- Os lábios da vedação têm uma rotação limite. Se as rotações de operação excederem esses limites, o lábio da vedação será danificado ocorrendo vazamento de graxa.
- Se a rotação de operação for aumentada ou se for usado um rolamento com uma vedação diferente, verifique se a vedação do rolamento pode acomodar a rotação.
- As vedações de contato geram mais calor que as vedações de baixo atrito, placas de proteção ou rolamentos abertos.

9



Lubrificação inadequada das vedações

Considerações:

- Vedações de contato de operação a seco podem adicionar quantidades significativas de calor ao sistema.

Ação durante a montagem:

- Verifique se as vedações estão adequadamente lubrificadas na partida de equipamento novo ou retrabalhado. (Vedações de feltro devem ser embebidos em óleo quente, antes da instalação).

Ações durante a operação:

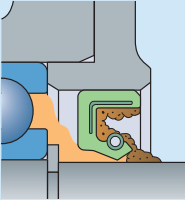
- Normalmente o lubrificante na caixa de mancal é lançado para fora em direção aos vedações e os lubrifica automaticamente.
- Vedações devidamente lubrificadas operam mais frias e criam uma vedação efetiva já que os vãos livres entre os contatos serão preenchidos com uma barreira lubrificante.
- A lubrificação adequada também reduz o desgaste prematuro da vedação.
- Verifique se as vedações estão desgastadas ou danificadas.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da
solução

Condição/Soluções práticas

10



Vedações orientadas no sentido incorreto, impedindo a purga da graxa

Consideração durante a montagem:

- Dependendo da aplicação, talvez seja necessário orientar as vedações de contato em um sentido específico para permitir a purga da graxa e impedir o vazamento de óleo.

Ação:

- Verifique os desenhos da aplicação, ou entre em contato com o fabricante do equipamento para determinar a orientação correta das vedações no equipamento.

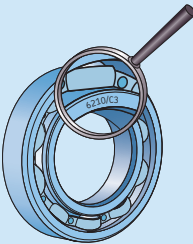
Consideração durante a operação:

- Os lábios da vedação virados para fora normalmente permitem a purga do excesso de lubrificante e impedem a entrada de contaminantes.

Ação:

- É necessário orientar corretamente as vedações para manter a graxa dentro e os contaminantes fora do rolamento.

11

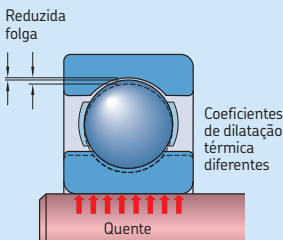


Escolha incorreta da folga interna inicial do rolamento

Ação:

- Verifique o conjunto para garantir que a folga interna do rolamento novo está em conformidade com as especificações do projeto original.
- Se um rolamento estiver superaquecendo após ser substituído e se a aplicação necessitar folga maior, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF sobre os efeitos da folga adicional no equipamento, bem como no rolamento.
- Verifique todas as dimensões, pois o desgaste dos componentes pode afetar a folga do rolamento.

12



O material do eixo (e da caixa de mancal) dilata mais que o aço do rolamento

Considerações durante o reprojeito ou repotencialização:

- Em alguns casos, os materiais do eixo e da caixa de mancal poderão ser alterados, por exemplo, eixo em aço inoxidável para atender regulamentos sobre alimentos ou um mancal de alumínio para reduzir o peso do equipamento.
- Quando o material do eixo tem coeficiente de dilatação térmica maior que o aço do rolamento, a folga radial interna é ainda mais reduzida. Portanto, para determinados aços inoxidáveis (série 300) de eixos, é necessário usar um ajuste um pouco mais folgado para o eixo ou um rolamento com uma folga radial interna maior, por exemplo CN para C3, C3 a C4 etc.
- Se uma caixa de mancal feita de um material com coeficiente de dilatação térmica maior que o aço do rolamento for utilizada, por exemplo, alumínio, pode ser necessário um ajuste um pouco mais apertado para evitar que o anel externo vire no assento da caixa de mancal.

Ação:

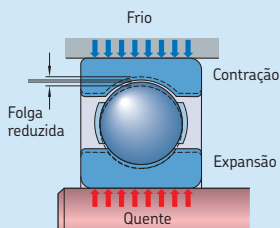
- Nos dois casos pode ser necessário calcular o efeito do material do novo eixo ou da nova caixa de mancal sobre a folga interna do rolamento e substituir o rolamento conforme necessário.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da
solução

Condição/Soluções práticas

13



Grande diferença de temperatura entre o eixo e a caixa de mancal

Considerações durante o projeto:

- Devido ao seu projeto, os arranjos de rolamento geralmente têm uma temperatura do anel interno maior que a temperatura do anel externo. Por exemplo, o eixo de um motor elétrico é relativamente quente, fazendo com que o anel interno dilate. As tampas do motor que contêm os anéis externos têm uma área superficial bastante grande, que promove a dissipação de calor, fazendo com que a diferença de temperatura seja considerável.

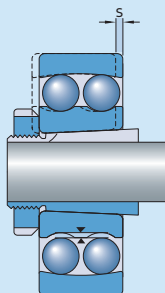
Considerações durante a operação:

- Uma grande diferença de temperatura entre o eixo e a caixa de mancal reduz a folga interna do rolamento, o que pode resultar numa folga muito pequena ou mesmo pré-carga, produzindo altas temperaturas de operação.

Ações:

- Verifique a temperatura do eixo e da caixa de mancal nas áreas mais próximas do rolamento.
- Se justificar, selecione um rolamento com folga interna maior para evitar pré-carga, por exemplo CN para C3, C3 para C4 etc.

14



Deslocamento excessivo em um assento cônico

Considerações durante a montagem:

- Montar um rolamento com furo cônico em um assento cônico (eixo ou bucha) reduz a folga radial interna no rolamento.

Considerações durante a operação:

- Deslocamento "s" excessivo pode resultar em muito pouca folga interna ou até mesmo pré-carga. Isso produz temperaturas de operação mais altas.
- Deslocamento "s" excessivo pode resultar em tensões periféricas muito altas no rolamento, fazendo o anel interno trincar.

Ações:

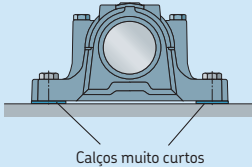
- Rolamentos autocompensadores de esferas pequenos: Após a montagem do eixo, verifique se o anel externo pode ser girado facilmente. Caso contrário, desmonte o rolamento e recomece o procedimento de montagem desde o início.
- Grandes rolamentos autocompensadores de esferas, rolamentos esféricos e rolamentos de rolos toroidais CARB: Compare a folga resultante, após a montagem com a folga inicial do rolamento. Consulte o **Apêndice F**, começando na **página 402** para ver os valores máximos de redução da folga. Se a folga for insuficiente, desmonte o rolamento e recomece o procedimento de montagem desde o início.
- Para a montagem apropriada, use o Método Drive-up da SKF ou método do ângulo de aperto para rolamentos autocompensadores de esferas, o Método Drive-up da SKF ou o método de redução da folga para rolamentos autocompensadores de rolos e rolamentos de rolos toroidais CARB. O reconhecido Método Drive-up da SKF (→ **página 57**) é uma maneira fácil de obter a folga de operação correta, sem usar calibradores de folga. Use SensorMount (→ **página 67**) para rolamentos muito grandes.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

15



O rolamento está montado sobre/dentro de um componente com deformação circular

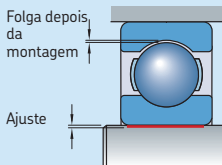
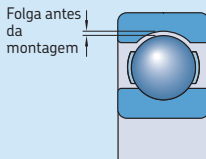
Considerações durante a operação:

- Um anel externo de rolamento montado em uma caixa de mancal avalizada ou deformada (ovalização de aperto/compressão) reduz a folga ou pré-carga e aumenta a temperatura de operação.
- Muitas vezes isso é caracterizado por duas zonas de carga no anel externo distanciadas 180° uma da outra.
- A ovalização de aperto (compressão) também pode restringir o movimento axial do rolamento livre e induzir cargas axiais pesadas.

Ações:

- Verifique se a superfície de apoio está plana para evitar pé manco. Calços calibrados devem cobrir toda a área da base da caixa de mancal.
- Verifique se a superfície de apoio da caixa de mancal é rígida o suficiente para evitar a flexão.
- Verifique se há problemas de circularidade (ovalização) nos assentos do eixo e da caixa de mancal (→ **Apêndice D-1, página 386**).
- Usine novamente, se necessário.

16



Ajuste com muita interferência do eixo ou diâmetro do assento do eixo superdimensionado

Considerações durante o projeto:

- Um ajuste muito apertado entre o anel interno do rolamento e o assento do eixo expande o anel interno, reduzindo a folga interna do rolamento.
- Se o ajuste for muito apertado, pode resultar em folga operacional muito pequena no rolamento ou mesmo pré-carga. Isso fará com que o rolamento trabalhe quente.

Ações:

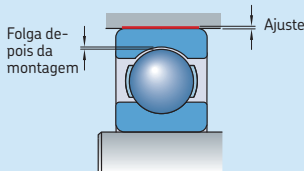
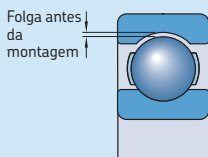
- Verifique se o rolamento instalado tem a folga interna correta.
- Se o eixo for novo ou retrabalhado, verifique cuidadosamente a exatidão dimensional e de forma do assento do rolamento (→ **Apêndice D-1, página 386**).
- Antes de tomar qualquer ação corretiva, verifique as dimensões do furo da caixa de mancal.
- Se todas as dimensões estiverem conforme as especificações, pode ser necessário usar um rolamento com uma folga interna maior.
- Observe que um ajuste por interferência no eixo e na caixa de mancal produzirá uma folga operacional muito pequena (→ **Fixação radial dos rolamentos, a partir da página 31**).

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

17



Ajuste com muita interferência na da caixa de mancal ou diâmetro do assento da caixa de mancal subdimensionado

Considerações durante o projeto:

- Um ajuste por interferência entre o anel externo do rolamento e o assento da caixa de mancal comprime o anel externo, reduzindo a folga interna do rolamento.
- Se o ajuste for muito apertado, pode resultar em folga operacional muito pequena no rolamento ou mesmo pré-carga. Isso fará com que o rolamento trabalhe quente.

Ações:

- Verifique se o rolamento instalado tem a folga interna correta.
- Se a caixa de mancal for nova ou retrabalhada, verifique cuidadosamente a exatidão dimensional e de forma do assento do rolamento (→ **Apêndice D-1, página 386**). Retifique o assento da caixa de mancal no ajuste apropriado. Se isso não for possível, use um rolamento com uma folga interna maior.
- Observe que um ajuste por interferência no eixo e na caixa de mancal produzirá uma folga operacional muito pequena (→ *Fixação radial dos rolamentos*, a partir da **página 31**).
- Observe que para uma carga rotativa no anel interno, um ajuste por interferência fará com que o rolamento "livre" se torne fixo, induzindo uma carga axial e calor excessivo.

18

Carga excessiva nos rolamentos devido a mudanças nos parâmetros da aplicação

Considerações durante o reprojeito ou repotencialização:

- O aumento das cargas externas em um rolamento gera mais calor dentro do rolamento.
- Cargas mais pesadas reduzem a vida útil do rolamento.
- Portanto, se o projeto for alterado, reavalie as cargas para assegurar que não aumentaram.

Exemplos:

- Mudança de um acoplamento para acionamento por correia.
- Mudança de um acoplamento para uma polia.
- Aumento da rotação de uma peça de equipamento.

Ação:

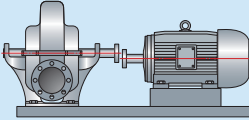
- Mudanças no desempenho de um equipamento devem ser analisadas com o fabricante de equipamento original.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

19



Desalinhamento entre duas unidades

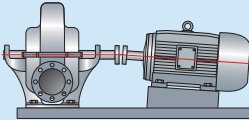
Considerações durante a montagem:

- As caixas de mancal não estão em uma linha reta (verticalmente ou horizontalmente).
- Isso induz cargas adicionais sobre os rolamentos e vedações, que aumentam o atrito e a temperatura e reduzem a vida útil dos rolamentos, vedações e lubrificantes.

Ação:

- Alinhe as caixas de mancal utilizando os equipamentos adequados e usando calços para realinhar verticalmente (→ *Alinhamento*, começando na **página 158**).

20



Desalinhamento angular entre duas unidades

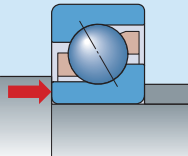
Considerações durante a montagem:

- As duas superfícies de apoio não estão alinhadas: uma está inclinada em relação à outra.
- Isso induz cargas adicionais sobre os rolamentos e vedações, que aumentam o atrito e a temperatura e reduzem a vida útil dos rolamentos, vedações e lubrificantes.

Ação:

- Alinhe as caixas de mancal utilizando o equipamentos adequado e calços (→ *Alinhamento*, começando na **página 158**).

21



Rolamento instalado ao contrário causando retirada de carga de rolamentos de esferas de contato angular

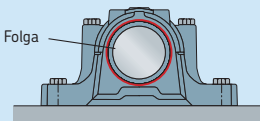
Considerações durante a montagem:

- Os rolamentos direcionais devem ser instalados no sentido correto para funcionarem adequadamente.
- Por exemplo: os rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular podem suportar cargas axiais em apenas um sentido. Se for instalado ao contrário, a carga axial será assumida pelo ressalto inferior do anel interno, o que danifica o rolamento, aumenta o calor gerado pelo rolamento e causa falha prematura do rolamento.

Ação:

- Durante a montagem, verifique a direção da carga axial suportada pelo ressalto do eixo.

22



Condição de desbalanceamento

Considerações durante a operação:

- Uma carga desbalanceada pode gerar uma carga rotativa no anel externo que aumenta significativamente o calor gerado pelo rolamento enquanto aumenta a carga no rolamento.

Ações:

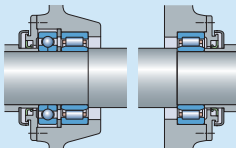
- Verifique se há acúmulo de sujeira/contaminantes no rotor.
- Balanceie novamente o equipamento.
- Observe que um assento de caixa de mancal muito grande também causará vibração e escorregamento (giro) do anel externo.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

23



Regra livre bloqueado

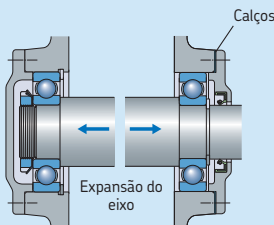
Considerações durante o projeto ou montagem:

- Em algumas aplicações, o arranjo de rolamento para a posição fixa consiste de um rolamento radial e um rolamento axial.
- Se o rolamento radial for fixado axialmente, será submetido a cargas axiais, resultando em uma combinação de cargas muito elevada. Isso pode causar temperaturas excessivas e, possivelmente, falha prematura do rolamento.
- Se o rolamento axial for fixado radialmente, será submetido a cargas radiais, resultando em uma combinação de cargas (muito) elevada. Isso pode causar temperaturas excessivas e, possivelmente, falha prematura do rolamento.

Ação:

- Verifique se o rolamento radial tem alívio axial e se o rolamento axial tem alívio radial. Para evitar que o anel externo do rolamento axial gire, deve ser providenciado um encosto. Por exemplo, um rolamento de esferas de quatro pontos de contato geralmente tem canal de chaveta no anel externo.

24



Os rolamentos estão dispostos em X e o eixo não pode mais expandir

Considerações durante o projeto ou montagem:

- Quando os rolamentos são dispostos em X e a expansão do eixo está muito restrita, são induzidas cargas internas nos dois rolamentos.
- As cargas induzidas podem causar temperaturas de operação excessivas e maior momento de atrito.
- As cargas induzidas podem ser pesadas e causar prematuramente descascamento por fadiga.

Ações:

- Insira calços entre a caixa de mancal e a tampa para obter folga adequada entre a tampa e a face lateral do anel externo para evitar a pré-carga axial dos rolamentos.
- Se possível, aplique uma carga de mola axial sobre o anel externo para reduzir a folga axial no sistema de rolamentos.
- Determinar a expansão do eixo deve ajudar a estabelecer quanta folga é necessária entre a face lateral do anel externo do rolamento e a tampa da caixa de mancal.

25



Carga mínima de escorregamento na entrada da zona de carga

Considerações durante o projeto:

- A fim de proporcionar operação satisfatória e evitar danos na superfície do rolamento, todos os rolamentos de esferas e de rolos devem estar sempre submetidos a uma carga mínima determinada ([→ www.skf.com/bearings](http://www.skf.com/bearings)).
- Se os requisitos de carga mínima não forem atendidos, pode ocorrer deslizamento (escorregamento). Isso gera excesso de calor e ruído. Graxas extremamente densas podem contribuir para essa condição, especialmente em ambientes muito frios.

Ações:

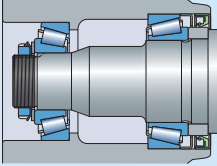
- É necessário aplicar cargas externas adicionais ou dispositivos externos tipo mola.
- Alternativamente, pode ser necessário um rolamento com folga interna diferente ou de tipo diferente.
- Diminuir o tamanho do rolamento também pode ser uma solução.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da
solução

Condição/Soluções práticas

26



Ajuste do rolamento resulta pré-carga excessiva

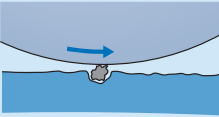
Considerações durante a montagem:

- Ao ajustar a folga axial ou pré-carga em um arranjo de rolamentos, o apertar em excesso o dispositivo de ajuste (porca de fixação) pode resultar em pré-carga excessiva e temperaturas excessivas de operação.
- Pré-carga excessiva também aumenta o momento de atrito nos rolamentos. Exemplo: rolamentos de rolos cônicos ou rolamentos de esferas de contato angular com um rolamento em cada extremidade do eixo.

Ações:

- Verifique junto ao fabricante do equipamento os procedimentos de montagem adequados para definir a folga ou pré-carga no equipamento.
- Use um relógio comparador para medir o movimento axial do eixo (durante e) após o ajuste.

27



Contaminantes sólidos entram no rolamento e causam endentações nas pistas

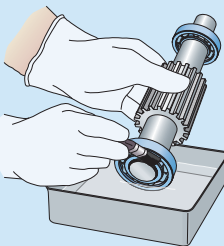
Consideração durante a operação:

- Os contaminantes podem danificar as superfícies de contato do rolamento, aumentando o ruído e a vibração. Em alguns casos, as temperaturas também podem aumentar.

Ações:

- Verifique o seguinte no arranjo de vedações:
 - A vedação correta foi utilizada.
 - A vedação foi instalada corretamente.
 - Não há desgaste da vedação, vedação danificada ou vazamento de lubrificante.
- Pode ser necessário reduzir o intervalo de relubrificação. Fornecer quantidades menores de graxa nova com maior frequência pode ajudar a purgar a graxa contaminada do rolamento/cavidade da caixa de mancal (→ *Relubrificação*, começando na **página 192**).
- Considere substituir rolamentos abertos por rolamentos vedados.

28



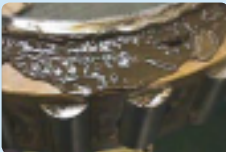
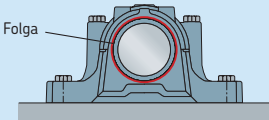
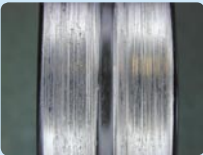
Partículas sólidas provenientes da fabricação ou de falhas anteriores do rolamento na caixa de mancal

Considerações durante a limpeza ou montagem e sobre o lubrificante:

- Podem ocorrer deformações nas pistas do rolamento quando os contaminantes sólidos proveniente de uma falha anterior, do desgaste de outros componentes como engrenagens, ou de lubrificantes contaminados são deixados na caixa de mancal do rolamento.
- Isso pode aumentar os níveis de temperatura, ruído e vibração.

Ações:

- Remova todas as rebarbas e verifique se todas as superfícies usinadas estão lisas.
- Limpe bem a caixa de mancal e todos os componentes dentro da caixa de mancal antes de instalar um rolamento novo.
- Verifique se o lubrificante utilizado está limpo e não contém nenhum contaminante. (Recipientes de graxa devem ser fechados e armazenados adequadamente).

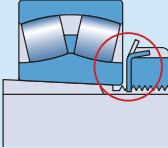
Condições problemáticas e suas soluções	
Código da solução	Condição/Soluções práticas
29	 Contaminantes líquidos reduzem a viscosidade do lubrificante Considerações durante a montagem ou lubrificação ou sobre vedação: • Contaminantes líquidos reduzem a viscosidade do lubrificante, o que pode gerar contato metal-metal. • Além disso, podem causar formação de ferrugem nas superfícies de contato do rolamento. • Essas condições levam a um aumento da temperatura, do desgaste e dos níveis de ruído. Ações: • Verifique as vedações da caixa de mancal para ver se podem evitar adequadamente a infiltração de contaminantes líquidos. • Pode ser necessário reduzir o intervalo de relubrificação. Fornecer quantidades menores de graxa nova com maior frequência pode ajudar a purgar a graxa contaminada do rolamento/cavidade da caixa de mancal (→ <i>Relubrificação</i>, começando na página 192).
30	 Anel interno apresentando fluência (gira) no assento do eixo Considerações sobre ajustes ou fluência: • A maioria das aplicações possui um eixo rotativo em que a carga é unidirecional. Essa é considerada uma carga rotativa do anel interno e exige um ajuste interferente no eixo para evitar movimento relativo. O desempenho adequado dos rolamentos é altamente dependente de ajustes corretos. • No entanto, um anel interno pode apresentar fluência ou girar sobre o seu assento do eixo se o assento estiver subdimensionado ou gasto. • Isso produz aumento dos níveis de ruído e vibração, bem como de desgaste. Ação: • Metalize e retifique o assento do eixo no tamanho adequado (→ <i>Fixação radial dos rolamentos</i>, começando na página 31). • •
31	 Folga  Anel externo apresentando fluência (gira) no assento da caixa de mancal Assento desgastado ou superdimensionado Considerações sobre ajustes ou escorregamento: • A maioria das aplicações possui uma caixa de mancal estacionária em que a carga é unidirecional. Essa é considerada uma carga estacionária do anel externo e, na maioria das condições, o anel externo pode ser mantido no lugar com ajuste folgado. • No entanto, um anel externo pode apresentar escorregamento ou girar sobre o assento da sua caixa de mancal se o assento estiver superdimensionado ou gasto. • Isso produz aumento dos níveis de ruído e vibração, bem como de desgaste. Ações: • Metalize e retifique o assento da caixa de mancal no tamanho adequado (→ <i>Fixação radial dos rolamentos</i>, começando na página 31). • Para rolamentos grandes, usar o assento para um diâmetro maior e usar uma bucha de cartucho pode ser uma solução. Carga desbalanceada Considerações sobre ajustes ou escorregamento: • As cargas resultantes de um eixo desbalanceado podem fazer com que o anel externo apresente escorregamento, mesmo que os ajustes estejam corretos. Ações: • Elimine a causa do desbalanceamento. • Balanceie novamente a máquina.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da
solução

Condição/Soluções práticas

32



A porca de fixação do rolamento está solta no eixo ou na bucha de fixação

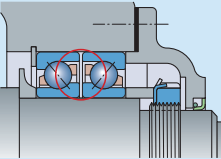
Considerações durante a montagem:

- Uma porca de fixação ou arruela de trava solta no eixo ou na bucha de fixação pode fazer com que o rolamento se solte de seu assento.
- Isso pode fazer com que o anel interno escorregue (gire) no assento do seu eixo.
- Essa condição pode aumentar os níveis de ruído e o calor gerados pelo rolamento, mas também leva ao mau posicionamento do rolamento.

Ações:

- Aperte a porca de fixação para obter a posição correta do anel interno (folga interna do rolamento) (→ *Montagem de rolamentos*, começando na **página 44**).
- Verifique se a porca de fixação está devidamente fixada, pela aba de uma arruela de trava por exemplo, ao concluir a montagem.

33



O rolamento não está fixado com firmeza contra os componentes de encosto

Considerações durante a montagem:

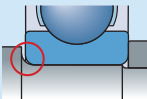
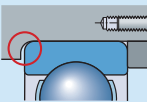
- Um rolamento que não está devidamente encostado contra um componente adjacente pode não manter a folga interna necessária ou pré-carga.
- Essa condição pode aumentar os níveis de ruído e afeta negativamente o desempenho do rolamento.

Exemplos:

- Um par de rolamentos de esferas de contato angular compatíveis que não estão devidamente encostados.
- Isso pode aumentar a folga axial do par de rolamentos, causando danos pelo deslizamento da esfera (danos nas pistas do rolamento), aumento dos níveis de ruído e problemas de lubrificação.
- Não encostar corretamente o rolamento também afeta o posicionamento do eixo.

Ação:

- Verifique se os dispositivo de encosto posicionam ambos os rolamentos contra o ressalto ou espaçador de seu eixo.



Raios de concordância fora de padrão

Considerações durante a montagem:

- Se o raio de um componente adjacente for muito grande, o apoio do rolamento não será adequado.
- Essa condição pode deformar os anéis do rolamento.
- O rolamento não atinge a folga interna adequada (pré-carga).

Ação:

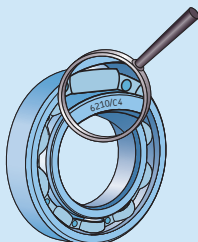
- Usine o raio para obter o apoio adequado.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

34



Folga radial ou folga axial interna muito grande em um rolamento

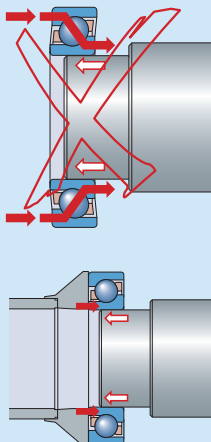
Considerações durante a operação:

- Excesso de folga radial ou axial interna pode aumentar os níveis de ruído porque os elementos rolantes são capazes de se mover livremente para fora da zona de carga.
- Além disso, folga demais também pode ter um efeito negativo no desempenho dos rolamentos, devido ao deslizamento dos elementos rolantes.

Ações:

- O uso de molas pode fornecer uma carga axial adequada para manter os elementos rolantes sempre carregados (principalmente em aplicações de rolamentos de esferas).
- Reavalie a folga inicial necessária no rolamento; ajuste a seleção da folga onde apropriada.

35



Pistas de rolamento com falso brinelamento

Considerações durante o projeto:

- A maioria dos rolamentos é montada com ajuste por interferência tanto no eixo como na caixa de mancal.

Considerações durante a montagem:

- Ao montar o anel do rolamento com um ajuste por interferência, sempre há força aplicada naquele anel. Nunca deixe que a força de montagem seja transmitida pelos elementos rolantes, pois isso pode facilmente marcar as pistas e os elementos rolantes.
- O dano resultante pode aumentar os níveis de ruído e vibração e a temperatura.
- É provável que o rolamento falhe prematuramente.

Ações:

- Substitua o rolamento.
- Nunca martele diretamente nenhuma parte de um rolamento durante a montagem. Use sempre uma bucha de montagem.
- Reavalie os procedimentos de montagem verificando se não há força de montagem aplicada através dos elementos rolantes (→ *Montagem a frio*, a partir da **página 53**).
- Use uma ferramenta de montagem de rolamentos. (A Ferramenta de montagem de rolamentos SKF é uma ferramenta excelente para rolamentos menores).

36



As superfícies rolantes possuem resistência à medição do falso Brinell devido à vibração

Considerações durante a operação:

- Vibrações de outras máquinas, enquanto um equipamento não está girando, podem causar resistência à medição do falso Brinell nas pistas. Esse dano normalmente ocorre na zona carregada e é caracterizado por amassados que correspondem à distância entre os elementos rolantes.
- Esse problema comum gera ruído em equipamentos que ficam ociosos por longos períodos de tempo ao lado de outros equipamentos em operação, ou seja, equipamento reserva.

Ações:

- Periodicamente, gire o eixo do equipamento reserva para ajudar a minimizar os efeitos da vibração.
- A solução real consiste em isolar o equipamento da vibração, mas isso nem sempre é prático.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da
solução

Condição/Soluções práticas

37

**Descascamento nas pistas por fadiga do material**

Considerações durante a operação:

- A fadiga pura do material em rolamentos de alta qualidade está se tornando rara.
- O descascamento por fadiga é o resultado de uma condição operacional anormal que aumenta as tensões no rolamento, tais como desalinhamento, ovalização de aperto (compressão) ou o resultado de defeitos de material, tais como inclusões ou aço de má qualidade.

Ações:

- Use somente rolamentos de alta qualidade.
- Verifique se os rolamentos danificados estão desalinhados. Realinhe onde necessário.
- Verifique os rolamentos danificados quanto a possível ovalização de aperto (compressão). Repare e use os assentos onde necessário.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

38

**Descascamento nas pistas devido à fadiga iniciada na superfície**

Considerações durante a operação:

- Lubrificação inadequada produz contato metal-metal entre as superfícies rolantes.
- As causas incluem, mas não se limitam a: viscosidade muito baixa à temperatura de operação, partículas de desgaste e entrada de contaminantes.

Ações:

- Reavalie a viscosidade operacional do lubrificante, considerando as condições reais de operação.
- Para descarregar as partículas de desgaste, considere relubrificação mais frequente.
- Verifique as condições do arranjo de vedação.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

**Descascamento nas pistas, devido a brinelamento real, devido a danos iniciados na superfície**

Considerações durante a montagem ou operação:

- Os danos iniciados na superfície incluem condições como marcas de resistência à medição Brinell por impacto, resistência à medição do falso Brinell por vibração, corrosão química por água, amassados por partículas, passagem da corrente elétrica etc.

Ações:

- Identifique a origem dos danos e tome as medidas adequadas, por exemplo, elimine o impacto nos de elementos rolantes durante a montagem, substitua as vedações para evitar a entrada de contaminantes, aterre os equipamentos corretamente etc.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

39



Corrosão química nas pistas causadas por produtos químicos/contaminantes líquidos (água, ácido, gases e outras substâncias corrosivas)

Durante paradas:

- A corrosão química ocorre quando o equipamento está parado e é mais comum em rolamentos lubrificados com graxa.
- Danos causados por corrosão química estática geralmente ocorrem na equidistância do elemento rolante.

Ações:

- Verifique o sistema de vedação.
- Melhore o arranjo de vedação instalando um protetor e/ou defletor.
- Fornecer quantidades menores de graxa nova com maior frequência pode ajudar a purgar a graxa contaminada do rolamento/cavidade da caixa de mancal (→ *Relubrificação*, começando na **página 192**).
- Gire periodicamente o eixo para minimizar os efeitos prejudiciais da corrosão química estática.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

40

As pistas e/ou elementos rolantes possuem (micro) descascamentos

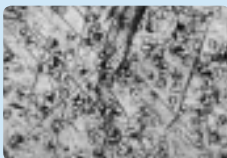
Durante a operação:

- Micro descascamento nas pistas, algumas vezes chamadas de corrosão localizada, é o resultado da ação de contaminantes corrosivos ou corrente de fuga (tensão excessiva).
- Qualquer que seja a causa, ocorre aumento dos níveis de ruído e vibração.

Ações:

- → Códigos de solução **39** e **41**.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

41



As pistas e/ou elementos rolantes possuem (micro) descascamentos

Durante a operação:

- Fuga de corrente (eletroerosão) – corrente que atravessa o rolamento – pode causar a formação de crateras na superfície. Como elas são muito pequenas, pode ser difícil observá-las a olho nu. A caneta detectora de descarga elétrica SKF é um instrumento sem contato que pode ajudar a estabelecer se há correntes de descargas elétricas.

Ações:

- Amplie a visualização da área de 500 × a 1 000 × para confirmar a presença de crateras.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.



Estrias nas pistas

Durante a operação:

- A formação de estrias nas pistas é o dano secundário mais comum atribuído à passagem de corrente elétrica prejudicial pelo rolamento.
- Em alguns casos raros, uma aparência de tábua de lavar pode ser o resultado de vibrações durante a operação.
- A corrente que passa pelo rolamento pode ser causada por problemas de aterramento, inversores de frequência, projeto do motor e das máquinas de acionamento.

Ações:

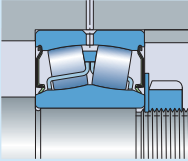
- Verifique se o equipamento está aterrado corretamente.
- Se aterramento correto não corrigir o problema, soluções alternativas incluem rolamentos INSOCOAT (com um revestimento isolante), rolamentos híbridos (com elementos rolantes cerâmicos) ou usar uma luva isolante no furo da caixa de mancal.
- → *Falhas em rolamentos e suas causas*, começando na **página 288**.

Condições problemáticas e suas soluções

Código da solução

Condição/Soluções práticas

42



Abas da arruela de trava estão amassadas, danificando a gaiola ou as vedações do rolamento

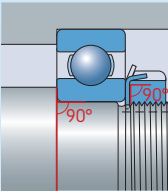
Considerações durante a montagem:

- Algumas arruelas de trava têm abas amassadas que podem danificar a gaiola ou as vedações, gerando ruído e acelerando o desgaste e os danos.
- Arruelas de trava usadas também podem ter uma aba de travamento ou aba antirrotação danificada que não fica visível e que mais tarde pode rasgar a vedação.

Ações:

- Nunca reutilize arruelas (e porcas).
- Observe que as contraporcas KMF-E possuem um espaçador integrado para evitar esse tipo de dano; alternativamente, um anel intermediário pode ser posicionado entre o rolamento e a porca de segurança.

43



Ressaltos do eixo e/ou caixa de mancal estão fora de perpendicularidade com o assento do rolamento

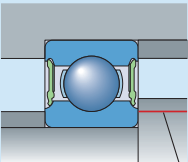
Considerações sobre ressalto usinados durante a montagem:

- Ressaltos de eixo/caixa de mancal fora da perpendicularidade podem deformar os anéis do rolamento, o que aumenta o momento de atrito no rolamento e gera calor.
- → Códigos de solução 19 e 20.

Ação:

- Use as peças para obter a perpendicularidade correta.

44



Altura correta

Ressalto do eixo fora de padrão, danificando vedações/placas de proteção

Considerações sobre ressalto usinados durante a montagem ou operação:

- Se o ressalto estiver fora de padrão, pode danificar vedações/placas de proteção.

Ações:

- Verifique se o diâmetro do assento está em conformidade com as recomendações, disponíveis on-line em www.skf.com/bearings.
- Use o ressalto do eixo para não interferir com vedações/proteção.



Desmontagem

Desmontagem de rolamentos.	254	Desmontagem com calor.	269
Do que lembrar	254	Desmontagem simultânea de um	
Preparativos antes da desmontagem . . .	254	rolamento de um eixo e de uma caixa	
Métodos apropriados de desmontagem .	255	de mancal inteiriça	269
Desmontagem de um rolamento instalado		Desmontagem de unidades de	
em um assento de eixo cilíndrico.	256	rolamento.	270
Desmontagem manual	256	Do que lembrar	270
Desmontagem com um extrator		Preparativos antes da desmontagem . . .	271
acionado hidráulicamente	257	Desmontagem de unidades de rolamento	
Desmontagem usando o método de		de esferas com fixação por parafuso Allen . .	272
injeção de óleo.	258	Desmontagem de unidades de rolamento	
Desmontagem com uma prensa	258	de esferas com um colar excêntrico para	
Desmontagem com calor.	258	fixação	273
Desmontagem de um rolamento instalado		Desmontagem de unidades de rolamento	
em um assento de eixo cônico.	259	de esferas montadas em uma bucha de	
Desmontagem manual	260	fixação	274
Desmontagem com um extrator acionado		Desmontagem de unidades de rolamento	
hidráulicamente	260	de esferas SKF ConCentra	275
Desmontagem usando o método de		Desmontagem de unidades de rolamento	
injeção de óleo.	260	de rolos SKF ConCentra	276
Desmontagem de um rolamento montado		Desmontagem de unidades de rolamento	
em uma bucha de fixação	260	de rolos com um colar cilíndrico de fixação .	276
Desmontagem manual: eixos lisos	262	Desmontagem de caixas de mancal.	278
Desmontagem manual: eixos		Do que lembrar	278
escalonados.	262	Preparativos antes da desmontagem . . .	278
Desmontagem com uma porca		Desmontagem de caixas de mancal	
hidráulica.	262	bipartidas	280
Desmontagem usando o método de		Desmontagem de caixas de mancal	
injeção de óleo.	264	flangeadas.	282
Desmontagem de um rolamento com		Remoção de vedações	284
uma bucha de desmontagem	264	Remoção de vedações sem contato.	284
Desmontagem manual	264	Remoção de vedações de contato	284
Desmontagem com uma porca			
hidráulica.	266		
Desmontagem usando o método de			
injeção de óleo.	266		
Desmontagem de um rolamento de			
uma caixa de mancal inteiriça	267		
Desmontagem manual	267		
Desmontagem usando o método de			
injeção de óleo.	268		

Desmontagem de rolamentos

Do que lembrar

Sempre há, na desmontagem a possibilidade de danificar um rolamento que esteja em boas condições. Portanto, sempre que possível, não desmonte um rolamento não danificado. No entanto, se tiver que fazê-lo e pretender reutilizar o rolamento após a desmontagem, lembre-se do seguinte:

- Não bata diretamente nos anéis do rolamento nem em nenhuma outra parte.
- Nunca deixe que a força de desmontagem seja transmitida através dos elementos rolantes.
- Não aqueça o rolamento com chama aberta.

As ferramentas e os métodos usados para desmontar rolamentos muitas vezes dependem do tamanho do rolamento. Geralmente, os rolamentos podem ser categorizados como:

- rolamentos pequenos: diâmetro do furo $d \leq 80$ mm
- rolamentos de médio porte: diâmetro do furo $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- rolamentos grandes: diâmetro do furo $d \geq 200$ mm

Após desmontar o rolamento, lave-o com um solvente de limpeza adequado e seque com cuidado. Verifique em todas as partes do rolamento, especialmente nas pistas, elementos rolantes e na gaiola, se há desgaste ou danos. Se o rolamento puder ser reutilizado, proteja-o contra corrosão revestindo-o totalmente com graxa, óleo ou um fluido anticorrosivo e embale-o novamente.

Geralmente, não compensa limpar rolamentos selados pequenos e rolamentos que estiverem muito sujos ou com incrustações de lubrificante oxidado. Normalmente, é mais econômico descartar o rolamento antigo e substituí-lo por um novo.

OBSERVAÇÃO: Marque a posição relativa do rolamento na caixa de mancal (ou no eixo) (→ **fig. 1**) antes de desmontar o rolamento. Quando um rolamento não danificado for montado novamente, o anel fixo é normalmente girado 120 a 180° para que uma nova região da pista esteja na zona de carga.

As ferramentas e produtos para desmontagem estão disponíveis na divisão de Produtos de Manutenção SKF (→ **Apêndice 0**, começando na **página 435**). O Fluido de desmontagem SKF é adequado para desmontar com ferramentas acionadas hidráulicamente e com o método de injeção de óleo. Para informações adicionais, visite www.mapro.skf.com.

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece ampla gama de cursos de treinamento sobre técnicas de desmontagem (→ *Treinamento*, começando na **página 326**). Entre em contato com o representante local da SKF para informações adicionais, ou visite www.skf.com/services.

Preparativos antes da desmontagem

Dedicar um tempo adequado para os preparativos pode tornar a desmontagem mais fácil. Se disponíveis, analise o(s) desenho(s) de conjunto(s) e estude o arranjo de rolamentos. Depois, antes de iniciar qualquer trabalho, observe as seguintes orientações:

- Limpe completamente a aplicação e a área próxima.
- Tenha à mão recipientes adequados para coletar amostras de lubrificante e recolher o lubrificante usado.
- Disponha de um solvente de limpeza adequado, por exemplo petróleo, querosene ou uma solução alcalina forte, para limpar o eixo, a caixa de mancal e o rolamento se este tiver que ser reutilizado.

OBSERVAÇÃO: Devido a considerações de ordem ambiental, a SKF não recomenda o uso de solventes clorados de nenhum tipo.

Métodos apropriados de desmontagem

A SKF recomenda qualquer um dos métodos a seguir para desmontar rolamentos:

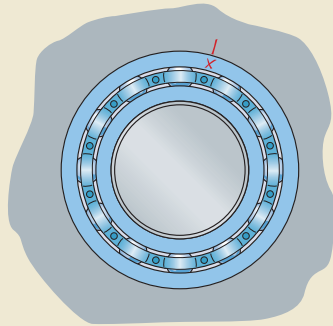
- desmontagem manual
- desmontagem com ferramentas acionadas hidráulicamente
- desmontagem usando o método de injeção de óleo
- desmontagem com calor

O método utilizado depende muito do tamanho e tipo de rolamento. Rolamentos pequenos podem ser removidos de seus assentos com ferramentas mecânicas. Rolamentos maiores geralmente exigem mais força do que uma ferramenta mecânica pode fornecer. Portanto, a SKF recomenda o uso de ferramentas acionadas hidráulicamente ou do método de injeção de óleo ou ambos.

Anéis de aquecimento ou aquecedores por indução especiais podem ser usados para remover os anéis internos de rolamentos de agulhas ou de rolamentos de rolos cilíndricos NU, NJ e NUP. No entanto, usar calor para remover outros tipos de rolamentos deve ser feito apenas como último recurso.

Para usar o método de injeção de óleo, pressupõe-se que o duto para a entrada de óleo e a canais de distribuição necessários tenham sido projetados dentro do arranjo de rolamentos (→ **Apêndice G, página 405**).

Fig. 1



Desmontagem de um rolamento instalado em um assento de eixo cilíndrico

Desmontagem manual

Onde for possível, prenda o eixo em uma morsa de bancada com mordente adequada (→ **fig. 2**) para não danificar o eixo ou o rolamento durante o processo de desmontagem.

Rolamentos pequenos podem ser removidos do eixo com um extrator mecânico. É necessário que as garras sejam aplicadas ao anel interno ou em um componente adjacente, por exemplo, um labirinto (→ **fig. 3**).

Se não for possível aplicar as garras ao anel interno ou a um componente adjacente adequado, extraia o rolamento pelo anel externo. Para evitar danos durante a desmontagem, a SKF recomenda girar o anel externo enquanto o rolamento é desmontado (→ **fig. 4**). No entanto, quando esta técnica for utilizada, a SKF não recomenda reutilizar o rolamento.

Fig. 2

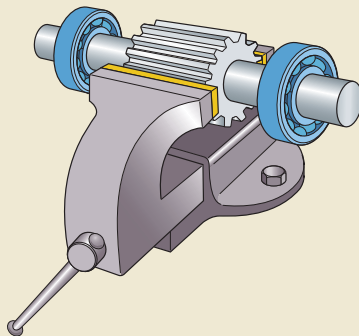


Fig. 3

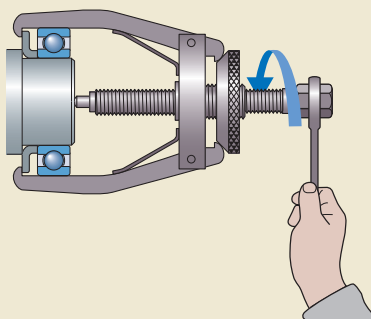
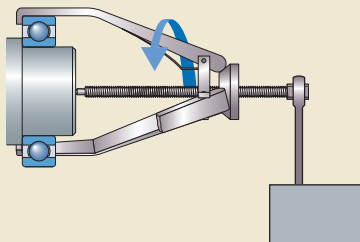
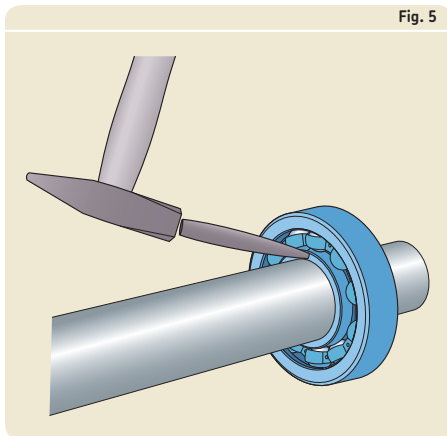


Fig. 4



Se um extrator apropriado não estiver disponível, é possível utilizar um martelo e talhadeira sem corte de metal macio para deslocar o rolamento de seu assento. Devem ser dadas batidas leves com um martelo uniformemente ao redor de toda a face lateral do anel interno (→ **fig. 5**). Tenha cuidado ao utilizar essa técnica, porque é muito fácil danificar o eixo. A SKF também não recomenda reutilizar o rolamento, pois ele pode ter sofrido um dano não detectado durante o processo de desmontagem.

Fig. 5

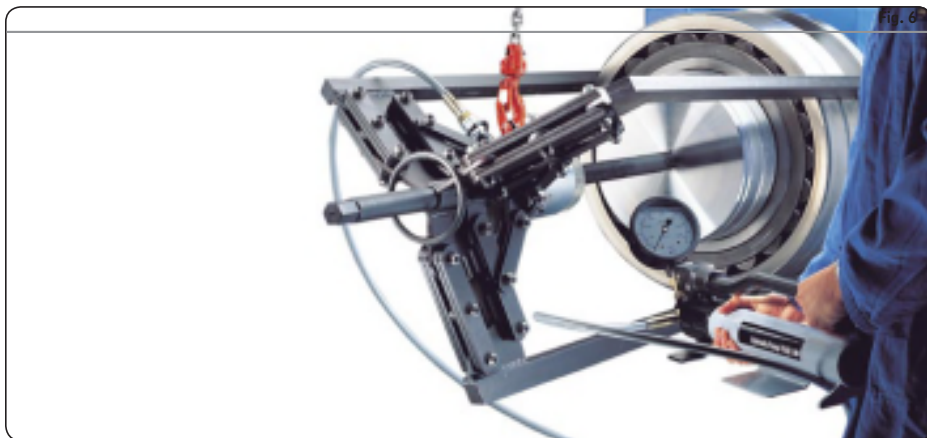


Desmontagem com um extrator acionado hidraulicamente

A força para desmontar rolamentos montados com ajuste por interferência aumenta com o tamanho do rolamento. Por isso, a SKF recomenda utilizar um extrator acionado hidraulicamente para serviço pesado (→ **fig. 6**) quando desmontar rolamentos grandes. Esses extratores estão normalmente disponíveis para rolamentos com diâmetro externo de até 500 mm. Ao utilizá-los, siga as instruções fornecidas com o extrator.

A SKF também oferece conjuntos de extratores acionados hidraulicamente que podem ser utilizados para desmontar rolamentos pequenos e médios.

Fig. 6



Desmontagem

Desmontagem usando o método de injeção de óleo

O método de injeção de óleo pode ser utilizado para desmontar rolamentos com furo cilíndrico. Esse método injeta óleo sob alta pressão, com uma viscosidade de cerca de $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ a 20°C (70°F), entre o assento do eixo e do furo do anel interno, até que um filme de óleo separe as superfícies de contato (→ **fig. 7**). Se o rolamento for retirado prontamente e sem interrupção, uma força relativamente pequena será necessária para desmontar.

Desmontagem com uma prensa

Uma maneira muito conveniente de remover um rolamento de seu assento de eixo é com uma prensa colocada contra a extremidade do eixo. Nesse caso, o anel interno do rolamento precisa ser apoiado (→ **fig. 8**).

Desmontagem com calor

A desmontagem com o calor é um método adequado ao remover anéis internos de rolamentos de agulha ou os rolamentos de rolos cilíndricos NU, NJ e NUP. Para essa finalidade, são comuns duas ferramentas diferentes: anéis de aquecimento e aquecedores de indução.

Os anéis de aquecimento são normalmente usados para montar e desmontar o anel interno de rolamentos pequenos e médios que tenham todos o mesmo tamanho.

Os anéis de aquecimento são feitos de uma liga leve, com fendas radiais e estão equipados com cabos isolados (→ **fig. 9**). O procedimento de desmontagem é simples. Revista a pista do anel interno do rolamento com um óleo resistente à oxidação. Coloque o anel de aquecimento em uma chapa quente e aqueça a aproximadamente 280°C (540°F). Coloque o anel aquecido ao redor do anel interno e pressione os cabos juntos. O calor será transferido rapidamente para o anel interno. Assim que o anel interno se soltar, retire ambos, a ferramenta e o anel interno. Em seguida, retire o anel interno da ferramenta.

Fig. 7

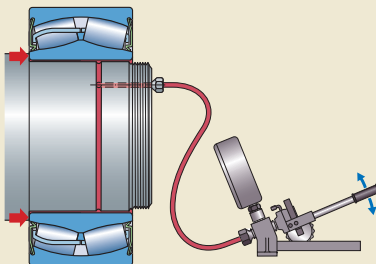


Fig. 8

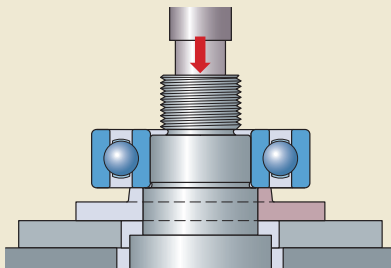
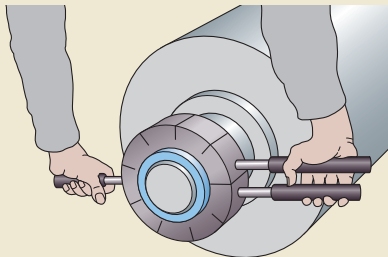


Fig. 9

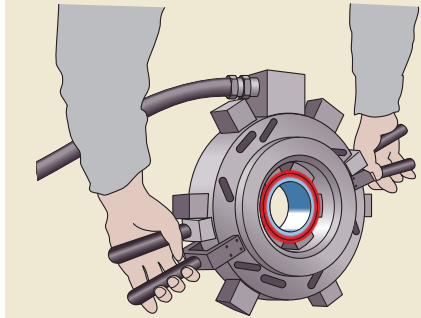


Se anéis internos com diâmetros diferentes forem desmontados com frequência, a SKF recomenda utilizar um aquecedor de indução ajustável SKF. Esses aquecedores elétricos de indução (→ **fig. 10**) aquecem o anel interno rapidamente, sem aquecer o eixo. Se o anel interno tiver que ser reutilizado, deve ser desmagnetizado depois da desmontagem.

Para desmontagem frequente de anéis internos de rolamentos de rolos cilíndricos de tamanhos médio e grande, tais como rolamentos de munhões de cilindros em laminadoras, a SKF recomenda utilizar um aquecedor de indução fixo SKF.

Anéis de aquecimento e aquecedores de indução estão disponíveis na SKF. Para informações adicionais, visite www.mapro.skf.com.

Fig. 10



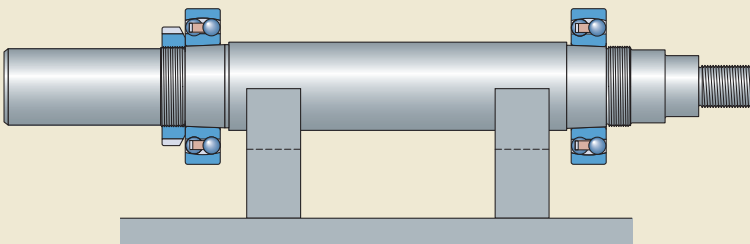
Desmontagem de um rolamento instalado em um assento de eixo cônico

Para evitar danificar o eixo ou o rolamento durante o processo de desmontagem, apoie devidamente o eixo. Para fazer isso, use uma morsa de bancada adequada, dois blocos em V (→ **fig. 11**) ou dispositivo de elevação.

AVISO

Para evitar o risco de acidente pessoal grave, fixe algo como, por exemplo, uma porca de fixação na extremidade do eixo para limitar o percurso do rolamento quando ele se soltar subitamente.

Fig. 11



Desmontagem

Desmontagem manual

Rolamentos pequenos podem ser desmontados com um extrator mecânico que se encaixa no anel interno. Os extratores autocentráveis equipados com braços ajustados por mola devem ser utilizados para simplificar o procedimento e não danificar o assento do rolamento.

Se não for possível aplicar as garras do extrator ao anel interno, extraia o rolamento através do anel externo ou utilize um extrator em combinação com uma placa de tração (→ **fig. 12**).

Desmontagem com um extrator acionado hidráulicamente

Rolamentos maiores geralmente exigem força considerável e devem ser removidos de seu assento cônico com o auxílio de extratores acionados hidráulicamente (→ **fig. 6, página 256**). Esses extratores estão normalmente disponíveis para rolamentos com diâmetro externo de até 500 mm.

Desmontagem usando o método de injeção de óleo

A desmontagem de rolamentos médios e grandes de eixos cônicos é mais fácil e muito mais segura utilizando-se o método de injeção de óleo. Com esse método, óleo com viscosidade de cerca de $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ a 20°C (70°F) é injetado sob alta pressão entre as duas superfícies cônicas de união, através de um duto para entrada e canais de distribuição. Isso reduz significativamente o atrito entre as duas superfícies e produz uma força axial que separa o rolamento de seu assento (→ **fig. 13**).

AVISO

Para evitar o risco de acidente pessoal grave, fixe algo como, por exemplo, uma porca de fixação na extremidade do eixo para limitar o percurso do rolamento quando ele se soltar subitamente.

Desmontagem de um rolamento montado em uma bucha de fixação

O método utilizado para desmontar um rolamento instalado em uma bucha de fixação depende do seguinte:

- tamanho do rolamento
- tipo de arranjo: eixo liso ou com ressalto (→ **fig. 14**)
- projeto da bucha de fixação: com ou sem dutos de entrada de óleo e canais de distribuição para injeção de óleo (→ **fig. 15**)

Em todos os casos, a desmontagem começa com o seguinte (→ **fig. 16**):

- Retire o excesso de lubrificante e limpe todo o arranjo.

Fig. 12

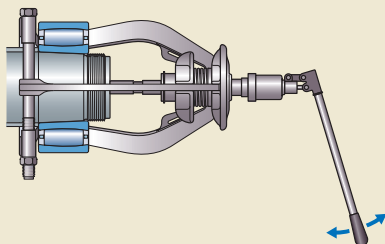


Fig. 13

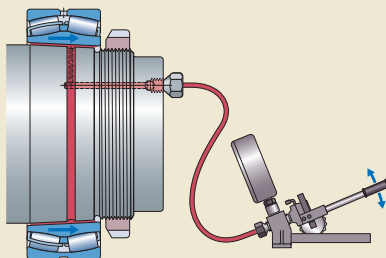


Fig. 14

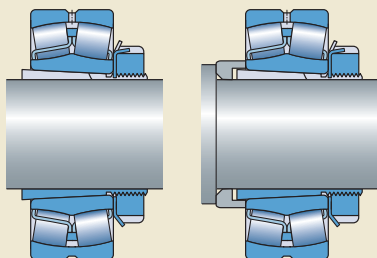
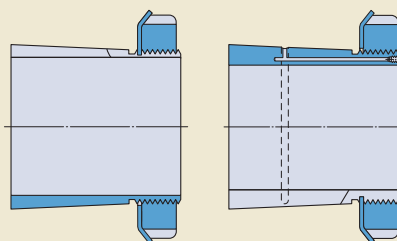
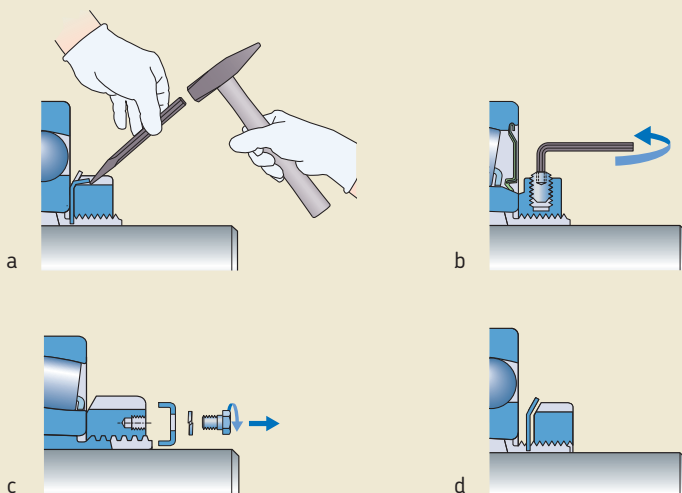


Fig. 15



- Dependendo do dispositivo de fixação:
 - Solte a aba dobrada da arruela de trava da porca de fixação **(a)**.
 - Solte o parafuso de trava na porca de fixação **(b)**.
 - Remova a trava MS presa à porca de fixação **(c)**.
 - Solte a porca de fixação algumas poucas voltas **(d)**.

Fig. 16



Desmontagem

Desmontagem manual: eixos lisos

Rolamentos pequenos montados em uma bucha de fixação e um eixo liso podem ser desmontados batendo em um dispositivo, com um martelo apropriado, ao redor da face lateral do anel interno do rolamento (→ **fig. 17**). Antes de fazer isso, é necessário soltar a porca de fixação da bucha algumas voltas. Além disso, para facilitar a remontagem, marque a posição da bucha no eixo. Depois que o rolamento se soltar, remova completamente a porca de fixação, a arruela de trava, o rolamento e a bucha do eixo. Para facilitar a remoção, abra um pouco inserindo o canal uma pequena cunha de plástico ou chave de fenda no rasgo da bucha.

OBSERVAÇÃO: o dispositivo mostrado na **fig. 18** é um segmento de um anel usinado e pode ser facilmente fabricado usando as dimensões especificadas nas tabelas de produtos, disponíveis on-line em www.skf.com/bearings.

Desmontagem manual: eixos escalonados

Rolamentos pequenos montados em uma bucha de fixação e em eixo escalonado podem ser desmontados por alguns golpes secos de martelo aplicados a uma ferramenta tubo de impacto encostada na porca de fixação da bucha de fixação (→ **fig. 19**). Depois que o rolamento se soltar, remova completamente a porca de fixação, a arruela de trava assim como o rolamento e extraia a bucha e o anel de encosto do eixo. Para facilitar a remoção, abra um pouco a bucha inserindo uma pequena cunha de plástico ou uma chave de fenda no rasgo da bucha.

OBSERVAÇÃO: use o para montagem de rolamentos SKF para eixos com diâmetro ≤ 55 mm (→ **página 72**).

Desmontagem com uma porca hidráulica

Usar uma porca hidráulica para desmontar rolamentos montados em uma bucha de fixação em um eixo escalonado facilita a remoção do rolamento. No entanto, para usar esse método, deve ser possível montar um batente adequado contra o qual o pistão da porca hidráulica apoie (→ **fig. 20**). O batente pode ser uma arruela ou uma placa aparafusada à extremidade do eixo ou pode ser constituído por um anel de duas peças instalado em uma ranhura do eixo e mantido no lugar por um anel inteiriço.

Coloque a porca hidráulica sobre a bucha de fixação com o pistão virado para fora. Deixe um vão livre entre o rolamento e a porca que seja maior que a distância inicial de deslocamento. Conecte a bomba hidráulica à porca hidráulica. Ao pressurizar a porca hidráulica, o pistão empurrará a bucha de fixação por baixo do anel de encosto, até o rolamento se soltar.

Para esvaziar a porca hidráulica, abra a válvula de retenção de óleo da bomba hidráulica e empurre o pistão de volta à sua posição original girando a porca para baixo pela parte rosqueada da bucha. Então, desconecte a bomba hidráulica e retire o batente. Finalmente, desrosqueie a porca da bucha e retire o rolamento e a bucha do eixo.

OBSERVAÇÃO: informações detalhadas sobre as porcas hidráulicas SKF são fornecidas em *Ferramentas hidráulicas*, começando na **página 73**. Informações úteis podem ser encontradas em *Método de injeção de óleo*, começando na **página 62**.

Fig. 17

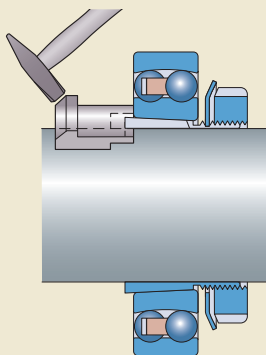


Fig. 18

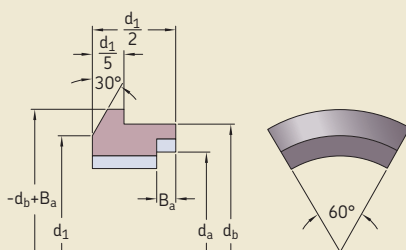


Fig. 19

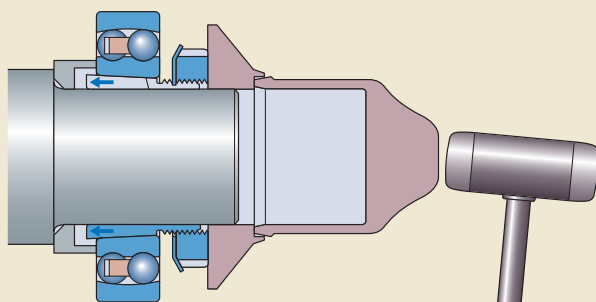
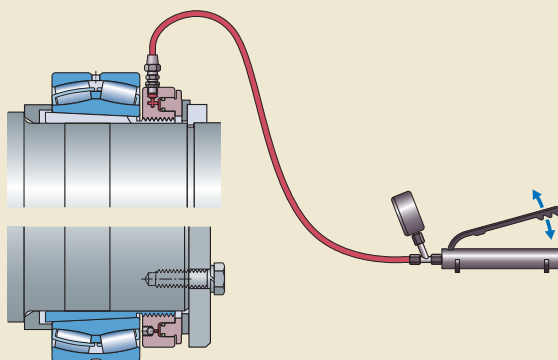


Fig. 20



Desmontagem

Desmontagem usando o método de injeção de óleo

Luvas de fixação equipadas com um duto de entrada de óleo e uma canais de distribuição de óleo facilitam a desmontagem porque o método de injeção de óleo pode ser utilizado (→ **fig. 21**). Esse recurso é padrão para todas as luvas de fixação da SKF com um diâmetro de furo ≥ 200 mm, mas pode ser fornecido para luvas com diâmetro de furo ≥ 140 mm.

Primeiro, desentoe o mecanismo de fixação e solte o parafuso de fixação algumas voltas. Então, limpe o orifício de conexão rosca na face lateral da bucha. Conecte a bomba hidráulica à bucha de fixação por meio de um tubo de extensão adequado. Injete óleo com uma viscosidade de cerca de $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ a 20°C (70°F) sob alta pressão entre as duas superfícies cônicas de união, através do duto de entrada e canais de distribuição da bucha. O rolamento vai desmontar subitamente de seu assento. Depois que a bomba hidráulica e o tubo de extensão forem desconectados, remova a porca de segurança, a arruela de segurança, o rolamento e a bucha de fixação do eixo.

AVISO

Para evitar o risco de acidente pessoal grave, fixe algo como, por exemplo, uma porca de fixação na extremidade do eixo para limitar o percurso do rolamento quando ele se soltar subitamente.

OBSERVAÇÃO: informações detalhadas sobre o método de injeção de óleo e instruções úteis sobre o seu uso podem ser encontradas em *Método de injeção de óleo*, começando na página 62.

Desmontagem de um rolamento com uma bucha de desmontagem

O método utilizado para desmontar um rolamento instalado em uma bucha de desmontagem depende do seguinte:

- tamanho do rolamento
- projeto da bucha de desmontagem: com ou sem dutos de entrada de óleo e canais de distribuição para injeção de óleo (→ **fig. 22**)

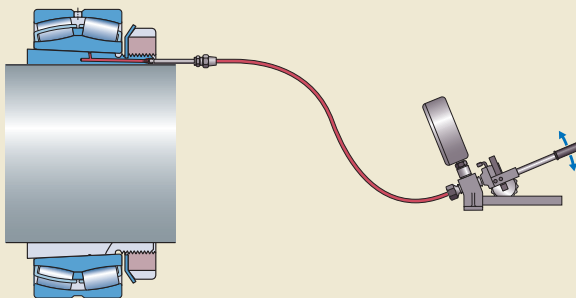
Em qualquer um dos casos, a desmontagem começa com o seguinte (→ **fig. 23**):

- Retire o excesso de lubrificante e limpe todo o arranjo.
- Remova o dispositivo de fixação, por exemplo uma porca de fixação e arruela de trava (**a**) ou placa de fechamento (**b**).
- Apoie o rolamento, por exemplo com um dispositivo de elevação (**c**).

Desmontagem manual

Rolamentos pequenos e médios instalados em uma bucha de desmontagem podem ser desmontados com uma porca de fixação e uma chave de gancho ou de impacto (→ **fig. 24**). Antes de aparafusar a porca de fixação na rosca

Fig. 21



da bucha, lubrifique a rosca e a parte da porca de fixação voltada para o anel interno do rolamento com uma pasta de dissulfeto de molibdênio ou substância redutora de atrito similar. Aperte a porca de fixação até soltar a bucha de desmontagem. Finalmente, com o eixo devidamente apoiado, remova a bucha e o rolamento do eixo.

OBSERVAÇÃO: se a seção rosqueada da bucha projetar-se além da extremidade ou ressalto do eixo, um anel de apoio com a maior espessura de parede possível deve ser inserido no furo da bucha para evitar deformação e danos à rosca quando a porca for apertada (→ fig. 24).

Fig. 22

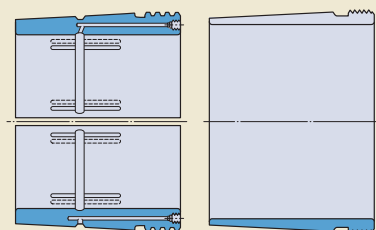


Fig. 24

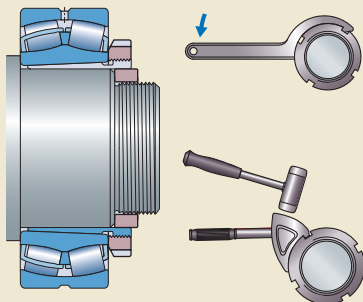
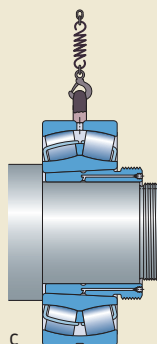
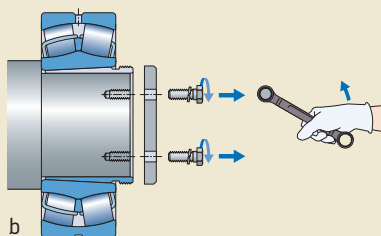
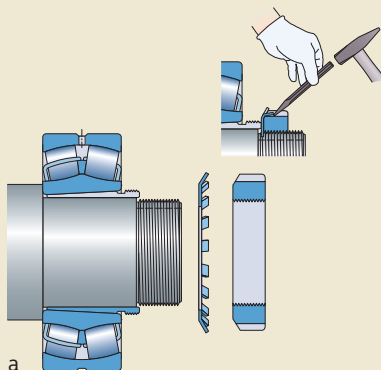


Fig. 23



Desmontagem

Desmontagem com uma porca hidráulica

Rolamentos médios e grandes montados em uma bucha de desmontagem podem ser facilmente desmontados com uma porca hidráulica.

AVISO

Para evitar o risco de acidente pessoal grave, conecte algo como, por exemplo, uma porca de fixação na extremidade do eixo (→ **fig. 25**) para limitar o percurso da bucha de desmontagem quando ela se soltar subitamente.

Aparafuse a porca hidráulica na rosca da bucha de desmontagem com o pistão virado para o rolamento até que o pistão encoste no anel interno. Conecte a bomba hidráulica à porca hidráulica e forneça óleo até a bucha se soltar. Assim que a bucha estiver livre, abra a válvula de liberação de óleo da bomba hidráulica, para que o óleo pressurizado possa sair da porca. Desconecte a bomba hidráulica e remova o batente. Extraia completamente a bucha do eixo e remova o rolamento.

OBSERVAÇÃO: informações detalhadas sobre as porcas hidráulicas SKF são fornecidas em *Ferramentas hidráulicas*, na **página 73**. Informações úteis podem ser encontradas em *Método de injeção de óleo*, começando na **página 62**.

Desmontagem usando o método de injeção de óleo

As luvas de desmontagem com um diâmetro de furo ≥ 200 mm são fornecidas como padrão com dois dutos de entrada de óleo e um canal de distribuição de óleo no furo e na superfície externa. Ao utilizar o método de injeção de óleo, são necessários duas bombas hidráulicas e tubos de extensão apropriados (→ **fig. 26**).

Primeiramente, limpe a rosca externa bem como os pinos roscados da conexão na face lateral da bucha de desmontagem. Aparafuse a porca de fixação na posição e aperte-a. Conecte as duas bombas hidráulicas com tubos de extensão adequados à bucha. Injete óleo com uma viscosidade de cerca $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ a 20°C (70°F) sob alta pressão entre a bucha e o eixo através de um

Fig. 25

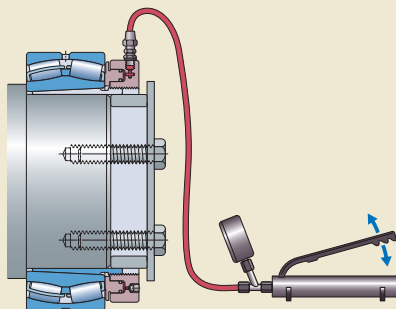
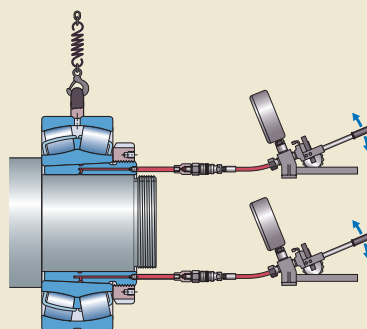


Fig. 26



duto e entre a bucha e o furo do rolamento através do outro duto. A pressão de óleo entre as superfícies de montagem vai aumentar até cair de repente, o que indica que as superfícies de união foram separadas. Enquanto aperta a porca de segurança, utilizar uma chave de impacto por exemplo, a bucha vai se soltar. Desconecte as bombas hidráulicas e retire completamente a bucha do eixo por meio da porca de fixação. Por fim, remova o rolamento.

OBSERVAÇÃO: informações detalhadas sobre o método de injeção de óleo e os equipamentos apropriados são fornecidas em *Método de injeção de óleo*, começando na **página 62**.

Desmontagem de um rolamento de uma caixa de mancal inteiriça

A maioria dos rolamentos é montada com ajuste com folga na caixa de mancal e deve ser fácil de remover. No entanto, se a aplicação requerer um ajuste apertado ou se o rolamento apresentar danos, como a corrosão por contato, pode ser necessário retirá-lo à força.

Desmontagem manual

Os rolamentos com um diâmetro externo de até 120 mm, montados em um furo de caixa de mancal sem ressalto, podem ser removidos com uma ferramenta talhadeira de aço doce sem corte encostada no anel externo do rolamento e um martelo. Para fazer isso, use o kit de montagem de rolamentos SKF (→ **página 72**). Rolamentos maiores requerem mais força para serem desmontados e devem ser removidos com uma prensa.

Se um ressalto integral atrás do rolamento, no furo da caixa de mancal, não permitir o uso de uma ferramenta talhadeira de aço doce sem corte ou prensa, use um martelo e talhadeira de aço doce sem corte para tirar o rolamento do mancal. Devem ser dadas batidas leves com um martelo uniformemente ao redor de toda a face lateral do anel externo (→ **fig. 27**). Tenha cuidado ao aplicar esse método, pois é muito fácil danificar o rolamento e o furo da caixa de mancal.

Ressaltos da caixa de mancal com pinos roscados (→ **fig. 28**) ou rasgos (→ **fig. 29**) permitem o uso de parafusos, um extrator de rolamento ou um martelo e talhadeira de aço doce sem corte para retirar o rolamento da caixa de mancal.

Fig. 27

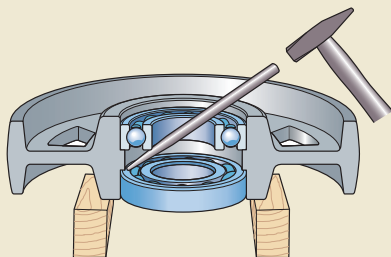


Fig. 28

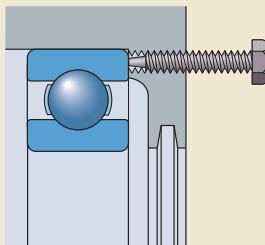
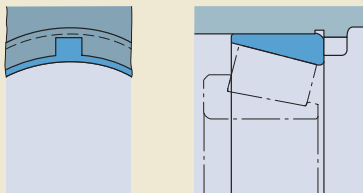


Fig. 29



Desmontagem

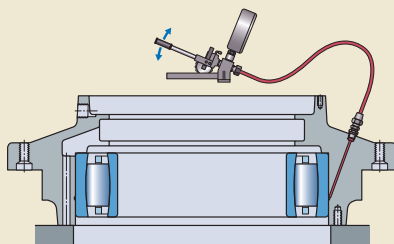
Rolamentos pequenos com um diâmetro de furo de 7 a 60 mm, montados em uma caixa de mancal, podem ser removidos de um furo de caixa de mancal utilizando um extrator interno com um martelo deslizante, como o kit de extrator interno de rolamentos SKF (→ **fig. 30**).

Para fazer isso, coloque as garras do extrator adequado através do furo do rolamento apertando o mecanismo de mola para fechar os braços do extrator (**a**). Ao liberar o mecanismo de mola, o extrator agarra com firmeza o ressalto do anel interno (**b**). O rolamento pode ser extraído do furo da caixa de mancal batendo repetidamente no anel batente com o martelo deslizante (**c**).

Desmontagem usando o método de injeção de óleo

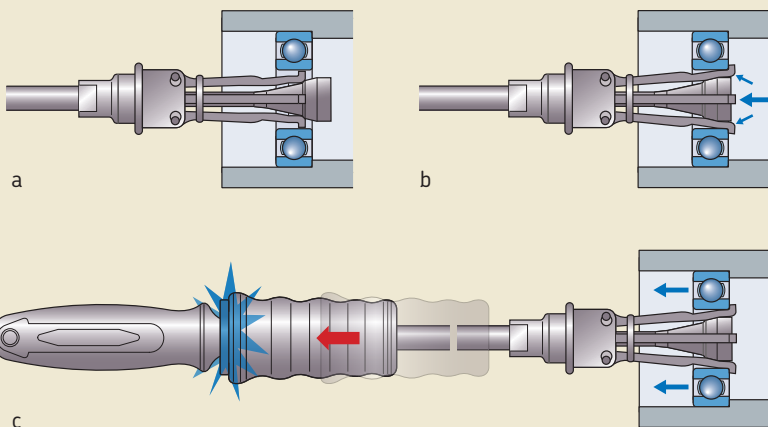
Se o duto de óleo e os canais de distribuição necessários forem projetados dentro da caixa de mancal e o rolamento não tiver o recurso de relubrificação no anel externo, o método de injeção de óleo ainda pode ser usado. Esse método reduz substancialmente a força necessária para remover rolamentos maiores (→ **fig. 31**).

Fig. 31



OBSERVAÇÃO: informações detalhadas sobre o método de injeção de óleo podem ser encontrados em *Método de injeção de óleo*, começando na **página 62**.

Fig. 30



Desmontagem com calor

Aquecer uma caixa de mancal para remover o rolamento utilizando, por exemplo, uma manta de aquecimento (→ **fig. 32**), não é muito comum e deve ser usado apenas como último recurso.

AVISO: nunca utilize um maçarico ou outra chama para aquecer a caixa de mancal.

Desmontagem simultânea de um rolamento de um eixo e de uma caixa de mancal inteira

Para desmontar pequenos rolamentos rígidos de esferas de um eixo e de uma caixa de mancal inteira simultaneamente, foram projetados extratores especiais.

A **Fig. 33** mostra um extrator projetado para rolamentos com um diâmetro de furo de 10 a 100 mm. Os braços do extrator são colocados entre as esferas e agarram a pista do anel interno, enquanto são apoiados pelo anel externo.

A **Fig. 34** mostra um extrator projetado para rolamentos com um diâmetro de furo de 30 a 160 mm. Para aplicar o extrator, é necessário primeiro retirar a gaiola do rolamento. Os braços do extrator têm formato esférico na extremidade com duas regiões planas. Eles são colocados entre as esferas e seguram nas pistas dos anéis interno e externo.

Para obter mais informações sobre os kits de extrator interno de rolamento, visite www.mapro.skf.com.

Fig. 32

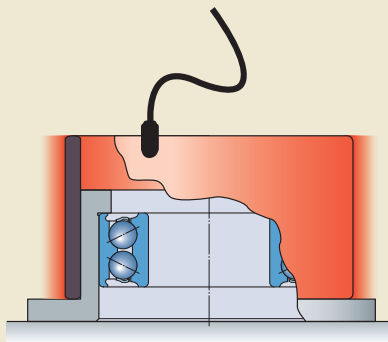


Fig. 33

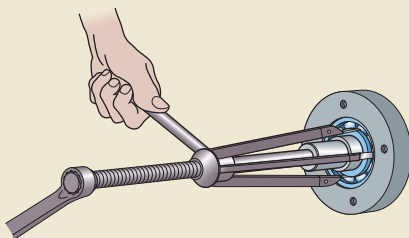
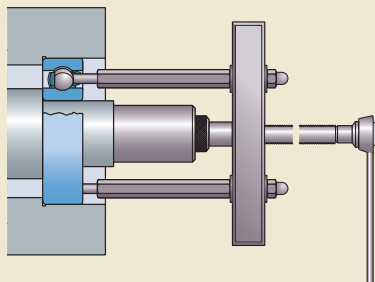


Fig. 34



Desmontagem de unidades de rolamento

Do que lembrar

As unidades de rolamento SKF (→ **fig. 35**) estão disponíveis como caixas de mancal, unidades flangeadas e unidades compensadoras. Dependendo do tamanho e do tipo de rolamento, ele podem ser posicionado no eixo, usando qualquer um dos seguintes métodos (→ **fig. 36**):

- fixação por parafuso Allen roscado (**a**)
- colar excêntrico de fixação único com parafuso Allen roscado (**b**)
- fixação por bucha de fixação (**c**)
- mecanismo de fixação SKF ConCentra (**d, e**)
- fixação por colar cilíndrico duplo com parafuso Allen (**f**)

Portanto, o procedimento de desmontagem e as ferramentas apropriadas para o trabalho podem ser diferentes. As ferramentas apropriadas incluem:

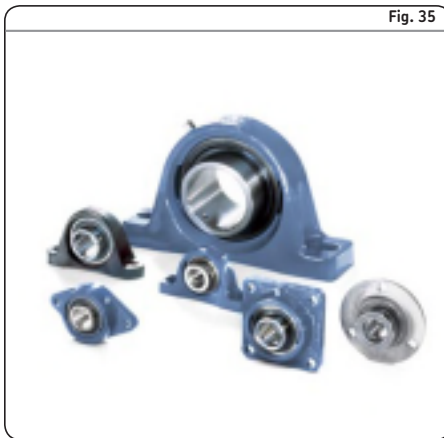
- uma chave de boca ou Allen para soltar os parafusos e porcas de fixação.
- uma chave Allen para soltar os parafusos Allen roscados no anel interno ou no colar de fixação, como especifica a **tabela 3, página 102** no capítulo *Montagem de unidades de rolamento*
- uma chave de gancho para soltar a porca de fixação da bucha, como especifica a **tabela 4, página 103** no capítulo *Montagem de unidades de rolamento*

Em alguns casos, pode necessário usar um martelo de baixo impacto.

As chaves de gancho e os martelos de baixo impacto fazem parte da grande variedade de produtos de manutenção da SKF. Informações detalhadas podem ser encontradas on-line em www.mapro.skf.com.

Assim que a unidade de rolamento tiver sido desmontada, verifique se ela pode ser reutilizada. Para fazer isso, limpe a superfície externa da unidade, tomando cuidado para não danificar as vedações ou deixar cair solvente de limpeza dentro da cavidade do rolamento. Gire o rolamento devagar para sentir se há algum dano. Se aplicável, lubrifique novamente a unidade lenta-

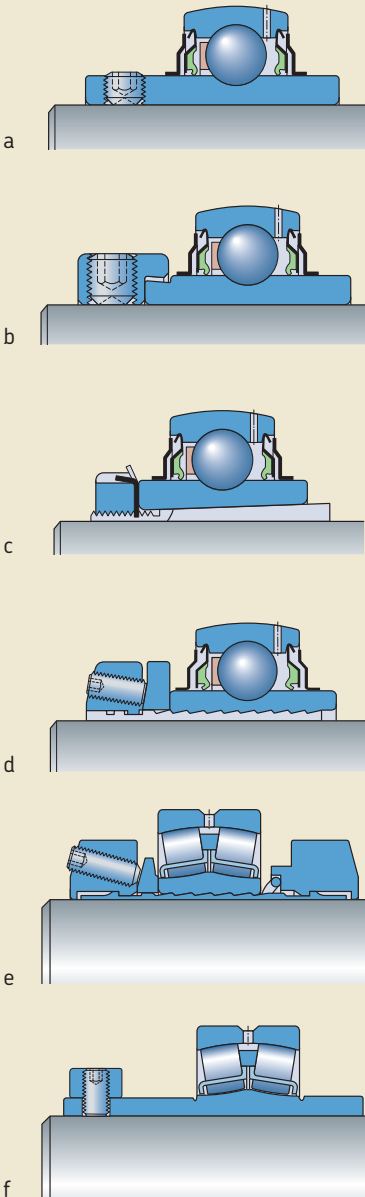
Fig. 35



mente através do bico graxeiro enquanto gira o anel interno. Caso se determine que a unidade é reutilizável, cubra todas as superfícies não tratadas com óleo, graxa ou fluido anticorrosivo para evitar corrosão.

OBSERVAÇÃO: geralmente não compensa limpar pequenas unidades de rolamentos muito sujas. Normalmente, é mais econômico descartar o rolamento e substituí-lo por um novo.

Fig. 36

**AVISO**

Para minimizar a chance de acidentes pessoais graves, antes de iniciar qualquer trabalho, execute os procedimentos de bloqueio/identificação necessários.

Preparativos antes da desmontagem

Dedicar um tempo adequado para os preparativos pode tornar a desmontagem mais fácil. Se disponíveis, analise o(s) desenho(s) de conjunto(s) e estude o arranjo da unidade de rolamento. Depois, antes de iniciar qualquer trabalho, faça o seguinte:

- Desligue a fonte de alimentação da aplicação.
- Limpe completamente a unidade de rolamento e a área adjacente.
- Limpe o eixo.
- Verifique o método de fixação e escolha as ferramentas apropriadas para desmontar as unidades de rolamento.
- Verifique se há algum dano que possa impedir a unidade de deslizar para fora do eixo e, se houver, repare-o.
- Apoie o eixo para aliviar toda a carga no rolamento.

Desmontagem de unidades de rolamento de esferas com fixação por parafuso Allen

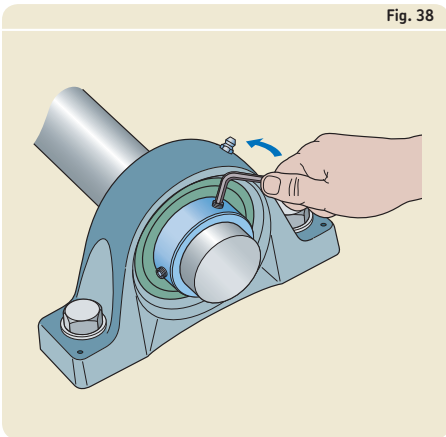
Ao desmontar unidades de rolamento de esferas com fixação por parafuso Allen (→ **fig. 37**), leia atentamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar*, começando na **página 270** e faça o seguinte:

- 1** Solte os parafusos Allen no anel interno das duas unidades pelo menos uma volta completa (→ **fig. 38**)
- 2** Desaparafuse e retire os parafusos de fixação.
 - Para unidades compensadoras, desconecte o parafuso de ajuste no furo fundido das duas unidades.
- 3** Retire as unidades do eixo.
 - Para unidades compensadoras, puxe o conjunto completo do eixo/unidades para fora das estruturas compensadoras e remova as unidades do eixo.
 - Para caixas de mancal de aço estampado, remova as tampas da caixa de mancal, erga o eixo para fora e remova os rolamentos do eixo.
 - Para unidades flangeadas de aço estampado, remova a primeira tampa de caixa de mancal e deslize o rolamento para fora do eixo. Em seguida, repita para o outro lado.

Fig. 37



Fig. 38



Desmontagem de unidades de rolamento de esferas com um colar excêntrico de fixação

Ao desmontar unidades de rolamento de esferas com um colar excêntrico de fixação (→ **fig. 39**), leia cuidadosamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar*, começando na **página 270** e faça o seguinte (→ **fig. 40**):

- 1** Solte o parafuso Allen no colar excêntrico de fixação das duas unidades pelo menos uma volta completa (**a**).
- 2** Solte o colar de fixação no sentido oposto ao de rotação. Para fazer isso:
 - Coloque um punção no furo cego na circunferência do colar e bata com um martelo.
 - Ou use uma chave de gancho, com um prisioneiro encaixando no furo cego na circunferência do colar (**b**).
- 3** Remova o colar excêntrico de fixação de ambas as unidades do eixo.
- 4** Desaparafuse e retire os parafusos de fixação.
 - Para unidades compensadoras, desconecte o parafuso de ajuste no furo fundido das duas unidades.
- 5** Retire as unidades do eixo.
 - Para unidades compensadoras, puxe o conjunto completo do eixo/unidades para fora das estruturas compensadoras e remova as unidades do eixo.
 - Para caixas de mancal de aço estampado, remova as tampas da caixa de mancal, erga o eixo para fora e remova os rolamentos do eixo.
 - Para unidades flangeadas de aço estampado, remova a primeira tampa de caixa de mancal e deslize o rolamento para fora do eixo. Em seguida, repita para o outro lado.



Fig. 39

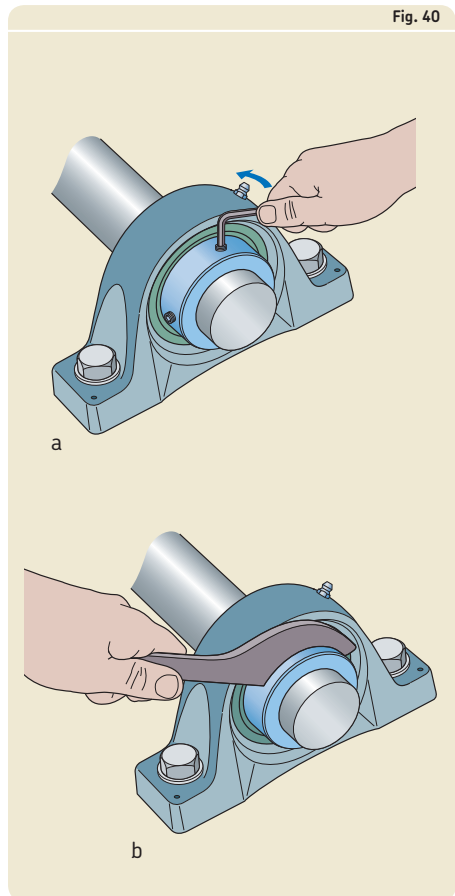


Fig. 40

Desmontagem de unidades de rolamento de esferas montadas em uma bucha de fixação

Ao desmontar uma unidade de rolamento de esferas com uma bucha de fixação (→ **fig. 41**), leia cuidadosamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar*, começando na **página 270** e faça o seguinte (→ **fig. 42**):

- 1 Desencaixe a aba da arruela de trava da ranhura da porca de fixação (**a**) e solte a porca de fixação algumas voltas.
- 2 Solte os parafusos ou porcas de fixação algumas voltas
- 3 Unidades com acesso ao lado oposto do dispositivo de fixação podem ser separadas da bucha de fixação com um dispositivo ou um punção e um martelo (**b**). Unidades sem acesso ao lado oposto do dispositivo de fixação podem ser separadas da bucha de fixação por alguns golpes secos de martelo aplicados a uma ferramenta punção encostada na porca de fixação da bucha de fixação (**c**).

OBSERVAÇÃO: use o kit de montagem de rolamentos SKF para eixos com diâmetro ≤ 55 mm (→ **página 72**).

- 4 Solte a porca de fixação e retire a arruela de trava em ambas as unidades.
- 5 Retire os parafusos ou porcas de fixação e deslize as unidades para fora da bucha ao longo do eixo.
- 6 Retire a bucha de fixação do eixo. Para facilitar a remoção, abra um pouco a bucha inserindo uma cunha de plástico ou uma chave de fenda no rasgo da bucha.



Fig. 41

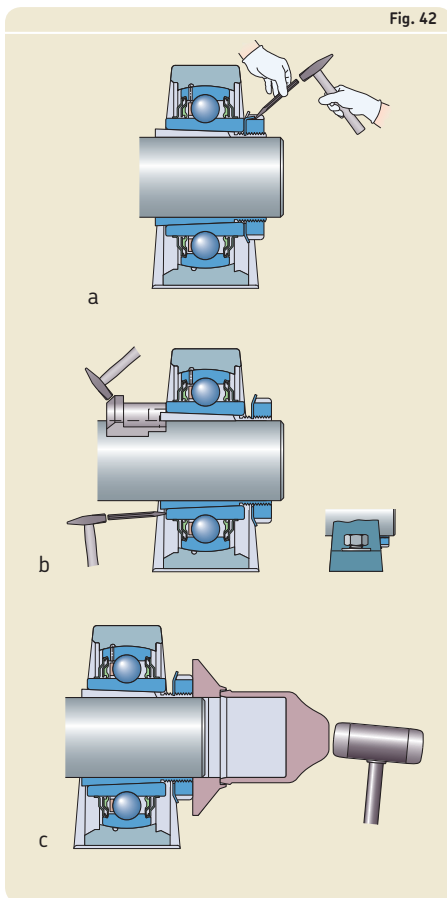


Fig. 42

Desmontagem de unidades de rolamento de esferas SKF ConCentra

Antes desmontar uma unidade de rolamento de esferas SKF ConCentra (→ **fig. 43**), leia cuidadosamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar*, começando na **página 270** e faça o seguinte (→ **fig. 44**):

- 1 Solte o parafuso Allen no anel de montagem das duas unidades algumas voltas (**a**).
- 2 Solte a os parafusos ou porcas de fixação de ambas as unidades, mas não os remova.
- 3 Desloque o anel lateral de montagem, até soltar a bucha escalonada SKF ConCentra:
 - batendo na extremidade do eixo com um martelo (**b**)
 - batendo em uma ferramenta dispositivo colocada contra o anel de montagem (**c**)

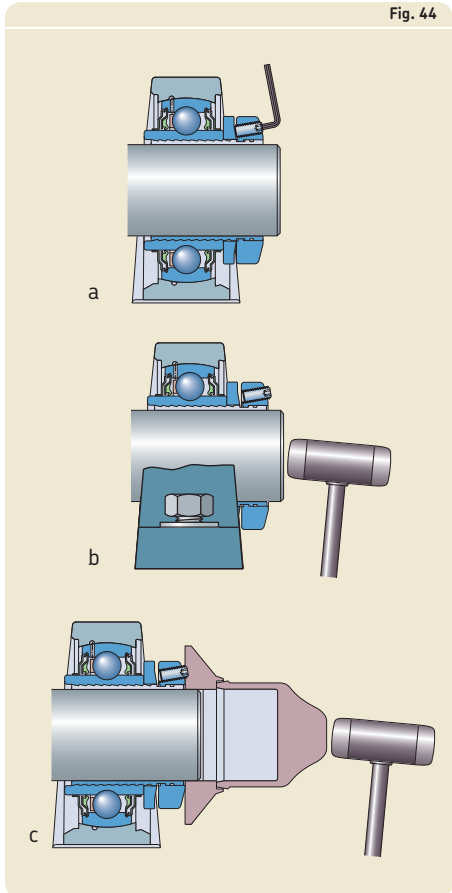
OBSERVAÇÃO: use o kit da ferramentas de montagem de rolamentos SKF para eixos com diâmetro ≤ 55 mm (→ **página 72**).

- 4 Remova os parafusos ou porcas de fixação e retire as unidades do eixo.

Fig. 43



Fig. 44



Desmontagem de unidades de rolamento de rolos SKF ConCentra

Ao desmontar unidades de rolamento de esferas com uma caixa de mancal com fixação SKF ConCentra (→ **fig. 45**), leia cuidadosamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar*, a partir da **página 270** e faça o seguinte (→ **fig. 46**):

- 1 Afrouxe os parafusos de fixação e remova-os. Se possível, erga para fora primeiro o arranjo de rolamentos completo, ou seja, o eixo, as duas unidades de rolamento e os componentes associados, antes de desmontar as unidades de rolamento (**a**).
- 2 Coloque um apoio sob o eixo.
- 3 Comece com a unidade de rolamento fixa.
- 4 Solte os parafusos Allen do colar de montagem umas poucas voltas (**a**).
- 5 Vire o colar de montagem e, enquanto segura a base, puxe a unidade de rolamento, até soltá-la do eixo (**c**). A energia da mola ondulada pré-tensionada facilita a liberação do eixo. Mas, se necessário, use um martelo de borracha para bater no colar do lado oposto da unidade (**d**).
- 6 Retire a unidade de rolamento do eixo.
- 7 Para desmontar a unidade de rolamento livre, repita as **etapas 4 a 6**.

Desmontagem de unidades de rolamento de rolos com um colar cilíndrico de fixação

Ao desmontar unidades de rolamento de rolos com colar cilíndrico de fixação (→ **fig. 47**), leia atentamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar*, começando na **página 270**, e faça o seguinte:

- 1 Solte os parafusos Allen do colar cilíndrico de fixação das duas unidades algumas voltas.
- 2 Desaparafuse e retire os parafusos de fixação.
 - Para as unidades compensadoras, desconecte o parafuso de ajuste no furo fundido das duas unidades.
- 3 Retire as unidades do eixo. Se necessário, use um martelo de borracha e bata levemente na unidade, até soltá-la do eixo.
 - Para unidades compensadoras, puxe o conjunto completo do eixo/unidade para fora da estrutura compensadora e remova a unidade do eixo.

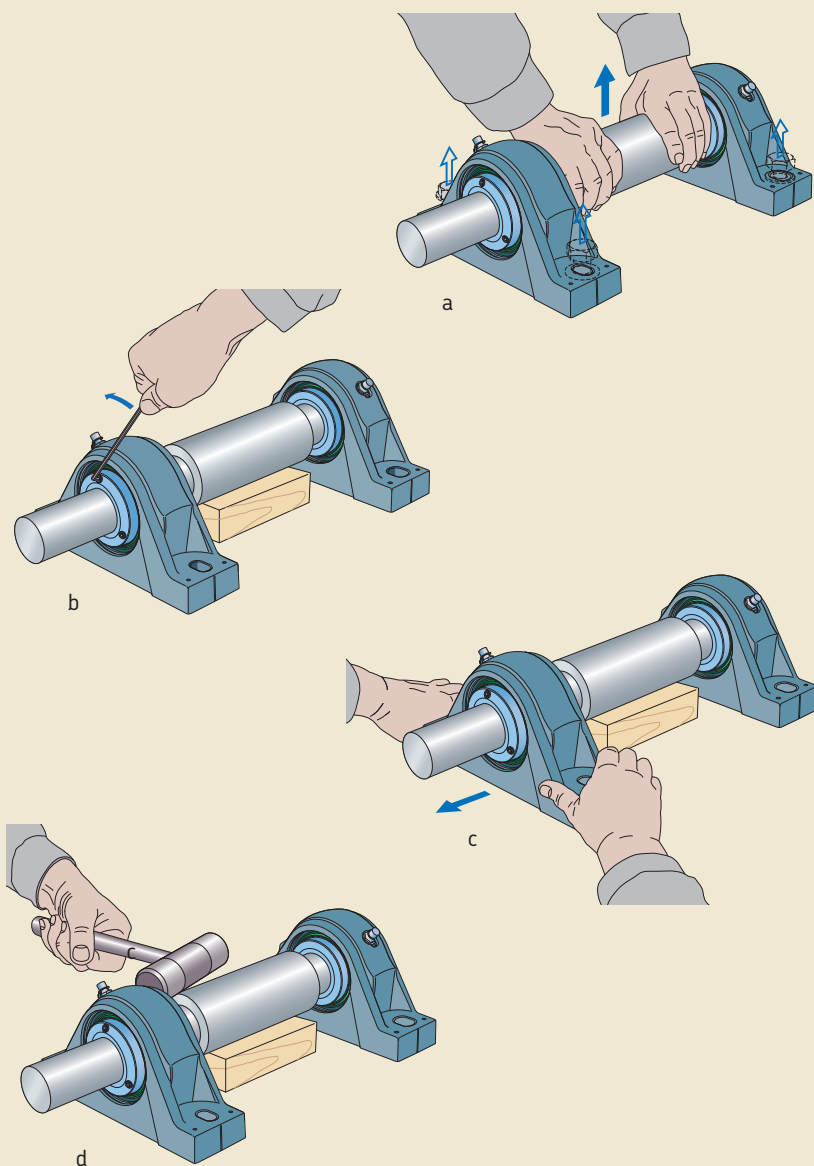
Fig. 45



Fig. 47



Fig. 46



Desmontagem de caixas de mancal

Está disponível ampla gama de modelos e tamanhos de caixas de mancal usados em grande variedade de aplicações industriais. Informações sobre como retirar e desmontar os mancais e mancais flangeados mais populares (→ **fig. 48**) podem ser encontradas nesta seção. Para obter instruções sobre a desmontagem de caixas de mancal não incluídas aqui, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Do que lembrar

Se uma caixa de mancal tiver que ser reutilizada, desmonte-a sempre com cuidado, considerando o seguinte:

- Mantenha juntos os componentes de cada caixa de mancal. A base e a tampa de caixas de mancal individuais não são intercambiáveis. A base e a tampa das caixas de mancal SKF SNL, SONL e SAF são marcadas com um número de série.
- Manuseie com cuidado todas as peças metálicas de vedações inteiriças.
- Não bata diretamente na caixa de mancal com um martelo.

AVISO

Para minimizar a chance de acidentes pessoais graves, antes de iniciar qualquer trabalho, execute os procedimentos de bloqueio/identificação necessários.

Preparativos antes da desmontagem

Dedicar um tempo adequado para os preparativos pode tornar a desmontagem mais fácil. Se disponíveis, analise o(s) desenho(s) de conjunto(s) e estude o arranjo de rolamentos. Depois, antes de iniciar qualquer trabalho, faça o seguinte:

- Desligue a fonte de alimentação da aplicação.
- Limpe completamente as caixas de mancal e a área adjacente.
- Apoie o eixo com algo como um dispositivo de elevação.
- Para caixas de mancal bipartidas, verifique se as ferramentas apropriadas estão disponíveis para erguer o eixo da(s) base(s) da(s) caixa(s) de mancal (→ **fig. 49**).
- Tenha à mão recipientes adequados para coletar amostras de lubrificante e recolher o lubrificante usado.

Antes de reutilizar, verifique se as caixas de mancal não estão trincadas. Se uma caixa de mancal for considerada reutilizável, aplique uma camada de graxa ou óleo a todas as superfícies não pintadas para proteger contra corrosão.

Fig. 48

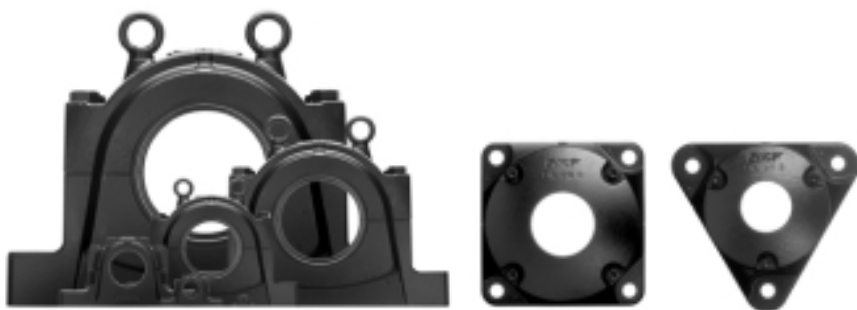
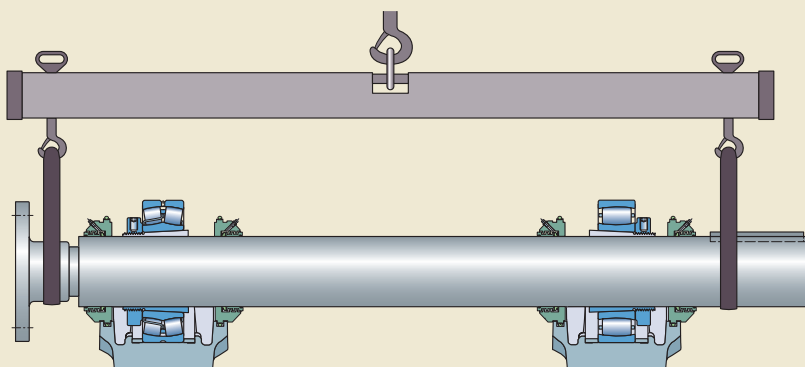


Fig. 49



Desmontagem de caixas de mancal bipartidas

Ao desmontar uma caixa de mancal padrão (→ **fig. 50**), leia cuidadosamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar* na **página 278** e faça o seguinte (→ **fig. 51**):

- 1 Remova todas as conexões auxiliares para a caixa de mancal, por exemplo, linhas de alimentação de lubrificante ou outros dispositivos.
- 2 Solte e remova os parafusos ou porcas de fixação de ambas as caixas de mancal.

OBSERVAÇÃO: se possível, erga o conjunto completo (eixo, caixas de mancal e outros componentes) e leve para uma área limpa e aberta.

- 3 Solte e remova os parafusos da tampa das duas caixas de mancal.
- 4 Remova as tampas das caixas de mancal (**a**).

OBSERVAÇÃO: todas as caixas de mancal atuais da SKF são fornecidas com rasgos na base e na tampa para acomodar uma alavanca.

- 5 Se necessário, remova todo o excesso de graxa e vedações bipartidas das tampas das caixas de mancal (**b**).
- 6 Erga o conjunto do eixo das bases das caixas de mancal (**c**).
- 7 Se aplicável, remova as outras metades das vedações da tampa de fechamento e os anéis de fixação (estabilizadores) (**d**).

AVISO: não reutilize nenhuma vedação de contato.

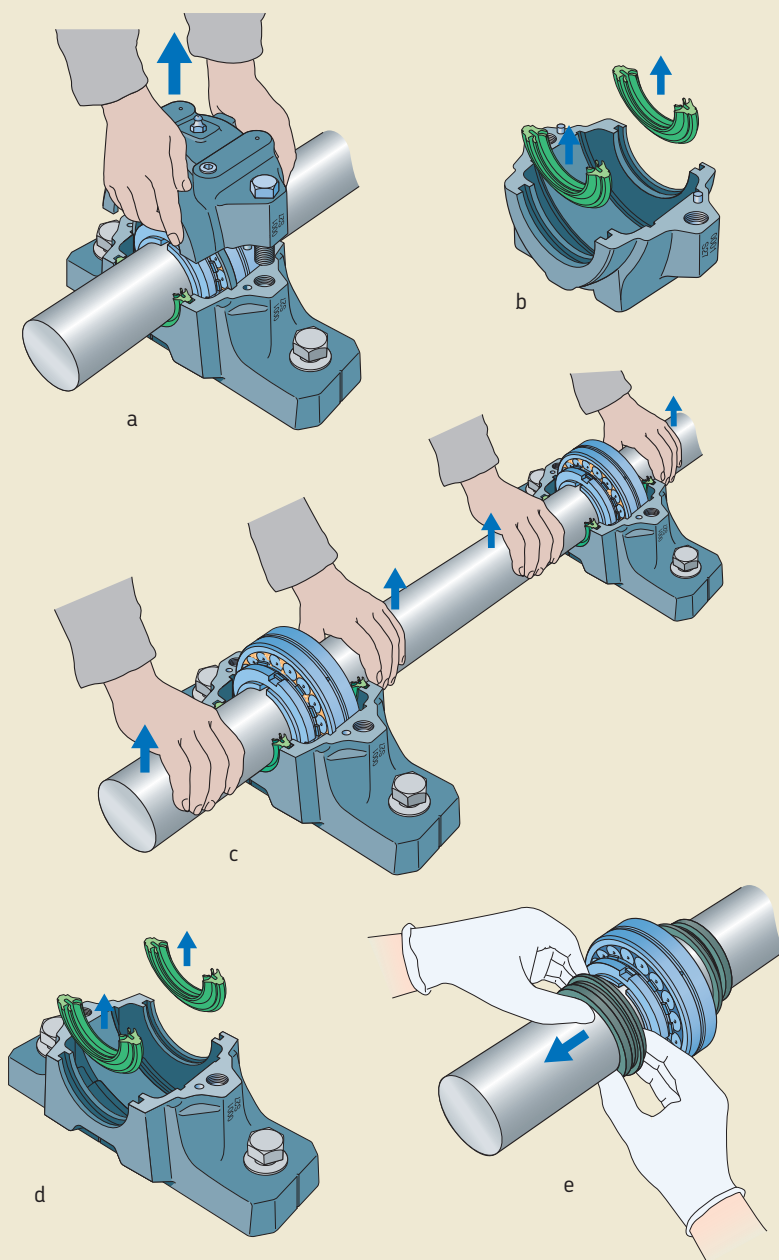
- 8 Remova todo excesso de graxa da base da caixa de mancal.
- 9 Remova todas as vedações inteiriças do eixo (**e**).
Os anéis V-ring podem ser cortados.
- 10 Desmonte os rolamentos do eixo.
- 11 Remova a segunda arruela ou anel de vedação do eixo.

OBSERVAÇÃO: mantenha juntos todos os componentes de cada caixa de mancal.

Fig. 50



Fig. 51



Desmontagem de caixas de mancal flangeadas

Ao desmontar uma caixa de mancal flangeada (→ **fig. 52**), leia cuidadosamente as orientações fornecidas em *Do que lembrar* na **página 278** e faça o seguinte (→ **fig. 53**):

- 1 Solte e remova os parafusos da tampa das duas caixas de mancal.
- 2 Se montados, remova a tampa e os anéis de fixação (estabilizadores).
- 3 Remova todo o excesso da graxa da tampa e da caixa de mancal para expor o arruela de trava na bucha de fixação.
- 4 Desencaixe a aba da arruela de trava da ranhura da porca de fixação e solte a porca de fixação algumas voltas (**a**).
- 5 Solte os parafusos ou porcas de fixação, mas não os retire.
- 6 Separe o rolamento da bucha de fixação.
 - batendo nas extremidades do eixo com um martelo (**b**)
 - batendo em um dispositivo encostado na porca de segurança (**c**)

OBSERVAÇÃO: use as ferramentas de montagem de rolamentos SKF para eixos com diâmetro ≤ 55 mm (→ **página 72**).

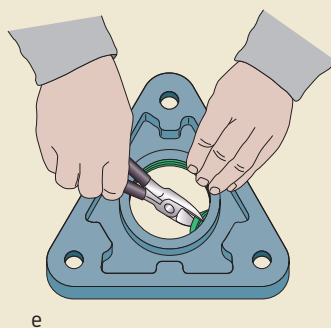
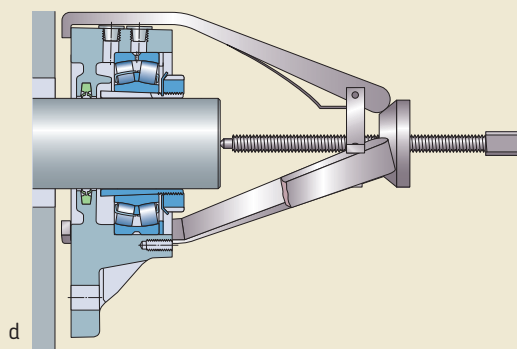
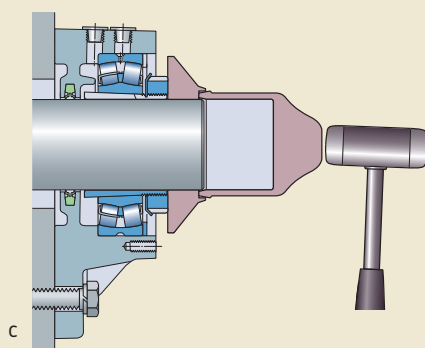
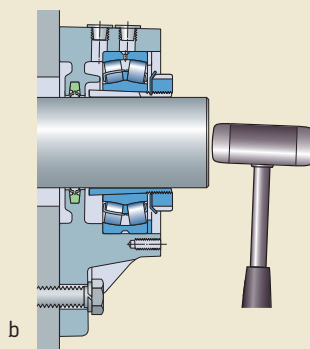
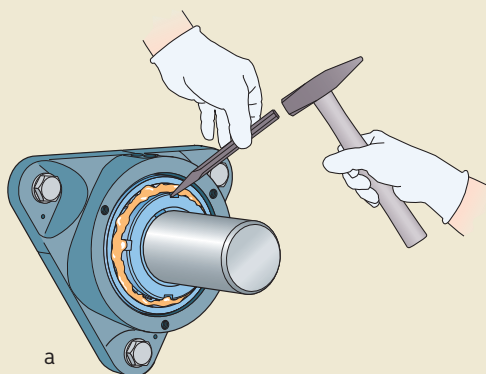
- 7 Solte a porca de fixação e retire a arruela de trava em ambos os lados.
- 8 Remova os parafusos ou porcas de fixação.
- 9 Separe a caixa de mancal de sua superfície de apoio e deslize a caixa de mancal, o rolamento e a luva de fixação para fora do eixo.
- 10 Use um extrator se for necessária mais força para soltar o rolamento do eixo (**d**).
- 11 Corte a vedação da ranhura da vedação (**e**).
- 12 Remova o excesso de graxa da caixa de mancal atrás do rolamento.
- 13 Desmonte o rolamento seguindo as instruções em *Desmontagem de um rolamento de uma caixa de mancal inteira*, começando na **página 267**.

OBSERVAÇÃO: mantenha juntos todos os componentes de cada caixa de mancal.

Fig. 52



Fig. 53



Remoção de vedações

Normalmente, há dois tipos diferentes de vedações que protegem os arranjos de rolamentos: vedações sem contato e vedações de contato.

Remoção de vedações sem contato

Vedações sem contato (→ **fig. 54**) quase não geram atrito, permitindo que durem muito tempo. Na maioria dos casos, essas vedações são reutilizáveis. Portanto, devem ser removidos com muito cuidado e com as ferramentas apropriadas. Nunca bata numa vedação sem contato com um martelo nem use uma chave de fenda ou punção cortante durante o processo de remoção.

Antes de remover essas vedações, verifique e repare qualquer dano no eixo que poderia danificar a vedação ao ser deslizada para fora do eixo.

Remoção de vedações de contato

As vedações de contato (→ **fig. 55**), que são normalmente fixados em uma caixa de mancal e deslizam em uma superfície, como um eixo ou anel espaçador, com uma força radial definida, sofrem desgaste com o tempo. Portanto, nunca devem ser reutilizados.

No entanto, se for necessário analisar a causa da falha de uma vedação, trate-o com cuidado durante a remoção.

Fig. 54

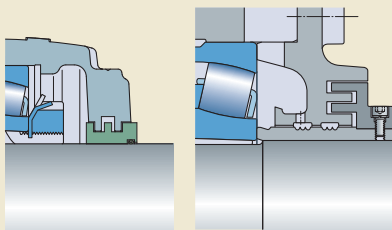
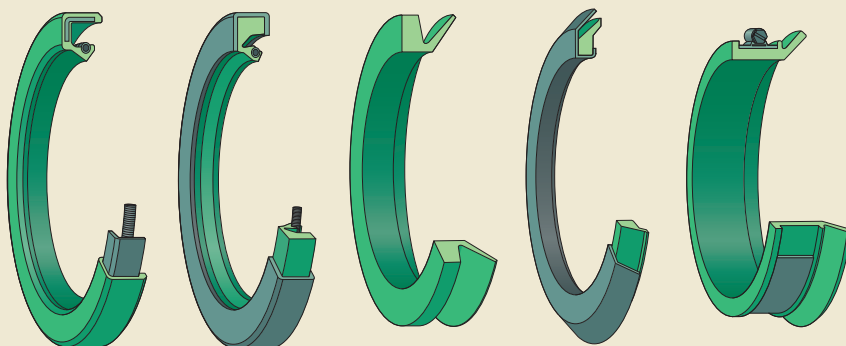


Fig. 55



As vedações radiais podem ser retiradas da seguinte maneira:

- com um martelo e uma talhadeira sem corte, se o ressalto do mancal tiver furos de respiro (→ **fig. 56**)
- com uma chave de fenda, se for possível acessar a face da frente ou a de trás da vedação (→ **fig. 57**)
- pinça para segurar a aba ou o invólucro da vedação (→ **fig. 58**)
- uma ferramenta dispositivo de montagem, por exemplo as ferramentas de montagem de rolamentos SKF (→ **fig. 59**)
- um gancho para segurar o invólucro pela parte de trás (→ **fig. 60**)

Fig. 58

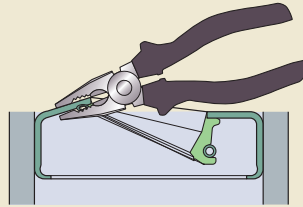


Fig. 56

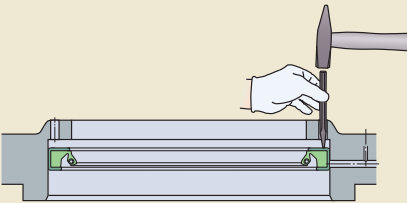


Fig. 59

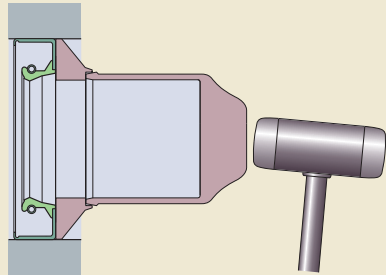


Fig. 57

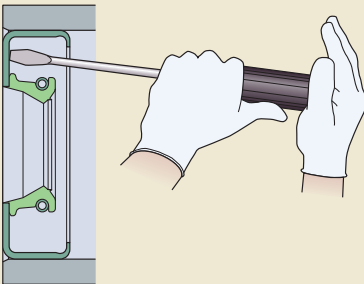
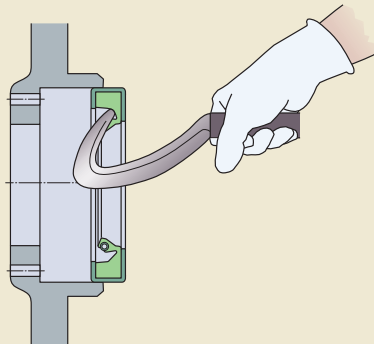


Fig. 60



Desmontagem

Os anéis V-ring podem ser retirados da seguinte maneira:

- esticando-os sobre outros componentes (→ **fig. 61**)
- cortando-os com um alicate de corte (→ **fig. 62**)

As vedações radiais grandes feitos totalmente de elastômero podem ser removidos da seguinte maneira:

- esticando-os ou cortando-os com um alicate de corte (→ **fig. 63**)
- soltando o conector de mola em vedações bipartidas (→ **fig. 64**)

Fig. 62

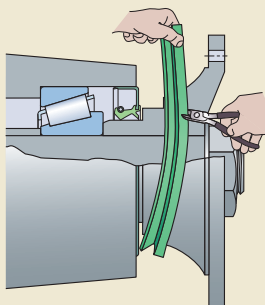


Fig. 63

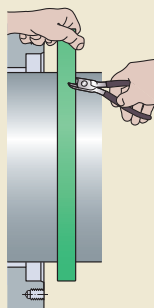


Fig. 61

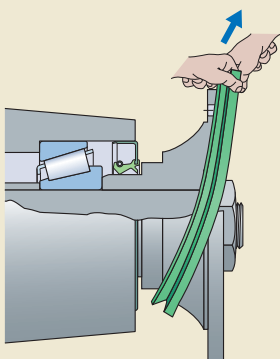
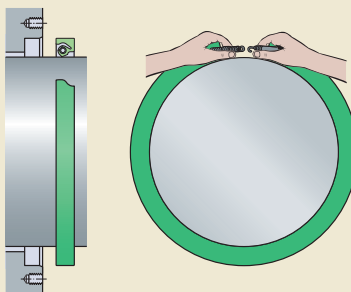
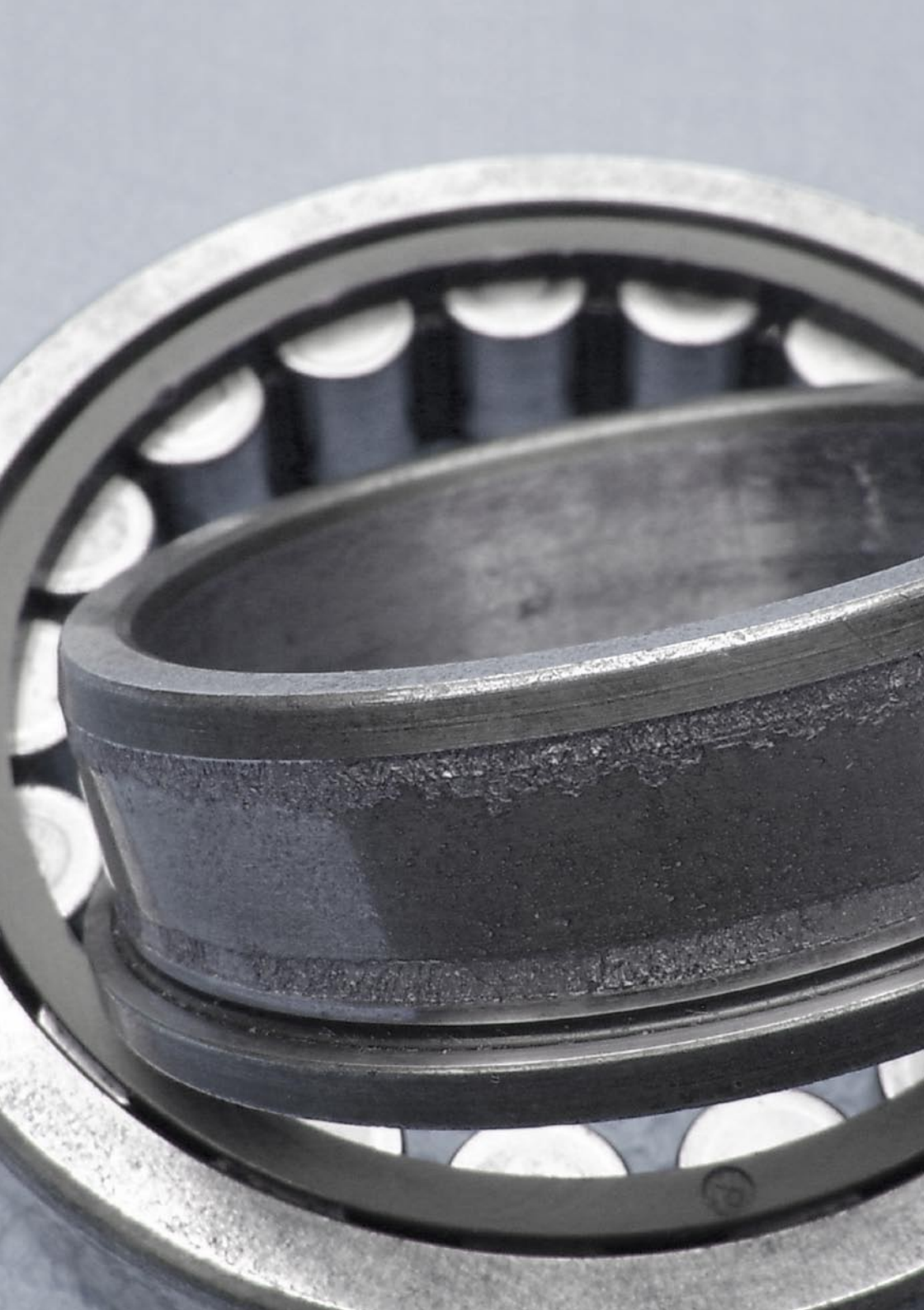


Fig. 64





Falhas de rolamentos e suas causas

Introdução	290
Desmontagem	291
Marcas de trabalho	291
Marcas resultantes de condições operacionais normais	292
Marcas resultantes de condições operacionais anormais	296
Falhas de rolamentos	298
Causas pré-operacionais de falha	300
Ajustes incorretos do eixo e da caixa de mancal	300
Falhas devido a assentos de eixos ou caixas de mancal defeituosos	302
Desalinhamento estático	304
Práticas de montagem inadequadas	305
Passagem de corrente elétrica excessiva através do rolamento	307
Falhas de transporte e armazenagem	308
Causas operacionais de falhas	309
Fadiga subsuperficial (iniciada abaixo da superfície)	309
Lubrificação ineficiente	310
Vedação ineficiente	314
Vibração (falso brinelamento)	319
Desalinhamento operacional	320
Passagem de corrente elétrica através do rolamento	321

Introdução

Os rolamentos estão entre os componentes mais importantes dos mecanismos de alta tecnologia atuais. Quando os rolamentos falham, ocorrem paradas não programadas de máquina que podem custar muito caro. Selecionar o rolamento apropriado à aplicação é apenas o primeiro passo em direção ao desempenho confiável do equipamento. As condições operacionais da máquina, como cargas, velocidades, temperatura, precisão de giro e os requisitos operacionais, são necessários para selecionar o tipo e tamanho apropriados de rolamentos de uma ampla variedade de produtos disponíveis.

A expectativa de vida calculada de qualquer rolamento baseia-se em oito hipóteses:

- 1 O rolamento é de alta qualidade e não tem defeitos inerentes.
- 2 O rolamento é o correto para a aplicação.
- 3 As dimensões das peças relacionadas ao rolamento, como assentos do eixo e da caixa de mancal, são adequados.
- 4 O rolamento está montado corretamente.
- 5 O lubrificante correto, na quantidade adequada, está sempre disponível para o rolamento.
- 6 O arranjo de rolamentos está devidamente protegido (selado).
- 7 As condições operacionais são compatíveis com o arranjo de rolamentos.
- 8 A manutenção periódica recomendada é realizada.

Se todas estas condições forem satisfeitas, o rolamento deve atingir sua vida calculada. Infelizmente, isso é completamente hipotético. Frequentemente há fatores, que impedem as condições de operação "ideais".

Um erro comum no campo é assumir que se um rolamento falhou, foi porque não tem capacidade de carga suficiente. Usando essa análise racional, muitos optam por adaptações caras para aumentar a capacidade de carga do rolamento e acarretam outras falhas de rolamentos.

Identificar a causa raiz da falha do rolamento é o primeiro passo na obtenção de desempenho confiável do equipamento. Uma das tarefas mais difíceis é identificar o modo de falha principal (causa raiz) e identificar as condições secundárias resultantes do modo de falha principal.

A análise de falhas de rolamentos fornece uma visão da operação do equipamento e do dano no rolamento. As evidências precisam ser coletadas e interpretadas corretamente para determinar a causa raiz do problema. Conhecimento, habilidade e experiência são necessários para separar informações úteis de indícios falsos ou enganosos. É por isso que a SKF oferece suporte profissional para análise de danos.

Para obter mais informações sobre o serviço de análise de falhas da SKF, entre em contato com seu representante ou distribuidor local SKF.

Este capítulo do manual proporciona as ferramentas que permitem fazer uma avaliação inicial da causa do dano ou falha do rolamento.

Desmontagem

Durante a desmontagem, a SKF recomenda o seguinte:

- Tire fotografias.
Mais tarde, isso pode ser útil à sua investigação. Por exemplo, não deixe de fotografar a posição, a quantidade e a condição da graxa dentro do rolamento e ao redor dele.
- Colete amostras do lubrificante para análise.
Para aplicações lubrificadas com graxa, colete amostras de diferentes locais.

OBSERVAÇÃO: consulte *Desmontagem*, começando na **página 252**.

Marcas de trabalho

Um rolamento tem bom aspecto (→ **fig. 1**). Seus componentes foram feitos nas dimensões exatas, muitas vezes na casa de frações de microns. As dimensões foram verificadas muitas vezes durante o processo de fabricação. As áreas retificadas, como as superfícies dos anéis internos e externos e elementos rolantes, parecem muito brilhantes.

Ao examinar um rolamento que funcionou por algum tempo, uma série de mudanças pode ser observada, tais como:

- áreas opacas nas pistas e elementos rolantes, algumas vezes também muito brilhantes (→ **fig. 2**)
- descoloração no furo do anel interno e no diâmetro do anel externo
- desgaste na gaiola
- corrosão por contato no furo do anel interno ou na superfície externa do anel externo

Mesmo que um rolamento tenha um defeito ou dano pequeno ou se tiver falhado, uma inspeção completa pode fornecer informações sobre o que aconteceu com o rolamento durante a operação.

Durante a inspeção, o essencial é procurar por “marcas de trabalho”. Uma marca pode ser “normal” ou pode indicar um problema. A marca que for encontrada pode muito frequentemente identificar a causa raiz de um problema.

Uma série de marcas de trabalho comuns e típicas são mostradas neste capítulo.

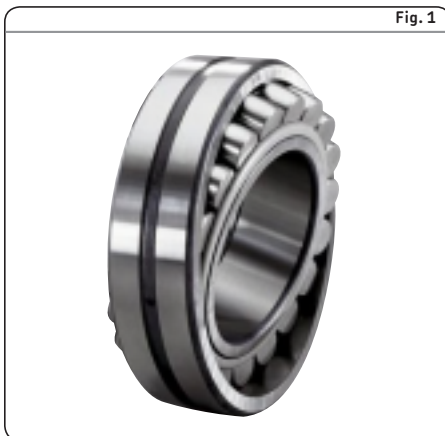


Fig. 1



Marcas de trabalho resultantes de condições operacionais normais

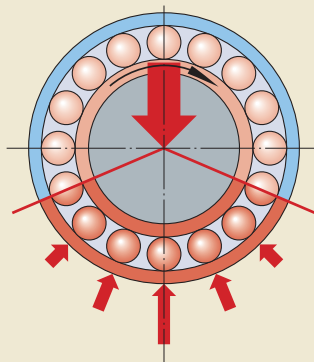
As **figs. 3 e 4** ilustram como uma carga radial unidirecional e constante aplicada ao anel interno rotativo de um rolamento é distribuída através dos elementos rolantes, sobre o anel externo estacionário.

A seta grande na posição de 12 horas representa a carga aplicada e a série de setas pequenas, entre 4 horas e 8 horas, representa a forma como a carga é distribuída ou apoiada nos elementos rolantes do rolamento.

Como o anel interno está girando, todos os pontos do anel entra na zona de carga. Como consequência, toda a circunferência da pista do anel interno adquire uma marca no centro, com largura uniforme. Isso é conhecido como uma zona de carga do anel interno rotativo.

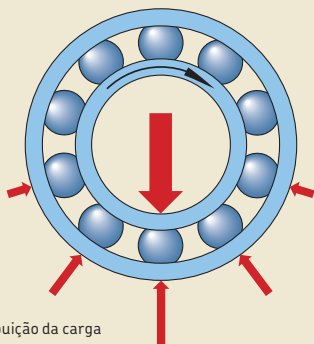
O anel externo é estacionário; portanto a zona de carga limita-se ao local onde os elementos rolantes transmitem a carga. Isso é conhecido como uma zona de carga do anel externo estacionário. A distribuição de carga na zona de carga do anel externo varia. Ela é mais pesada no sentido da carga e diminui em qualquer sentido a partir desse ponto. Para a maioria das aplicações, a zona de carga é de aproximadamente 150°.

Fig. 3

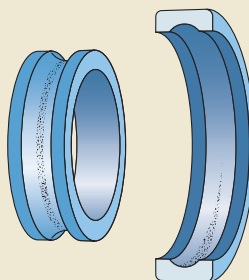


- Zona de carga ($\approx 150^\circ$)
- Entrará na zona de carga durante a rotação
- Folga no rolamento, zona sem carga
- Carga (eixo) e distribuição da carga (caixa de mancal)

Fig. 4



Distribuição da carga



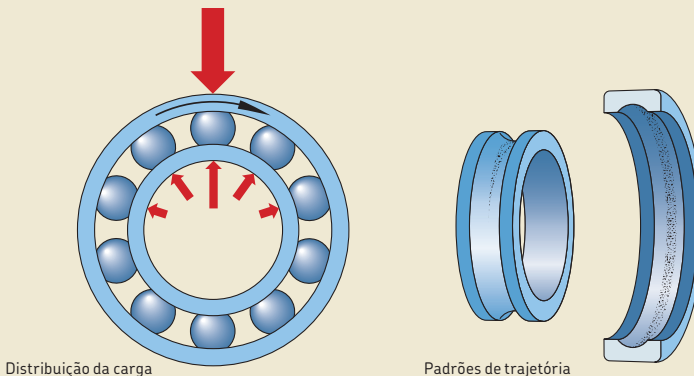
Padrões de trajetória

A **fig. 5** ilustra como uma carga radial unidirecional e constante aplicada ao anel externo rotativo de um rolamento é distribuída através dos elementos rolantes, sobre o anel interno estacionário.

Como o anel externo gira, todos os pontos desse anel entra na zona de carga. Como consequência, toda a circunferência da pista do anel externo adquire uma marca no centro, com largura uniforme.

A distribuição de carga no anel interno varia. Ela é mais pesada no sentido da carga e diminui em qualquer sentido a partir desse ponto. Para a maioria das aplicações, a zona de carga é de aproximadamente 150° .

Fig. 5



Essas marcas de trabalho também aparecem quando o anel interno gira em fase com a carga (ou seja, cargas desbalanceadas ou excêntricas) e o anel externo é estacionário. Mesmo se o anel interno girar, a carga sobre o anel interno é estacionária, enquanto a carga sobre o anel externo estacionário é rotativa (→ **fig. 6**).

A fig. 7 ilustra o efeito de uma carga axial unidirecional e constante em um rolamento rígido de esferas.

O anel rotativo exibirá uma marca deslocada lateralmente em toda a sua circunferência.

O anel estacionário exibirá uma marca deslocada lateralmente no lado oposto. Se a magnitude da carga axial for suficiente, a marca no anel estacionário estará em torno de toda a sua circunferência.

A fig. 8 ilustra uma combinação de cargas axiais e radiais unidirecionais e constantes em um rolamento rígido de esferas, com um anel interno rotativo e anel externo estacionário.

A zona de carga em toda a circunferência do anel interno é deslocada lateralmente.

A zona de carga do anel externo é deslocada lateralmente no sentido oposto. O comprimento da zona de carga é maior do que o daquela que seria produzida por apenas uma carga radial, mas não necessariamente de 360°.

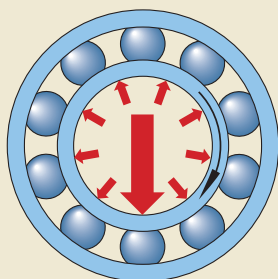
Para os rolamentos de duas carreiras, as cargas combinadas produzem zonas de carga de comprimento desigual. A carreira que transporta a carga axial terá uma zona de carga estacionária mais longa. Se a carga axial for de magnitude suficiente, uma carreira de elementos rolantes pode se tornar completamente sem carga.

Sob carga radial pura, apenas uma pequena seção (cerca de 150°) do anel externo terá um padrão de trajetória (→ **figs. 3 e 4**, **página 292**).

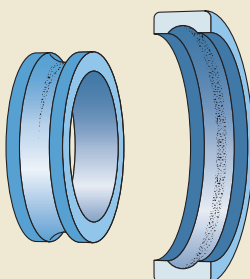
Sob carga axial pura, todo o anel externo exibirá uma marca de trabalho deslocada lateralmente (→ **fig. 7**).

Sob uma carga combinada, a marca de trabalho estará em uma posição intermediária, dependendo da magnitude da carga radial em relação à carga axial (→ **fig. 8**).

Fig. 6

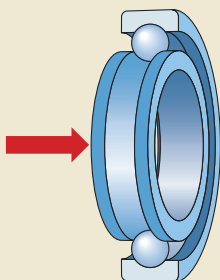


Distribuição da carga

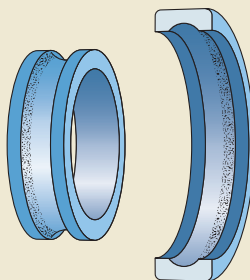


Marcas de trabalho

Fig. 7

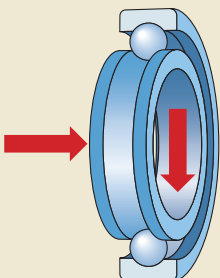


Distribuição da carga

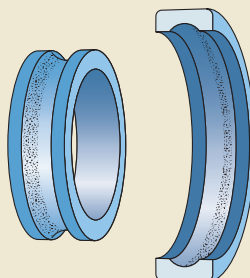


Marcas de trabalho

Fig. 8



Distribuição da carga



Marcas de trabalho

Marcas de trabalho resultantes de condições operacionais anormais

A **fig. 9** ilustra as zonas de carga produzidas por uma carga radial unidirecional e constante quando um anel externo estacionário está desalinhado em relação ao anel interno rotativo.

Toda a circunferência da pista do anel interno adquire uma marca de trabalho com largura uniforme no centro.

O anel externo terá uma faixa que vai de um lado ao outro do anel externo. A trajetória e o comprimento da faixa dependem da magnitude do desalinhamento, da carga e da folga no rolamento. A faixa pode estar em qualquer posição entre 150° e 360°.

Essa condição pode ocorrer quando o eixo flexiona ou se os rolamentos estão em caixas de mancais distintas, sem a devida concentricidade.

A **fig. 10** ilustra as zonas de carga produzidas por uma carga radial unidirecional e constante quando o anel externo estacionário é comprimido radialmente (ovalização de aperto).

Nessas condições, toda a circunferência da pista do anel interno adquire uma faixa com largura uniforme em seu centro.

O anel externo exibirá duas zonas de carga diametralmente opostas. Um anel externo ovalizado ocorre por qualquer uma das seguintes razões:

- A caixa de mancal está montada em uma superfície não plana.
- As duas metades de uma caixa de mancal bi-partida ou uma peça do equipamento não se encaixa concentricamente.
- O assento da caixa de mancal tem erro de circularidade devido a erros de fabricação, em que duas ou mais zonas de carga são possíveis.

Diversas zonas de carga aumentam drasticamente as cargas internas e aumentam a temperatura de operação do rolamento, causando danos ou falha prematura do rolamento.

A **fig. 11** ilustra as zonas de carga produzidas por um rolamento pré-carregado que está suportando uma carga radial unidirecional e constante, enquanto o anel interno gira e o anel externo é estacionário.

Nessas condições, toda a circunferência da pista do anel interno adquire uma marca com largura uniforme em seu centro.

O anel externo também exibirá uma zona de carga de 360°, mas normalmente esta será mais larga se a carga aplicada for combinada com a pré-carga interna.

Essa condição pode resultar de ajustes por interferência excessivos no eixo e/ou na caixa de mancal. Se os ajustes forem muito apertados, o rolamento pode se tornar pré-carregado internamente devido à compressão dos elementos rolantes entre os dois anéis. O mesmo problema pode ocorrer se a folga interna inicial for muito pequena.

Outra causa possível dessa condição é o excesso de diferença de temperatura entre o eixo e a caixa de mancal. Isso também reduz significativamente a folga interna do rolamento. Os materiais do eixo e da caixa de mancal têm coeficientes de dilatação térmica diferentes e também podem contribuir para diminuir a folga interna.

OBSERVAÇÃO: consulte *Ajustes e tolerâncias recomendados*, na **página 35**.

Fig. 9

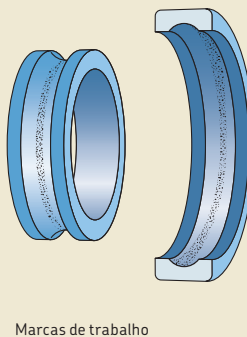
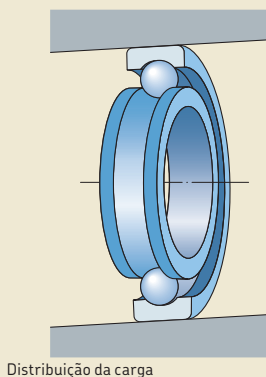


Fig. 10

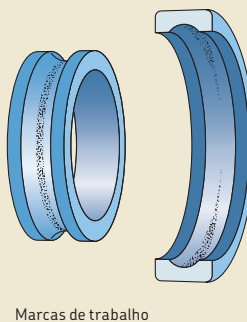
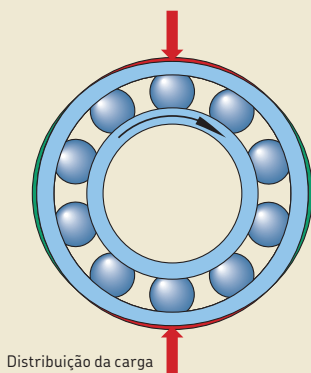
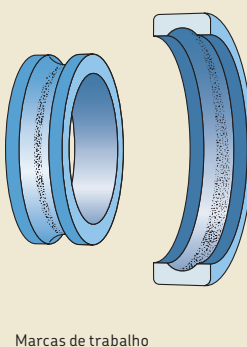
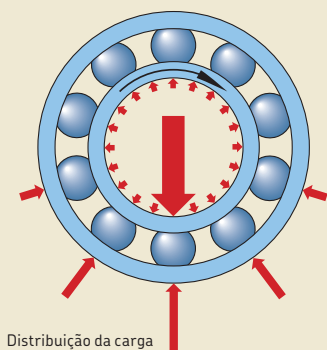


Fig. 11



Danos do rolamento

Devido à crescente atenção dada para evitar as recorrentes falhas de rolamentos, a ISO (Organização Internacional para Padronização) desenvolveu uma metodologia para classificar e falhas de rolamentos (ISO 15243:2004). Essa norma identifica seis principais grupos de modos de falha e dezesseis subgrupos, todos relacionados a danos ocorridos após a fabricação. A norma baseia-se principalmente em características que são visíveis nos elementos rolantes, pistas e outras superfícies funcionais. Também identifica os mecanismos envolvidos em cada tipo de falha.

A maioria dos danos aos rolamentos pode ser associada aos seis grupos principais, bem como aos vários subgrupos apresentados na **tabela 1**. As definições dos modos de falha estão descritas na **tabela 2**.

A maioria dos danos resultantes de tais mecanismos pode ser facilmente detectada e monitorada quando o monitoramento de condições fizer parte de um abrangente programa de manutenção. Através da análise de vibração, os primeiros sinais de danos ao rolamento podem ser detectados, permitindo que o pessoal de manutenção tome ações corretivas em tempo hábil. Isso pode reduzir significativamente tempos de parada caros e inesperados e pode evitar falhas catastróficas que danifiquem componentes adjacentes. Também permite que o pessoal de manutenção examine o rolamento danificado em um estágio inicial para determinar a causa raiz e tome as medidas necessárias para evitar a repetição do problema.

OBSERVAÇÃO: Consulte *Inspeção*, começando na **página 216**.

A maioria das falhas de rolamentos podem ser classificados em duas categorias: pré-operacionais e operacionais. Os danos pré-operacionais ocorrem antes ou durante a instalação do rolamento, enquanto os danos operacionais ocorrem enquanto o rolamento está em operação.

Causas de falhas pré-operacionais:

- ajustes incorretos do eixo e da caixa de mancal
- assento de rolamento defeituoso nos eixos e nas caixas de mancal
- desalinhamento estático
- práticas de montagem inadequadas
- passagem de corrente elétrica através do rolamento (tensão excessiva)
- transporte, manuseio e armazenagem

Causas de danos operacionais:

- fadiga do material
- lubrificação ineficiente
- vedação ineficiente
- vibração (falso brinelamento)
- desalinhamento operacional
- passagem de corrente elétrica através do rolamento (fuga de corrente)

Tabela 1

Classificação ISO do dano no rolamento e dos modos de falha

Grupo principal	Subgrupo
Fadiga	Fadiga superficial Fadiga superficial
Desgaste	Desgaste abrasivo Desgaste adesivo
Corrosão	Corrosão por umidade Corrosão por atrito Corrosão por contato Falso brinelamento
Erosão elétrica	Tensão excessiva Fuga de corrente
Deformação plástica	Sobrecarga Endentações por partículas Endentações por manuseio
Fratura e trinca	Fratura forçada Fratura por fadiga Trinca térmica

Tabela 2

Definições e explicações dos modos de falha

Modo de falha	Definição e/ou explicação
Fadiga	Uma alteração na estrutura do material causada pelas tensões cíclicas desenvolvidas nas áreas de contato entre os elementos rolantes e as pistas. A fadiga manifesta-se visivelmente como descascamento de partículas da superfície. O tempo entre o início e o estágio avançado de descascamento varia com a rotação e a carga.
Fadiga subsuperficial	Início de microtrincas abaixo da superfície da pista. Quando essas microtrincas se propagam para a superfície, produzem lascas (escamação).
Fadiga iniciada na superfície	Estresse da superfície. Remoção das asperezas (rugosidade) da superfície metálica de contato rolante devido a lubrificação inadequada.
Desgaste	A remoção progressiva de material resultante da interação de duas superfícies de contato deslizantes ou de rolagem/deslizante durante a operação.
Desgaste abrasivo	O resultado de lubrificação inadequada ou da entrada de contaminantes.
Desgaste adesivo	O material é transferido de uma superfície para outra com o calor gerado pelo atrito, algumas vezes com têmpera ou reendurecimento da superfície.
Corrosão	A deterioração de uma superfície metálica, resultante da oxidação ou reação química nas superfícies metálicas.
Corrosão por umidade	Oxidação das superfícies em presença de umidade.
Corrosão por atrito	A reação química ativada pelo micromovimento relativo entre as superfícies em contato, sob certas condições de atrito.
Corrosão por contato	A oxidação e o desgaste das asperezas superficiais devido micromovimento oscilatório.
Resistência à medição do falso Brinell	A formação de depressões rasas resultantes do micromovimento causado por vibrações cíclicas quando uma máquina está parada. As depressões igualmente espaçadas correspondem ao espaçamento dos elementos rolantes na pista.
Erosão elétrica	Danos nas superfícies de contato (remoção de material) causados pela passagem de correntes elétricas.
Tensão excessiva	Fuga de corrente elétrica e aquecimento localizado causados pela passagem da corrente na área de contato por causa de isolamento ineficiente.
Fuga de corrente	A geração de crateras rasas por causa da passagem de corrente (baixa). As crateras situam-se próximas umas das outras. Com o passar do tempo transformam-se em estrias paralelas aos eixos de rolagem e são igualmente espaçadas.
Deformação plástica	Deformação permanente que ocorre sempre que o limite de elasticidade do material é ultrapassado.
Sobrecarga	Sobrecarga causada por cargas estáticas ou de choque, levando à deformação plástica (brinelamento).
Endentações por detritos	Partículas pelas quais passam os elementos rolantes nas áreas de contato formam entalhes nas pistas e nos elementos rolantes. O tamanho e a forma dos entalhes dependem da natureza das partículas.
Endentações por manuseio	Superfícies do rolamento que são entalhadas ou marcadas por objetos duros e cortantes.
Fratura	A resistência à tração máxima do material é excedida e ocorre a separação completa de uma parte do componente.
Fratura forçada	Uma fratura causada pela concentração de tensões que excede a resistência à tração.
Fratura por fadiga	Uma fratura causada porque o limite de resistência à fadiga do material é frequentemente ultrapassado.
Trinca térmica	Trincas geradas pelo alto calor decorrente de atrito. Normalmente ocorrem perpendicularmente à direção do movimento deslizante.

Causas pré-operacionais de falha

Ajustes incorretos do eixo e da caixa de mancal

Um ajuste incorreto no eixo ou na caixa de mancal pode resultar em uma folga ou pré-carga excessiva, que pode produzir qualquer uma das seguintes condições:

- deslizamento do anel (o anel gira em seu assento)
- corrosão por contato
- trincas nos anéis
- menor capacidade de carga
- cargas induzidas
- temperaturas de operação excessivas

Portanto, o ajuste adequado é fundamental para a vida útil do rolamento e o desempenho da aplicação.

Se um anel de rolamento girar e a carga for unidirecional e constante, é necessário um ajuste por interferência. O grau de interferência ou aperto é determinado pela magnitude da carga e pelo tipo e tamanho do rolamento. Normalmente, quanto mais pesada a carga aplicada mais interferente é o ajuste necessário.

Se um anel de rolamento é estacionário e a carga unidirecional e constante, normalmente o rolamento é instalado com um ajuste folgado (ajuste por folga). Os ajustes recomendados podem ser encontrados no **Apêndice A**, começando na **página 334**. Os valores dos desvios e os ajustes resultantes estão listados no **Apêndice B**, começando na **página 338**.

A presença de cargas de choque ou vibração contínua exige um ajuste por interferência mais apertado no anel que gira em relação à carga.

No caso de um anel de rolamento com uma zona de carga rotativa, rolamento com pouca carga, ou rolamentos que operam em rotações muito baixas, é possível aplicar um ajuste menos apertado e, em alguns casos, um ajuste folgado.

Algumas vezes não é possível montar uma peça do equipamento se o ajuste recomendado for aplicado. Nesses casos, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

Considere dois exemplos: Na roda dianteira de um carro, a direção da carga é constante, ou seja, a superfície da estrada sempre exerce uma força para cima na roda. Portanto, o anel giratório externo tem um ajuste por interferência no cubo da roda, enquanto o anel estacionário interno tem um ajuste folgado no eixo.

Os rolamentos de um motor elétrico convencional têm anéis externos estacionários em relação à carga e um ajuste folgado na caixa de mancal, mas os anéis internos giram em relação à carga e são montados com um ajuste interferente.

Há alguns casos onde é necessário montar ambos os anéis interno e externo de um rolamento com um ajuste por interferência. Esse é o caso, por exemplo, dos rolamentos com rolos cilíndricos e rolamentos de rolos toroidais CARB, que podem acomodar a expansão axial do eixo dentro do rolamento em vez de deslizar um dos anéis do rolamento em seu assento. Esse também pode ser o caso de aplicações onde ocorrem cargas de choque pesadas.

Fig. 12

Desgaste abrasivo devido ao deslizamento do anel externo
Classificação ISO: Desgaste abrasivo

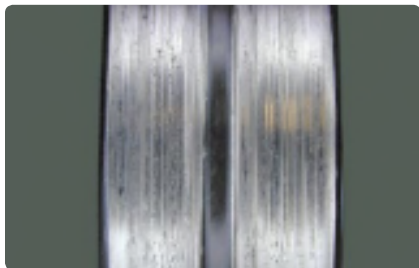


Fig. 13

Polimento da superfície devido ao deslizamento do anel externo
Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Ajuste inadequado do eixo ou da caixa de mancal ou ajustes desnecessariamente folgados, podem permitir que o anel interno ou externo gire em seu assento. Esse movimento relativo é chamado de deslizamento circunferencial do anel. Esse movimento relativo gera atrito e pode provocar desgaste ou danos na superfície do rolamento. O dano nem sempre se restringe à superfície do assento, mas também pode afetar as faces laterais do(s) anel(éis). A **fig. 12** mostra desgaste abrasivo, enquanto que a **fig. 13** mostra polimento da superfície.

Ajustes muito folgados podem causar uma diferença de rotação entre as superfícies de contato. Às vezes, um ajuste folgado não pode ser evitado, por exemplo, para rolamentos de rolos cônicos de quatro carreiras nos munhões de cilindros de laminadoras. Normalmente, o anel interno tem ajuste folgado por razões relacionadas à montagem/desmontagem. Devido ao ajuste folgado, há uma diferença de rotação entre o anel interno e o assento do eixo (deslizamento) e entre a face lateral do anel interno e seu encosto. Essas diferenças de rotação na zona de contato geram calor. Em alguns casos, o calor localizado pode ser tão intenso que o material é transferido do anel de rolamento para as suas superfícies deslizantes ou vice-versa (danos na superfície do rolamento) (→ **fig. 14**). O calor também pode gerar trincas por aquecimento no material (→ **fig. 14**), o que também eventualmente gera trincas no anel (trincas térmicas).

Um ajuste por interferência entre o anel interno e o eixo induz tensões circunferenciais (tração) no anel. Se o ajuste por interferência for excessivo, as tensões circunferenciais resultantes podem exceder a resistência do anel, fazendo com que se fracture (→ **fig. 15**).

Normalmente, os arranjos de rolamentos consistem em um rolamento fixo e um rolamento livre. O rolamento livre é projetado para acomodar a expansão térmica do eixo, no interior do rolamento ou movendo-se em seu assento na caixa de mancal. Para se mover em seu assento, o anel externo requer um ajuste com folga. Se o ajuste for muito apertado ou o anel externo ficar mal posicionado na caixa de mancal, o anel não se movimentará. Isso induz cargas axiais pesadas no sistema de rolamentos. Essas cargas pesadas podem produzir qualquer das seguintes condições: fadiga prematura do material, calor excessivo, lubrificação inadequada, desgaste excessivo ou descascamento superficial (→ **fig. 16**). O resultado é uma redução drástica da vida útil do rolamento.

Fig. 14

Velocidades diferentes na área de contato entre o rolamento e um anel espaçador causou marcas na superfície (marcas circunferenciais). O calor resultante causou a formação de trincas térmicas no anel do rolamento (perpendiculares às marcas na superfície).
Classificação ISO: Desgaste adesivo e trincas térmicas

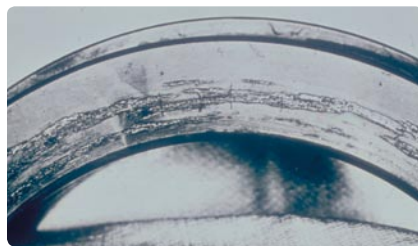


Fig. 15

Trinca no anel devido a ajuste com excessiva interferência
Classificação ISO: Fratura forçada



Fig. 16

Um ajuste muito apertado da caixa de mancal de um rolamento livre induz cargas axiais pesadas, reduzindo drasticamente a vida útil do rolamento.

Classificação ISO: Fadiga subsuperficial (por cargas muito pesadas) ou fadiga superficial (por problemas de lubrificação)



Danos e falhas devidos a assentos de eixos ou caixas de mancal defeituosos

As fórmulas usadas para calcular a vida útil do rolamento assumem hipóteses básicas. Uma dessas hipóteses é que os assentos do eixo e do mancal atendam às especificações geométricas. Infelizmente, existem outros fatores que podem afetar negativamente os componentes fabricados com as especificações mais exigentes. Por exemplo, os assentos do eixo e da caixa de mancal podem estar deformados, ou seja, cônicos, desvio de circularidade, fora de esquadro ou termicamente deformados. A mesma condição pode ser produzida por um assento de rolamento em uma caixa de mancal corretamente fabricada, mas que se deformou quando foi fixado à estrutura da máquina ou superfície de apoio.

Enquanto a seção *Ajustes incorretos do eixo e da caixa de mancal*, começando na **página 300**, aborda a seleção de ajustes inadequados, esta seção aborda assentos deformados de rolamentos e os danos que eles podem causar.

A corrosão por contato ocorre quando o ajuste é muito folgado e existe movimento relativo entre o anel do rolamento e o eixo ou a caixa de mancal. O movimento relativo, normalmente causado por imprecisões de forma ou flexão do eixo (deflexão), faz com que pequenas partículas de material se desprendam da superfície do assento do eixo ou da caixa de mancal. Essas partículas se oxidam rapidamente quando expostas ao ar.

Como resultado da corrosão por contato, os anéis podem não estar apoiados uniformemente, o que produz efeito negativo sobre a distribuição da carga no rolamento. A corrosão por contato se manifesta como ferrugem na superfície externa do anel externo (→ **fig. 17**) ou no furo do anel interno (→ **figs. 18 e 19**). O óxido de ferro tem maior volume que o aço. Portanto, a geometria do rolamento pode mudar; a marca de trabalho na pista pode ser fortemente marcada nas posições correspondentes.

A corrosão por contato é comum em aplicações, onde as condições operacionais fazem os assentos se deformarem sob carga. Isso é muito frequente em aplicações com carga pesada.

OBSERVAÇÃO: O Fe_3O_4 da corrosão por contato, também chamado de magnetita (→ **fig. 17**), pode ser preto – ou o Fe_2O_3 , também chamado de hematita, é vermelho ou marrom avermelhado (→ **figs. 18 e 19**).

Fig. 17

Corrosão por contato “pesada” frequentemente ocorre em aplicações muito carregadas. A corrosão por contato está na zona de carga do assento do anel externo.
Classificação ISO: Corrosão por contato



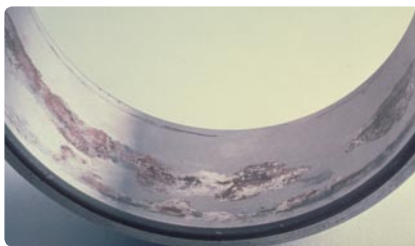
Fig. 18

Corrosão por contato ocasionada por ajuste incorreto do eixo
Classificação ISO: Corrosão por contato



Fig. 19

Corrosão por contato ocasionada por assento do eixo imperfeito (usinagem) ou deflexão do eixo
Classificação ISO: Corrosão por contato



Com o tempo, o contato incorreto produzirá corrosão por contato avançada. As áreas corroídas também agem como fendas de fratura (→ figs. 20 e 21).

Assentos de rolamento côncavos, convexos ou cônicos fazem com que o contato do anel do rolamento seja ruim ao longo de sua largura. Portanto, o anel flexiona sob a carga e as fraturas por fadiga normalmente aparecem na circunferência ao longo da pista.

A fig. 22 é uma imagem refletida do anel externo de um rolamento autocompensador de esferas montado num furo de caixa de mancal com deformação circular (ovalizada). O anel externo foi comprimido em dois lugares diametralmente opostos (180°) um do outro resultando em pré-carga nesses dois locais. A pré-carga gerou forças excessivas, o que resultou em fadiga prematura do material e descascamentos iniciadas abaixo da superfície.

A pré-carga também gerou calor e levou a uma condição de lubrificação deficiente. Observe a corrosão por contato pesada (separadas 180°) no diâmetro externo do anel externo correspondente às duas zonas de carga.

Fig. 20

A corrosão por contato pode levar à fratura do anel. O anel trinca em seu ponto mais fraco – a ranhura de lubrificação.

Classificação ISO: Corrosão por contato e fratura forçada



Fig. 21

O anel externo deste rolamento não se apoiou no assento da caixa de mancal. A corrosão por contato gerou tensões elevadas no anel externo o que acabou resultando na fratura forçada.

Classificação ISO: Corrosão por contato e fratura forçada



Fig. 22

O anel externo do rolamento autocompensador de esferas está posto contra um espelho. Duas zonas de carga e descascamento podem ser vistas separadas 180° . O dano foi causado por uma caixa de mancal ovalizada.

Classificação ISO: Fadiga iniciada subsuperficial



Desalinhamento estático

O desalinhamento estático, uma causa comum de superaquecimento e/ou descascamento prematuro manifesta-se quando há alguma das seguintes condições:

- O anel interno está assentado contra um ressalto do eixo que não está em esquadro com o assento do rolamento.
- O anel externo está assentado contra um ressalto da caixa de mancal que não está em esquadro com o furo da caixa de mancal.
- Os dois furos da caixa de mancal não são concêntricos ou coaxiais.
- Um rolamento está incorretamente instalado em seu ressalto e ficou mal posicionado em seu assento.
- O anel externo de um rolamento livre está mal posicionado em seu assento.

Os rolamentos autocompensadores não são um remédio para todos as falhas de alinhamento. Por exemplo, quando o anel interno rotativo de um rolamento autocompensador não está em esquadro com o assento do eixo, vai oscilar à medida que gira. Isso pode causar problemas de lubrificação e desgaste prematuro e/ou fadiga prematura iniciada na superfície.

Rolamentos de esferas axiais podem mostrar sinais de fadiga precoce quando montados em suportes que não sejam perpendiculares ao eixo. Nesses casos, apenas uma pequena seção (arco) do anel estacionário suporta toda a carga. Quando o anel rotativo de um rolamento de esferas axial é montado sobre um ressalto do eixo

fora de esquadro, o anel oscila à medida que gira. A oscilação do anel rotativo faz com que as cargas sejam aplicadas apenas a uma pequena porção do anel estacionário, causando fadiga prematura.

Quando duas caixas de mancal que apoiam o mesmo eixo não têm uma linha de centro comum, apenas os rolamentos autocompensadores de esferas ou de rolos serão capazes de operar sem induzir momentos de flexão que, caso contrário, produzem deflexões do eixo e desalinhamento. Os rolamentos rígidos de esferas e de contato angular assim como os rolamentos de rolos cilíndricos e cônicos podem acomodar apenas pequenos desalinhamentos. Nesses rolamentos, o desalinhamento geralmente causa cargas de canto, que podem resultar em fadiga prematura.

O rolamento de esferas de contato angular de duas carreiras, indicado na **fig. 23** estava desalinhado. Isso resultou em duas zonas de carga defasadas 180°. As cargas pesadas induzidas levaram a uma condição de lubrificação ineficiente. Os dois problemas, as cargas pesadas e a lubrificação, causaram dano prematuro ao rolamento, iniciado como descascamento na superfície.

O rolamento de rolos cônicos mostrado na **fig. 24** foi instalado em uma caixa de mancal desalinhada. A carga foi suportada apenas por uma pequena área na borda. As tensões resultantes, muito altas nessa área, produziram a fadiga do material e descascamento prematuro iniciado abaixo da superfície.

Fig. 23

Rolamento de duas carreiras de esferas de contato angular desalinhado: o desalinhamento resultou em duas zonas de carga defasadas 180°. Cargas pesadas, tensões resultantes e problemas de lubrificação levaram à falha prematura do rolamento.
Classificação ISO: Fadiga superficial



Fig. 24

O desalinhamento da caixa de mancal gerou cargas nas bordas neste rolamento de rolos cônicos. O resultado: falha prematura do rolamento.
Classificação ISO: Fadiga subsuperficial



Práticas de montagem inadequadas

Abuso e negligência, antes da montagem e durante ela, muitas vezes causam danos e fadiga prematuros ou falha.

Uma das principais causas de falhas por fadiga precoces é o dano por impacto durante o manuseio, montagem, armazenamento e/ou operação.

Nesses casos, o impacto é maior do que a resistência do material (sobrecarga), que se deforma plasticamente. O dano começa em uma entendação e, finalmente, causa a falha prematura do rolamento.

A **fig. 25** mostra que a força de montagem, aplicada ao anel errado, passou através dos elementos rolantes. Isso também pode ocorrer se o rolamento for submetido a carga anormal enquanto não estiver em operação. Como a carga de impacto é uma carga axial, entendações podem ser encontradas nos anéis que estão axialmente deslocados do centro. A distância entre as entendações é igual ao espaçamento entre os elementos rolantes.

A **fig. 26** mostra os danos ao anel interno de um rolamento de esferas de contato angular de duas carreiras. Nesse caso a força de montagem foi aplicada através do anel externo. A deformação plástica resultante consiste em depressões igualmente espaçadas que correspondem à distância entre as esferas.

A **fig. 27** mostra os danos resultantes em um rolamento rígido de esferas depois de operar por algum tempo.

Outra causa de falhas por fadiga precoces é a presença de contaminantes presos no rolamen-

to ou na caixa de mancal. Os contaminantes podem ser introduzidos durante a montagem ou podem ser contaminantes residuais de uma falha anterior do rolamento. Os contaminantes também podem ser introduzidos como resultado do processo de fabricação da caixa de mancal.

O efeito de aprisionar uma lasca entre o diâmetro externo do rolamento e o furo da caixa de mancal também causa a falha prematura do rolamento.

Fig. 25

Força de montagem aplicada no anel errado
Classificação ISO: Sobrecarga

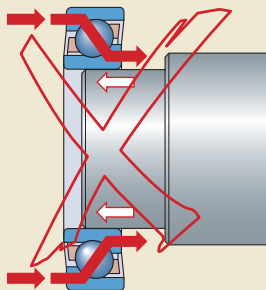


Fig. 26

Dano causado por impacto durante a montagem
Classificação ISO: Sobrecarga



Fig. 27

Fadiga provocada por dano por impacto durante a montagem
Classificação ISO: Sobrecarga



Falhas de rolamentos e suas causas

Rolamentos de rolos cilíndricos podem ser facilmente danificados durante a montagem. Isso pode acontecer, por exemplo, com rolamentos NU, após montar o anel interno no eixo e o anel externo com o conjunto de gaiola e rolos na caixa de mancal. Se o eixo ficar desalinhado durante a montagem e não for girado, os rolos podem arranhar (estrias) a pista do anel interno (→ fig. 28), fazendo entalhes na forma de longas estrias transversais. Observe que o espaçamento (→ fig. 29) das áreas danificadas corresponde à distância entre os rolos.

OBSERVAÇÃO: isso deve ser evitado: Lubrifique bem todos os componentes e gire o anel interno durante a montagem. É necessário usar bucha de montagem para rolamentos maiores (→ fig. 30).

Fig. 28

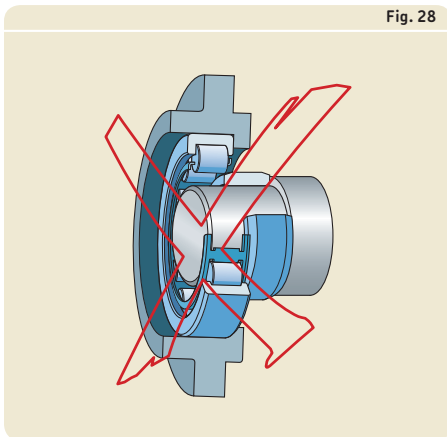
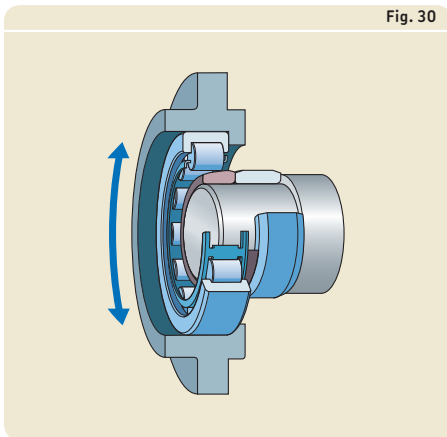


Fig. 29

Dano de montagem em um rolamento de rolos cilíndricos
Classificação ISO: Endentação por manuseio



Fig. 30



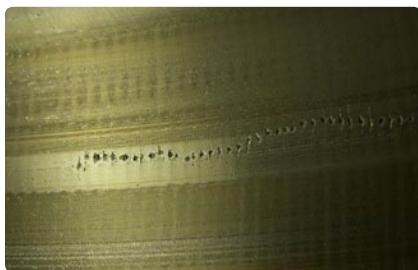
Passagem de corrente elétrica excessiva através do rolamento

Em certas condições, a corrente elétrica passa através de um rolamento procurando o terra. Por exemplo, ao reparar um eixo, potenciais elétricos excessivos podem ser causados devido a aterramento inadequado do equipamento de soldagem. Danos graves são causados por arcos voltaicos entre um anel de rolamento e os elementos rolantes e entre estes e o outro anel. A **fig. 31** ilustra danos causados por tensão elétrica excessiva na pista do anel externo e na superfície dos rolos de um rolamento autocompensador de rolos grande.

O dano pode ocorrer durante uma parada, mas normalmente ocorre em operação. No entanto, esse tipo de dano é classificado como pré-operacional.

Fig. 31

Dano de um rolamento autocompensador de esferas grande devido à passagem de tensão elétrica excessiva. Esquerda: dano na pista do anel externo; direita: dano correspondente no rolo. Classificação ISO: Tensão excessiva



Danos de transporte e armazenagem

Danos tipicamente associados ao transporte incluem brinelamento (sobrecarga) por cargas de choque ou falso Brinell por vibração.

Brinelamento é o resultado de um impacto. O impacto pode ocorrer como resultado de manuseio inadequado do rolamento ou de cargas de choque em uma aplicação. Dependendo da gravidade do dano o brinelamento aumenta os níveis de ruído e vibração e reduz a vida útil do rolamento. Para identificar o brinelamento, verifique se a distância entre as áreas danificadas corresponde à distância entre os elementos rolantes. Já que o brinelamento é o resultado de um impacto, as linhas originais de retífica podem ser vistas quando ampliadas. A **fig. 32** mostra uma ampliação de 100 x do dano causado por um impacto (sobrecarga).

Dano por falso brinelamento também corresponde à distância entre os elementos rolantes. No entanto, como é causada por vibração, as marcas de retífica desapareceram, como ilustra a **fig. 33**. O falso brinelamento também causa níveis maiores de ruído e vibração, dependendo da gravidade.

Quando armazenada, a embalagem do rolamento deve permanecer em boas condições, caso contrário o rolamento pode se deteriorar. Isso também se aplica a rolamentos já montados em subconjuntos (→ **fig. 34**). Os rolamentos devem ser adequadamente protegidos.

Fig. 32

Marca de impacto por uma sobrecarga (brinelamento) – ampliação de 100 x
Classificação ISO: Sobrecarga



Fig. 33

Marcas por resistência à medição do falso Brinell – ampliação de 100 x
Classificação ISO: Resistência à medição do falso Brinell



Fig. 34

Dano por estocagem incorreta
Classificação ISO: Corrosão por umidade



Causas operacionais de falhas

Fadiga subsuperficial (iniciada abaixo da superfície)

Durante a operação, a carga é transmitida de um anel para o outro através dos elementos rolantes. Toda vez que um elemento rolante entra na zona de carga, a carga transmitida na área de contato vai de zero a um máximo e volta a zero. Isso produz um acúmulo de tensões residuais no material. Dependendo da carga, temperatura e do número de ciclos de tensão, essas tensões provocarão mudanças estruturais no material e resultarão na formação de trincas abaixo da superfície. Essas trincas finalmente se propagarão para a superfície e ocorrerá descascamento (→ **fig. 35**).

O rolamento é danificado assim que o primeiro descascamento ocorre. Isso não significa que o rolamento não possa continuar a operar. O descascamento aumenta gradualmente em tamanho (→ **fig. 36**) e número provocando o aumento dos níveis de ruído e vibração na máquina. A máquina deve ser parada e reparada, antes que o rolamento falhe de maneira catastrófica.

Para evitar a fadiga prematura, iniciada abaixo da superfície, são necessárias três condições principais:

- aço do rolamento com alto grau de pureza – rolamento de melhor qualidade
- boas condições de lubrificação (sem contaminação)
- boa distribuição de carga sobre os elementos rolantes e ao longo da zona de carga

Fig. 35

Descascamento em um rolamento

Classificação ISO: Fadiga iniciada abaixo da superfície



Fig. 36

Descascamento avançado causado pela fadiga iniciada abaixo da superfície do material

Classificação ISO: Fadiga iniciada abaixo da superfície



Lubrificação ineficiente

Um dos princípios para do cálculo da expectativa de vida de um rolamento, é que o rolamento será lubrificado corretamente. Isso significa que o lubrificante correto, na quantidade correta chegará ao rolamento no momento correto. Para que sua operação seja confiável, todos os rolamentos necessitam de lubrificação adequada. O lubrificante separa os elementos rolantes, gaiola e pistas em ambas as regiões de contato, de rolagem e deslizamento. Sem lubrificação eficaz, o contato metal-metal ocorre entre os elementos rolantes, pistas e outras superfícies de contato, danificando essas superfícies.

A expressão “falha do lubrificante” é muitas vezes usada para concluir que não havia óleo ou graxa no rolamento. Embora isso possa acontecer ocasionalmente, uma análise de falha no rolamento normalmente não é tão simples. Muitos danos são causados por lubrificante de viscosidade insuficiente, viscosidade excessiva do lubrificante, excesso de lubrificação, quantidade inadequada de lubrificante, lubrificante contaminado ou lubrificante errado utilizado na aplicação. Portanto, uma análise aprofundada das propriedades do lubrificante, da quantidade de lubrificante aplicada ao rolamento e das condições de funcionamento aplica-se a qualquer análise de falhas causadas pela lubrificação.

Quando a lubrificação é ineficiente, haverá dano causado por fadiga na superfície. Esse dano pode progredir rapidamente para falhas que são muitas vezes difíceis de diferenciar de falhas por fadiga subsuperficial ou descascamento. O descascamento ocorre e muitas vezes destrói as evidências da lubrificação ineficiente. No entanto, se detectado com antecedência suficiente, os indícios que identificam a causa real dos danos serão visíveis.

As etapas da falha devido à lubrificação inadequada (defeitos na superfície) são mostradas na **fig. 37**. A primeira indicação visível do problema geralmente é uma rugosidade fina ou ondulação na superfície. Depois disso, surgem trincas e, em seguida, o descascamento.

Fig. 37

Estágios progressivos de descascamento (fadiga superficial) causado por lubrificação ineficiente
Classificação ISO: Fadiga iniciada na superfície



Estágio 1: Polimento ou ondulação desenvolve-se na superfície.



Estágio 2: Fadiga superficial e surgimento de pequenas trincas. Depois ocorre o microdescascamento.



Estágio 3: Os elementos rolantes passam pelas partículas metálicas; acontece o descascamento real da superfície.



Estágio 4: Se operar por muito tempo, toda a pista é descascada; os danos iniciais já não poderão ser observados.

A **fig. 38** mostra a pista do anel interno de um rolamento autocompensador de rolos grande. Devido à lubrificação inadequada ocorreu fadiga de superfície. O descascamento iniciou na linha de contato dos corpos rolantes na pista do anel interno. A **fig. 39** mostra o anel externo de um rolamento autocompensador de rolos. Aqui, o descascamento está avançado.

Fig. 38

Fadiga superficial iniciada na pista do anel interno, na linha de contato (rolagem pura) dos corpos rolantes com a pista em um rolamento autocompensador de rolos
Classificação ISO: Fadiga iniciada na superfície



Fig. 39

Descascamento avançado causado pela fadiga superficial no anel externo de um rolamento autocompensador de rolos
Classificação ISO: Fadiga iniciada na superfície



Falhas de rolamentos e suas causas

Outra forma de dano à superfície é o desgaste adesivo. As marcas na superfície do rolamento (escorregamento) podem ocorrer em qualquer das seguintes condições:

- rotações relativamente altas
- carga insuficiente
- lubrificante de alta consistência
- folga excessiva
- lubrificante insuficiente na zona de carga

Quando os elementos rolantes são submetidos a acelerações fortes, podem deslizar ao reentrar na zona de carga. O calor gerado por esses contatos deslizantes pode ser tão alto que as duas superfícies se fundem nos pontos de contato metal-metal. Esse processo de soldagem faz com que haja transferência de material de uma superfície para a outra, o que também causa o aumento do atrito e concentrações localizadas de tensões com alto risco da ocorrência de trincas e o rolamento falhará prematuramente. A **fig. 40** mostra o anel externo de um rolamento autocompensador de rolos. Cada carreira exibe uma faixa de marcas na superfície. Observe os dois padrões de desgaste na zona de carga. Outro exemplo de marcas na superfície está ilustrado na **fig. 41**.

O escorregamento também pode ocorrer em aplicações onde a carga é muito leve em relação à rotação. O deslizamento dos elementos rolantes causa a rápida elevação da temperatura, que pode causar derretimento localizado e a transferência de material de uma superfície para a outra (→ **fig. 42**).

O escorregamento também podem acontecer em áreas como flanges e nas faces laterais de rolos de rolamentos de rolos cilíndricos e cônicos, anel guia e faces laterais de rolos em rolamento autocompensador de rolos e no lado de encosto de rolos em rolamentos axiais autocompensadores de rolos (→ **fig. 42**).

Fig. 40

Escorregamento no lado de reentrada da zona de carga no anel externo de um rolamento autocompensador de rolos

Classificação ISO: Desgaste adesivo

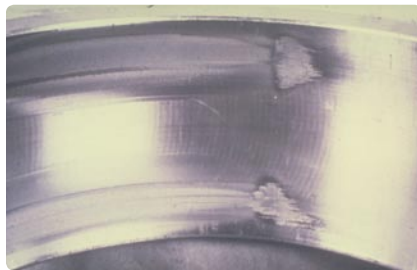


Fig. 41

Escorregamento em uma pista do anel interno estacionário de um rolamento autocompensador de rolos

Classificação ISO: Desgaste adesivo



Fig. 42

Escorregamento no lado axial de um rolo de um rolamento axial autocompensador de rolos

Classificação ISO: Desgaste adesivo



O desgaste de um rolamento como um todo também é consequência de lubrificação ineficiente. A **fig. 43** ilustra esse tipo de dano.

A maioria das gaiolas metálicas não é temperada. Se a lubrificação for ineficiente, o desgaste muitas vezes começa nas bolsas da gaiola (→ **figs. 44 e 45**).

Fig. 43

Desgaste causado pela lubrificação ineficiente em um rolamento autocompensador de rolos
Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 44

Desgaste causado pela lubrificação ineficiente: gaiola usinada de latão de um rolamento de rolos cilíndricos
Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 45

Desgaste avançado causado pela lubrificação ineficiente: gaiola usinada de aço de um rolamento de rolos de uma carreira de esferas de contato angular
Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Vedação ineficiente

Esta seção aborda as falhas causadas em rolamentos devido a arranjos de vedação ineficientes.

Quando os contaminantes penetram na cavidade do rolamento, a vida útil do rolamento diminui. Portanto, é extremamente importante proteger os rolamentos com vedações integrais ou placas de proteção ou vedações externas. Em ambientes fortemente contaminados, pode ser vantajoso empregar ambas as soluções de vedação.

Quando contaminantes sólidos entram em um rolamento, o lubrificante pode perder sua eficiência e o desgaste pode começar. Esse é um processo que avança, porque o lubrificante continua a deteriorar e o desgaste destrói a microgeometria do rolamento. A velocidade desse processo depende amplamente do tipo de contaminante e se as partículas de desgaste permanecerão no rolamento ou se serão removidas (relubrificação). Na maioria das vezes, o desgaste produz superfícies opacas (→ **figs. 46 a 48**).

A **fig. 46** mostra o anel externo de um rolamento autocompensador de rolos com duas faixas de desgaste na zona de carga. É também visível alguma ondulação resultante da vibração durante a operação. A **fig. 47** mostra o anel interno de um rolamento autocompensador de rolos de uma aplicação com anel externo rotativo. O desgaste está avançado nas duas pistas e o descacamento iniciado. A **fig. 48** mostra o anel interno de um rolamento autocompensador de rolos grande de uma aplicação com anel externo rotativo. O desgaste está bem avançado e o descacamento iniciado. Cada pista possui duas zonas de desgaste. O desgaste ocorreu em uma zona. Depois, como o anel interno apresentou deslizamento (giro), o desgaste inicia na segunda zona.

Fig. 46

Desgaste no anel externo de um rolamento autocompensador de rolos

Classificação ISO: Desgaste abrasivo

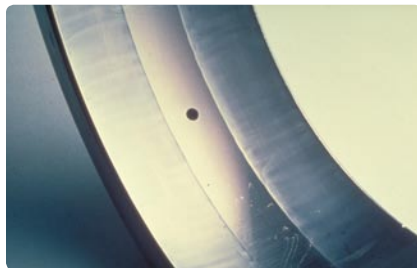


Fig. 47

Desgaste avançado na pista do anel interno de um rolamento autocompensador de rolos (anel interno estacionário)

Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 48

Desgaste muito avançado na pista de um rolamento grande autocompensador de rolos (anel interno estacionário)

Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Algumas vezes, as partículas desprendidas ou outros contaminantes sólidos atuam como um agente abrasivo e as superfícies de contato tornam-se extremamente brilhantes. A extensão disso depende do tamanho das partículas, da sua dureza e do tempo (→ **figs. 49 e 50**).

Fig. 49

Desgaste por polimento em um rolamento autocompensador de rolos
Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Fig. 50

Desgaste por polimento no anel interno de um rolamento autocompensador de rolos grande
Classificação ISO: Desgaste abrasivo



Falhas de rolamentos e suas causas

Os contaminantes sólidos que entram na cavidade do rolamento causam endentações, quando os elementos rolantes passam por eles nas pistas. O dano causado às pistas depende do tipo de contaminante. Partículas muito duras, como o Al_2O_3 (material de uma pedra de esmeril), produz endentações com cantos cortantes, que provocam tensões elevadas na área danificada. Os contaminantes moles como pedaço fino de papel ou o fiapo de um tecido de algodão também podem causar endentações prejudiciais.

Qualquer endentação tem potencial para iniciar fadiga prematura.

A **fig. 51** mostra uma endentação causada por um pedaço de fio metálico comprimido num rolamento autocompensador de rolos muito grande.

A **fig. 52** mostra endentações em um rolamento autocompensador de rolos muito grande. Um grande número de endentações pode reduzir significativamente a vida útil do rolamento.

A **fig. 53** mostra um rolamento rígido de esferas com endentações provocados por contaminantes. O descascamento começou nos dois pontos indicados por círculos e continuou a partir desse ponto.

Fig. 51

Um entalhe por um pedaço de fio metálico em um rolamento autocompensador de rolos muito grande
Classificação ISO: Entalhe por detritos



Fig. 52

Endentações por partículas em um rolamento autocompensador de rolos grande
Classificação ISO: Entalhe por detritos



Fig. 53

Descascamento em um rolamento rígido de esferas devido a endentações
Classificação ISO: Entalhe por detritos



A corrosão é outro problema que ocorre como consequência de um arranjo de vedações ineficiente, especialmente em paradas.

Água, ácido e muitos agentes de limpeza deterioram os lubrificantes, ocasionando a corrosão.

A entrada de água, ácido ou agentes de limpeza na aplicação, afeta negativamente a capacidade do lubrificante em proteger as superfícies de aço contra oxidação. Como resultado, quando a máquina está parada, a corrosão profunda forma-se facilmente.

Ao longo do tempo, o excesso de umidade forma um ácido no lubrificante e deixa a superfície escurecida, como ilustra a **fig. 54**.

Na presença de água e devido ao efeito capilar, a área próxima à zona de contato dos elementos rolantes torna-se corroída (→ **fig. 55**). Essa corrosão aparece como estrias preto acinzentado nas pistas, que geralmente coincidem com a distância entre os elementos rolantes (→ **fig. 56**).

Fig. 54

Umidade ácida em um rolamento autocompensador de rolos

Classificação ISO: Corrosão por umidade

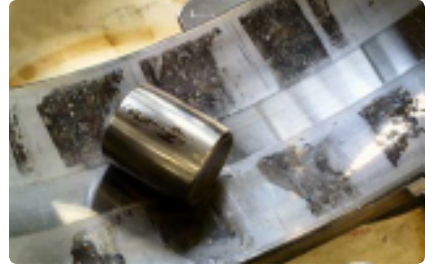


Fig. 55

Devido ao efeito capilar, a área próxima à zona de contato do elemento rolante pode ser corroída.

Classificação ISO: Corrosão por umidade

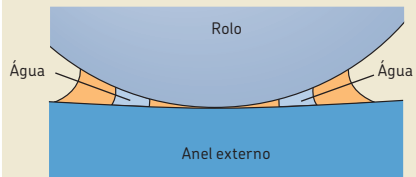


Fig. 56

Marcas de corrosão causadas por água no lubrificante

Classificação ISO: Corrosão por umidade



Falhas de rolamentos e suas causas

Quando ácido, água ou agentes de limpeza comprometem a capacidade do lubrificante em proteger as superfícies de aço e a paralisação for prolongada, toda a superfície dos anéis e elementos rolantes pode ser corroída (→ figs. 57 e 58).

Fig. 57

Corrosão no anel externo de um rolamento autocompensador de rolos causada pela umidade durante uma parada prolongada do equipamento

Classificação ISO: Corrosão por umidade



Fig. 58

Corrosão no rolo de um rolamento autocompensador de rolos causada por umidade durante uma parada prolongada do equipamento

Classificação ISO: Corrosão por umidade



Vibração (falso brenilamento)

A vibração, especialmente durante paradas, é outra causa de falhas ao rolamento. Como no caso de equipamentos auxiliares e de reserva, a falha por vibração pode ser causada por máquinas próximas que estejam em operação. Dependendo da proximidade entre a unidade ociosa e a(s) que está(ão) em funcionamento, a vibração criada pelo equipamento operacional faz com que os elementos rolantes do rolamento da máquina parada vibrem. Dependendo da intensidade e frequência da vibração, da condição do lubrificante e da carga, ocorre uma combinação de corrosão e desgaste, formando depressões rasas na pista.

As depressões, que têm o mesmo espaçamento dos elementos rolantes, são muitas vezes descoloridas (avermelhadas) ou brilhantes (depressões esféricas em rolamentos de esferas, linhas em rolamentos de rolos).

A magnitude e a duração da vibração e da folga interna do rolamento podem influenciar a falha. Rolamentos de rolos parecem ser mais suscetíveis a esse tipo de falha que os rolamentos de esferas.

A **fig. 59** mostra o resultado de falha por vibração em um rolamento autocompensador de esferas em uma unidade de reserva. A **fig. 60** mostra um resultado similar em um rolamento de rolos toroidais CARB, devido a uma parada prolongada. A **fig. 61** mostra o falso brenilamento no anel externo de um rolamento de rolos cilíndricos. O rolamento foi instalado num motor elétrico de um equipamento auxiliar. Houve diversas paradas e partidas. A cada parada, ocorreu dano causado por vibração. É possível observar diversos conjuntos de “estrias” com a mesma distância que os rolos. As três setas indicam os danos mais pesados – na mesma distância que os rolos – durante uma parada prolongada.

Fig. 59

Falha por vibração em um rolamento autocompensador de esferas de uma unidade reserva (stand-by)
Classificação ISO: Falso brenilamento



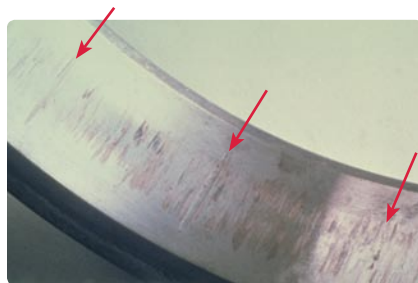
Fig. 60

Falha por vibração em um rolamento de rolos toroidais CARB devido a parada prolongada
Classificação ISO: Falso brenilamento



Fig. 61

Falha por vibração em um rolamento de rolos cilíndricos de um equipamento auxiliar
Classificação ISO: Falso brenilamento



Desalinhamento operacional

Causas de desalinhamento operacional incluem deflexões do eixo causadas por cargas pesadas ou mudanças de amplitude de carga durante a operação (carga desbalanceada). Quando há desalinhamento operacional, as zonas de carga não são paralelas às ranhuras da pista (→ **fig. 9** na **página 297**). O resultado é cargas axiais induzidas, que podem ser perigosas, porque podem levar à fratura por fadiga. A **fig. 62** mostra o anel externo de um rolamento de rolos cilíndricos de duas carreiras com número máximo de rolos NNCF. O flange do anel externo está quase completamente rompido devido à fadiga causada por cargas axiais induzidas resultantes de deflexão do eixo.

Fig. 62

Fratura por fadiga do flange do anel externo de um rolamento de rolos cilíndricos com duas carreiras com número máximo de rolos

Classificação ISO: Fratura por fadiga



Passagem de corrente elétrica através do rolamento

Para falha causado por tensão excessiva consulte *Passagem de corrente elétrica excessiva através do rolamento* na **página 307**.

No entanto, os danos causados por corrente podem ocorrer mesmo se a intensidade da corrente for relativamente baixa. Correntes elétricas parasitas podem ser causadas por qualquer um dos seguintes: inversores de frequência, assimetrias de fluxo, projeto do motor, cabeamento assimétrico, aterramento e máquina acionada. Inicialmente, a superfície é danificada por crateras rasas, que estão posicionadas umas próximas das outras e tão pequenas ao ponto de necessitarem de ampliação para serem vistas (→ **figs. 63 e 64**).

Cortar completamente o material e ampliar a imagem cerca de 500 x mostra a alteração do material (→ **fig. 65**). A área branca mostra que o metal foi retemperado, normalmente entre 66 e 68 HRC. Esse material é muito duro e quebradiço. Abaixo da área temperada há uma camada preta, recozida pelo calor, que é mais mole que o material do rolamento ao seu redor (56 a 57 HRC).

Fig. 63

Passagem de corrente: Podem ser observadas pequenas crateras quando ampliação de 500 x.
Classificação ISO: Fuga de corrente

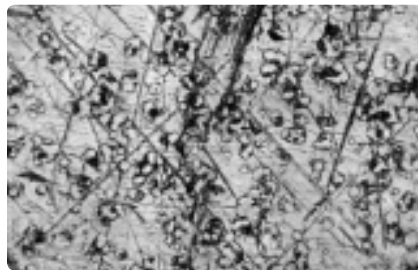


Fig. 64

Crateras (ampliação de 1 000 x)
Classificação ISO: Fuga de corrente

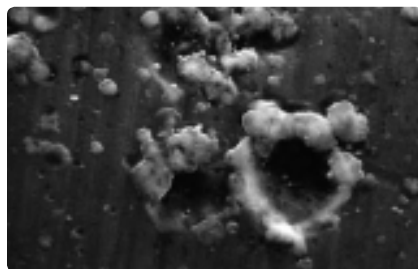
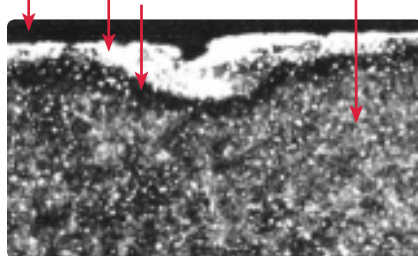


Fig. 65

Alteração do material: Seção transversal de anel de rolamento com ampliação de 500 x
Classificação ISO: Fuga de corrente

Retemperado com 66–68 HRC (branco) Normal com 58–62 HRC
Pista Recozido com 56–57 HRC (preto)



Falhas de rolamentos e suas causas

A extensão do dano depende de alguns fatores: tipo de rolamento, intensidade da corrente (amperagem), duração, carga no rolamento, folga do rolamento, rotação e lubrificante. Depois de um tempo, formam-se estrias (também conhecidas como efeito tábua de lavar) a partir das crateras (→ **figs. 66 e 67**), paralelas ao eixo de rolagem. Podem ter profundidade considerável, produzindo ruído e vibração durante a operação. Eventualmente, o rolamento falha por fadiga do metal. Além do padrão de estrias nos anéis e rolos dos rolamentos, existem outros dois sinais que podem indicar as falhas geradas por correntes elétricas parasitas: uma descoloração opaca cinza escuro dos elementos rolantes (→ **fig. 68**), além de zona de carga muito fina descolorida cinza escuro fosco. A graxa na gaiola ou perto das barras da gaiola será preta (carbonizada) (→ **fig. 69**).

A falha causada por corrente também pode ser originado por eletricidade estática proveniente de correias carregadas ou de processos de fabricação envolvendo couro, papel, tecido ou borracha. Essas correntes parasitas passam através do eixo e do rolamento indo para o terra. Quando a corrente atravessa o filme lubrificante entre os elementos rolantes e as pistas, ocorrem arcos voltaicos microscópicos.

OBSERVAÇÃO: Para evitar os problemas causados por passagem de corrente, a SKF recomenda usar rolamentos que proporcionam isolamento: rolamentos híbridos ou INSOCOAT. As canetas detectoras de descarga elétrica da SKF podem ajudar a detectar a presença de correntes de descargas elétricas em rolamentos.

Fig. 66

Estrias (tábua de lavar) em estágio inicial em um rolamento autocompensador de rolos
Classificação ISO: Passagem de corrente

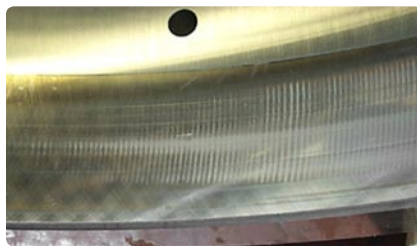


Fig. 67

Estrias em estágio avançado em um rolamento rígido de esferas
Classificação ISO: Passagem de corrente



Fig. 68

Esquerda: esfera com coloração opaca causada por passagem de corrente
Direita: esfera normal
Classificação ISO: Passagem de corrente



Fig. 69

Graxa queimada nas barras da gaiola
Classificação ISO: Passagem de corrente





Suporte à manutenção

Introdução	326
Treinamento	326
SKF Reliability Maintenance Institute	326
Treinamento presencial	326
Treinamento personalizado	326
Manutenção de confiabilidade SKF	
Instituto on-line	327
SKF @ptitude Exchange	327
SKF @ptitude Decision Support	327
Revisão de planos de manutenção	328
Análise das necessidades do cliente	
da SKF	328
Soluções de manutenção integradas	329
Gestão de energia e sustentabilidade	329
Serviços de monitoramento de energia	
da SKF	329
Cartões de conscientização do chão de	
fábrica	330
Serviços de manutenção mecânica	330
Repotencialização e restauração	331
Serviços de repotencialização da SKF	331
Serviços de precisão para máquinas-	
ferramenta SKF	331
Distribuidores autorizados SKF	331
Parceiros de manutenção certificados SKF	331
SKF Certified Rebuilders de	
motores elétricos	331

Introdução

Para apoiar ainda mais seus esforços de manutenção de máquinas, a SKF oferece uma variedade abrangente de serviços de apoio.

Este capítulo oferece uma visão geral desses serviços. Todos os detalhes a respeito estão disponíveis on-line em www.skf.com/services e/ou www.aptitudexchange.com.

Treinamento

Proporcionar o treinamento adequado assegura que você e seus funcionários estejam devidamente treinados e adquiram as habilidades adequadas para executar manutenção e gerenciamento dos ativos de máquinas da fábrica, reduzindo custos de manutenção e melhorando a confiabilidade e produtividade.

A SKF oferece opções de treinamento que vão desde o treinamento presencial sob medida no local a soluções de treinamento on-line que podem ser assistidas no momento e no ritmo mais convenientes.

Está disponível um portfólio abrangente de cursos de treinamento sobre confiabilidade de máquina, desde o nível básico ao de especialista.

Não importa seu setor industrial ou quais máquinas utiliza, a SKF pode ajudar a mostrar como melhorar a manutenção de seus ativos.

SKF Reliability Maintenance Institute

O SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece um conjunto abrangente de cursos de treinamento para os diferentes níveis de habilidade, com um portfólio de treinamentos que abrange a maioria dos aspectos de manutenção e confiabilidade das máquinas, desde noções básicas de lubrificação de rolamentos a estratégias de manutenção e gestão de ativos.

Treinamento presencial

Os cursos presenciais tradicionais do RMI, ministrados por instrutores especializados, são realizados em vários centros de treinamento da SKF, mas também podem ser realizadas no local, a pedido. Os cursos no local trazem o instrutor e a especialização à sua fábrica para que o treinamento seja diretamente aplicado em seus equipamento.

A maioria dos cursos inclui um teste de certificação. Os participantes aprovados com êxito no teste obtêm a Certificação SKF nesse curso.



Treinamento personalizado

A SKF pode criar programas de treinamento personalizados para cada empresa, de acordo com suas necessidades específicas. Para o treinamento de habilidades dos funcionários, processo ou equipamento, os especialistas do RMI podem efetuar a análise de tarefas e habilidades para avaliar as necessidades de treinamento, desenvolver os materiais do curso e implementar uma programação de treinamento.

SKF Reliability Maintenance Institute on-line

A área on-line do SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) oferece um portfólio crescente de cursos de e-learning de nível introdutório que abordam grande variedade de tópicos. Isso permite que os participantes aprendam no seu próprio ritmo e da maneira que lhes for conveniente. O RMI on-line permite que os alunos colaborem entre si e com os tutores do curso. A funcionalidade "ask the expert" (pergunte ao especialista) permite que o participante tenha acesso direto a uma ampla rede de especialistas SKF no assunto específico, maximizando a eficiência da experiência de aprendizagem.

Semelhantes aos cursos presenciais, os cursos on-line são estruturados para refletir o processo de otimização de ativos AEO (Asset Efficiency Optimization da SKF. Ao término do curso, cada participante pode avaliar o que aprendeu através de um teste. Os certificados estão disponíveis para impressão para todos os participantes aprovados.

SKF @ptitude Exchange

O SKF @ptitude Exchange é uma fonte de conhecimento on-line da SKF sobre especialização em confiabilidade, abordando três áreas essenciais:

- Gestão de ativos, por exemplo otimização e logística de manutenção
- Manutenção mecânica, por exemplo balanceamento, alinhamento e lubrificação
- Engenharia de confiabilidade, por exemplo manutenção preditiva, análise de vibração e técnicas de inspeção

O site do SKF @ptitude Exchange serve como biblioteca do SKF Reliability Maintenance Institute, fornecendo riqueza de informações de alta qualidade técnica para reforçar o ensino do curso. Monografias, artigos, tutoriais e muito mais estão disponíveis para usuários registrados, mediante pagamento de uma taxa, bem como o acesso a muitos programas e serviços interativos, incluindo:

- SKF Bearing Inspector, para ajudar na análise de falhas do rolamento
- LubeSelect, para seleção de lubrificantes
- LuBase, para dados específicos sobre lubrificantes
- SKF.com/mount, para instruções detalhadas de montagem de rolamentos, caixas de mancal e unidades
- @ptitude Exchange Forum, para discussões com especialistas de manutenção e confiabilidade

Alguns programas requerem fazer uma assinatura.

SKF @ptitude Decision Support

O SKF @ptitude Decision Support é um sistema de gerenciamento de conhecimentos que incorpora as tecnologias mais avançadas para integrar dados de várias fontes em um aplicativo de manutenção de confiabilidade fácil de usar. Ele melhora a capacidade do usuário de tomar a decisão certa no momento certo, proporcionando uma abordagem estruturada para a captura e a aplicação do conhecimento.

Revisão de planos de manutenção

Como posso melhorar o desempenho da fábrica? Devo alinhar melhor a minha fábrica às referências da indústria? Como posso ter certeza de melhorar continuamente os processos de manutenção de minha fábrica?

Essas são boas perguntas. Mas, encontrar as respostas certas e implementar estratégias para abordar essas questões pode ser assustador. Com os desafios operacionais diários e limitações de tempo, identificar e aproveitar as oportunidades de melhoria pode parecer impossível. Mas, a SKF pode ajudar.

Para ser bem-sucedido, é necessário assegurar que a estratégia de manutenção e sua execução estejam estreitamente alinhadas para obter os benefícios esperados. Juntamente com a equipe de sua fábrica, o consultor SKF pode fornecer as ferramentas, técnicas, treinamento e orientação para fazer isso.

A SKF pode reavaliar sua estratégia de manutenção, aferi-la em relação às referências de sua indústria e elaborar um relatório que mostra o caminho a ser seguido. Após você decidir como fazer melhorias e implementar essas recomendações, a SKF pode ajudá-lo em cada etapa ao longo do caminho, proporcionando o conhecimento, tecnologias e treinamento que o pessoal da sua fábrica precisa para obter o retorno desejado.

Alternativamente, a SKF pode implementar e executar o programa de manutenção de máquinas ao seu lado, fornecendo a especialização e o equipamento necessários para obter os resultados mutuamente combinados.

Análise das necessidades do cliente da SKF

Um ponto de partida para avaliar a eficácia de sua estratégia de manutenção atual pode ser a implementação de uma Análise das necessidades do cliente da SKF. Esse serviço pode se concentrar em qualquer de suas estratégias de gestão de ativos e/ou da sua eficiência energética e questões relacionadas à sustentabilidade.

Uma estratégia de gerenciamento de ativos integrada com base em confiabilidade e risco começa com um entendimento inicial de onde você se encontra e onde precisa estar para obter



o máximo desempenho. A Análise das necessidades do cliente da SKF permite esse entendimento, aliando nossa experiência em manutenção com enfoque na confiabilidade ao seu conhecimento das condições da fábrica. O objetivo é o de proporcionar informações úteis e práticas para lhe ajudar a se concentrar em oportunidades de melhoria de desempenho confiáveis.

A Análise das necessidades do cliente da SKF fornece uma visão instantânea da situação atual da fábrica e também considera os aspectos específicos da indústria sobre manutenção e confiabilidade criando uma análise exclusiva baseada em necessidades.

Uma vez que você saiba como os processos de manutenção de confiabilidade estão trabalhando atualmente, podemos ajudar a planejar um roteiro para enfrentar seus desafios mais prementes.

Soluções de manutenção integradas

A base de uma solução de manutenção integrada (IMS) é uma parceria em que a SKF é responsável pela criação e implementação de sua estratégia de gestão de ativos com o objetivo geral de aumentar a confiabilidade e a rentabilidade de sua fábrica. Por meio de um acordo IMS, a SKF torna-se parte integrante de sua equipe operacional. Fornecemos rolamentos, vedações e lubrificantes e gerimos a manutenção de suas máquinas. Colaboramos com você, combinando nossa profunda experiência e especialização na gestão de ativos e conhecimento de equipamentos rotativos para reduzir o custo total de propriedade de seus ativos.

O resumo das vantagens inclui:

- maior confiabilidade e disponibilidade das máquinas
- gestão do custo total de propriedade e controle dos custos de manutenção
- atualização das operações de manutenção, confiabilidade e habilidades da mão de obra
- evitar despesas de capital em tecnologia e inventário
- obter fornecimento em tempo hábil e controlar seus custos dos componentes de MRO (manutenção, reparo e operações)
- beneficiar-se dos recursos de engenharia da SKF

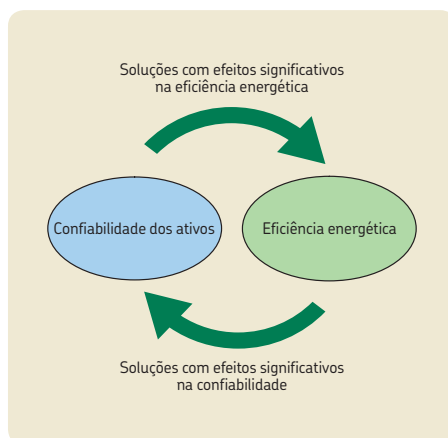


Serviços de monitoramento de energia da SKF

A SKF oferece serviços de monitoramento de energia para ar comprimido e sistemas de bombeamento. Ambos os serviços podem ajudar a identificar oportunidades de redução das contas de energia e melhorar o seu desempenho ambiental. Os benefícios típicos incluem:

Gestão de energia e sustentabilidade

A eficiência energética pode fornecer uma indicação da confiabilidade das máquinas da fábrica, tais como bombas. No entanto, embora a eficiência energética possa ser um indicador de confiabilidade, não pode ser usada para prever e detectar problemas específicos de manutenção. Consequentemente, o monitoramento da energia e os programas de monitoramento de condições da SKF têm uma relação de complementaridade e fornecem o máximo de benefícios e redução de custos, quando implantados em paralelo.



Suporte à manutenção

- redução de custos – através da identificação de oportunidades de otimização do sistema e redução do consumo de energia
- gestão especializada do programa – coleta e análise profissional de dados com recomendações de ações para melhorar a eficiência do sistema
- melhores práticas – combinação de tecnologias de monitoramento de condições da SKF e inspeções dirigidas baseadas nas melhores práticas aceitas pela indústria para acompanhar e efetuar cálculos energéticos e de emissões de CO₂
- baseado na ODR – aplicação das ferramentas e metodologia comprovadas da Confiabilidade direcionada pelo operador para envolver os operadores e a equipe gerencial nas atividades de conscientização e gerenciamento energético
- integração – a combinação de dados sobre energia com programas de monitoramento de condição existentes para coleta, análise e comunicação de dados
- manipulação flexível de recursos – executado com pessoal interno treinado pela SKF, ou pela própria SKF mediante contrato de serviço de campo

Cartões de conscientização do chão de fábrica

A experiência do Departamento de Energia dos Estados Unidos sugere que um programa de conscientização global pode reduzir o consumo de energia em 5%, sem investimento de capital substancial.

Os Cartões de conscientização do chão de fábrica sobre energia e sustentabilidade oferecem aos gerentes operacionais a oportunidade e as ferramentas para interagir com suas equipes em uma conversa sobre energia e sustentabilidade de uma forma que encoraje opiniões e ideias visando economias a cada vez que se encontram.

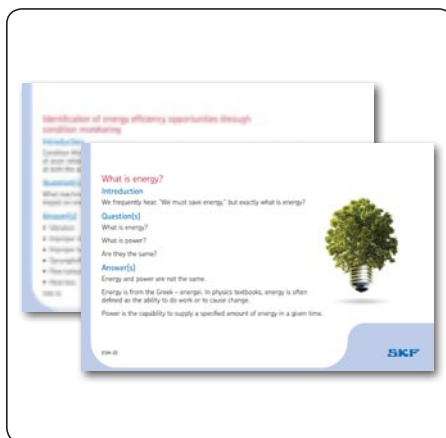
Da mesma forma que muitas empresas comecem cada encontro com uma discussão sobre segurança, os Cartões de conscientização do chão de fábrica permitem que em todos os encontros possa haver um “minuto dedicado à energia”. Os cartões apresentam tópicos específicos sobre energia e sustentabilidade em termos não técnicos que fazem as questões compreensíveis e acessíveis à equipe operacional.

Eles não são usados como um programa de formação abrangente, mas destinam-se a apresentar regularmente aos funcionários questões relacionadas a energia e sustentabilidade.

Serviços de manutenção mecânica

Conforme a manutenção de equipamentos fica mais complexa em função dos avanços tecnológicos e das leis ambientais e sobre segurança, mais empresas precisam de ajuda em suas operações de manutenção. A SKF oferece ampla variedade de serviços de manutenção mecânica, ajudando os clientes a atingirem suas metas de manutenção. Eles incluem:

- instalação da máquina
- alinhamento de precisão
- medições 3D
- usinagem no local
- balanceamento de precisão
- montagem e desmontagem de rolamentos
- soluções de lubrificação



Repotencialização e restauração

Serviços de repotencialização da SKF

A repotencialização pode aumentar a vida útil dos rolamentos, reduzindo os custos de manutenção e o impacto ambiental. A SKF possui uma rede global de modernos centros de serviço que lhe permitem ter acesso aos nossos recursos de repotencialização de rolamentos de classe mundial. Usamos materiais, métodos e máquinas com a mesma qualidade para retrabalhar rolamentos que os usados para fabricá-los, dando-lhe a tranquilidade de que seus rolamentos e equipamentos relacionados, tais como caixas de mancal, serão tratados com o mesmo nível de qualidade, processos de trabalho e conhecimento, independentemente do lugar no mundo em que você se encontra.

Para determinar se os seus rolamentos podem ser repotencializados, contate seu representante SKF local.

Serviços de precisão para máquinas-ferramenta SKF

A SKF é o maior fornecedor mundial de serviços para restauração de eixos, fornecendo ampla variedade de serviços altamente especializados, desde atualizações de engenharia para análise de eixos, recondição e substituição.

Distribuidores autorizados SKF

A SKF tem grande cuidado em desenvolver e apoiar sua rede de distribuidores para capacitá-la a proporcionar mais valor para seus clientes. Isso significa que os usuários dos produtos da SKF podem depender de entregas rápidas, conselhos úteis e serviços completos de seu distribuidor SKF.

Nossa rede global de distribuidores permite disponibilizar os produtos SKF e serviços em qualquer lugar do mundo. A combinação entre o conhecimento global da SKF e a experiência local do distribuidor é um recurso poderoso para os envolvidos na manutenção e confiabilidade das máquinas industriais.

Para encontrar o seu Distribuidor autorizado SKF local, verifique o site da SKF em seu país ou visite www.skf.com.



Parceiros de manutenção certificados SKF

Os Parceiros de manutenção certificados da SKF são Distribuidores autorizados SKF que receberam treinamento avançado em confiabilidade de máquinas. Eles podem ajudar a monitorar a operação e prever falhas nas máquinas e a descobrir oportunidades ocultas de redução de custos.

SKF Certified Rebuilder de motores elétricos

Os SKF Certified Rebuilder de motores elétricos têm a especialização, recursos e procedimentos precisos para ajudar a obter vida útil confiável mais longa com melhor desempenho e confiabilidade. Para obter a prestigiosa designação de SKF Certified Rebuilder, as oficinas de motores elétricos precisam satisfazer especificações e padrões exatos.

Apêndices

Apêndice A: Ajustes recomendados	334
A-1 Ajustes para eixos sólidos de aço (para rolamentos radiais com furo cilíndrico)	334
A-2 Ajustes para eixos sólidos de aço (para rolamentos axiais)	336
A-3 Ajustes para caixas inteiriças de ferro fundido e aço (para rolamentos radiais)	336
A-4 Ajustes para caixas bipartidas ou inteiriças de ferro fundido e aço (para rolamentos radiais)	337
A-5 Ajustes para caixas de mancal de ferro fundido e aço (para rolamentos axiais)	337
Apêndice B: Tolerâncias de eixos e de caixas de mancal	338
B-1 Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)	338
B-2 Tolerâncias de caixas e ajustes resultantes (métrico)	350
B-3 Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)	360
B-4 Tolerâncias de caixas e ajustes resultantes (polegadas)	372
B-5 Desvios modificados do diâmetro do eixo para utilização com rolamentos em polegadas	382
B-6 Desvios modificados do diâmetro interno da caixa de mancal para utilização com rolamentos em polegadas	383
B-7 Diâmetro do eixo e tolerâncias de forma para montagem com bucha	384
Apêndice C: Graus de tolerância ISO	385
Apêndice D: Precisão de assentos de rolamentos	386
D-1 Precisão de forma e posição para assentos de rolamentos	386
D-2 Rugosidade da superfície dos assentos dos rolamentos	387
D-3 Dimensões para raios de alívio	387
Apêndice E: Folga interna do rolamento	388
E-1 Folga interna radial dos rolamentos rígidos de esferas	388
E-2 Folga interna axial de rolamentos de contato angular dispostos em X e O	389
E-3 Pré-carga axial de rolamentos de esferas de contato angular dispostos em X e O	389
E-4 Folga interna axial de rolamentos de duas carreiras de esferas de contato angular	390
E-5 Folga interna axial de rolamentos de esferas de quatro pontos de contato	391
E-6 Folga interna radial dos rolamentos autocompensadores de esferas	392
E-7 Folga interna radial dos rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas	393
E-8 Folga interna axial de rolamentos de rolos cilíndricos NUP	394
E-9 Folga interna axial de rolamentos de rolos cilíndricos NJ + HJ	395
E-10 Folga interna axial de rolos cônicos de uma carreira métricos montados em pares	396
E-11 Folga interna radial de rolamentos autocompensadores de rolos com furo cilíndrico	397
E-12 Folga interna radial de rolamentos autocompensadores de rolos com furo cônico	398
E-13 Folga interna radial de rolamentos de rolos toroidais CARB com furo cilíndrico	399
E-14 Folga interna radial de rolamentos de rolos toroidais CARB com furo cônico	400
E-15 Folga interna radial de rolamentos Y	401

Apêndice F: Valores recomendados de deslocamento de porcas de fixação, redução da folga radial interna e do ângulo de aperto da porca de fixação.	402
F-1 Deslocamento axial para rolamentos autocompensadores de esferas com furo cônico .	402
F-2 Deslocamento axial para rolamentos autocompensadores de rolos com furo cônico . .	403
F-3 Deslocamento axial para rolamentos de rolos toroidais CARB com furo cônico	404
Apêndice G: Dimensões recomendadas para os dutos e ranhuras de suprimentos de óleo	405
G-1 Dimensões recomendadas para dutos e ranhuras de suprimento de óleo e ranhuras de distribuição	405
G-2 Desenho e dimensões recomendadas para furos rosqueados para conectar o fornecimento de óleo	405
Apêndice H: Valores de referência para o Método Drive-up da SKF	406
H -1 Valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de esferas	406
H -2 Valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de rolos	407
H -3 Valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos de rolos toroidais CARB	412
Apêndice I: Equivalentes da viscosidade do óleo e graus de viscosidade ISO.	414
I-1 Equivalentes de viscosidade	414
I-2 Graus de viscosidade ISO	415
Apêndice J: Visão geral das ferramentas e produtos de montagem SKF	416
Apêndice K: Visão geral sobre equipamentos de alinhamento SKF.	419
Apêndice L: Visão geral das ferramentas e produtos de lubrificação SKF.	420
Apêndice M: Graxas para rolamentos SKF e tabela de seleção de graxas	423
Apêndice N: Visão geral dos instrumentos básicos de monitoramento das condições da SKF	432
Apêndice O: Visão geral das ferramentas e produtos de desmontagem SKF.	435
Apêndice P: Tabela de conversão de unidades	437

Ajustes para eixos sólidos de aço (para rolamentos radiais com furo cilíndrico)						Classe de tolerância
Condições	Exemplos	Diâmetro do eixo, em mm				
		Rolamentos de esferas ¹⁾	Rolamentos de rolos cilíndricos	Rolamentos de rolos cônicos	Rolamentos CARB e rolamentos auto-compensadores de rolos	
Carga rotativa do anel interno ou direção da carga indeterminada						
Rolamentos de correias transportadoras, redutores de carga leve (P ≤ 0,05 C)	Transportadores, rolamentos de redutor de engrenagens com carga leve	≤ 17 (17) a 100 (100) a 140	– ≤ 25 (25) a 60	– ≤ 25 (25) a 60	– – –	js5 (h5) ²⁾ j6 (j5) ²⁾ k6
		–	(60) a 140	(60) a 140	–	m6
Cargas normais a pesadas (P > 0,05 C)	Aplicações gerais de rolamentos, motores elétricos, turbinas, bombas, engrenagens, máquinas para marcenaria, motores de combustão interna	≤ 10 (10) a 17 (17) a 100	– – –	– – –	– – < 25	js5 j5 (js5) ²⁾ k5 ³⁾
		–	≤ 30 (30) a 50	≤ 40 (40) a 65	– 25 a 40	k6 m5 m6
		(100) a 140 (140) a 200	– (50) a 65 (65) a 100	– (65) a 200 (200) a 360	– (40) a 60 (60) a 100 (100) a 200	n5 ⁴⁾ n6 ⁴⁾ p6 ⁵⁾
		–	(200) a 500	–	–	p7 ⁴⁾
		> 500	–	–	–	r7 ⁴⁾
		–	(280) a 500 > 500	(360) a 500 > 500	(200) a 500 > 500	r6 ⁴⁾ r7 ⁴⁾
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
Cargas de pesadas a muito pesadas e cargas de choque em condições operacionais difíceis (P > 0,1 C)	Caixas de mancal de eixo para veículos ferroviários pesados, motores de tração, laminadoras	–	(50) a 65 (65) a 85 (85) a 140	– (50) a 110 (110) a 200 (200) a 500	(50) a 70 – (70) a 140 (140) a 280 (280) a 400 > 400	n5 ⁴⁾ n6 ⁴⁾ p6 ⁶⁾ r6 ⁷⁾ s6 _{min} ± IT6/2 ⁶⁾⁸⁾ s7 _{min} ± IT7/2 ⁶⁾⁸⁾
		–	(140) a 300 (300) a 500 > 500	– – > 500	– – > 400	– – –
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
Exigências elevadas quanto à precisão em operação com cargas leves (P ≤ 0,05 C) ¹⁰⁾	Máquinas-ferramenta	8 a 240	– 25 a 40 (40) a 140 (140) a 200 (200) a 500	– 25 a 40 (40) a 140 (140) a 200 (200) a 500	– – – – –	js4 js4 (j5) ⁹⁾ k4 (k5) ⁹⁾ m5 n5
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
		–	–	–	–	–
Carga estacionária do anel interno						
Desejável o fácil deslocamento axial do anel interno no eixo seja fácil	Rodas em eixos não rotativos					g6 ¹¹⁾
Não é necessário o fácil deslocamento axial do anel interno no eixo	Polias de tensionamento, polias para cabo					h6
Somente cargas axiais						
	Aplicação de rolamentos de todos os tipos	≤ 250 > 250	– –	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	j6 js6

¹⁾ Rolamentos de esferas com carga entre normais e pesadas ($P > 0,05 C$) muitas vezes requerem folga radial maior que Normal, quando forem usadas as classes de tolerância do eixo acima especificadas. Se a folga radial for maior que Normal, mas se as condições operacionais necessitarem de ajustes mais apertados para impedir que o anel interno gire (deslize), use as classes de tolerância abaixo especificadas:

- k4 para diâmetros de eixo de 10 a 17 mm
- k5 para diâmetros de eixo de (17) a 25 mm
- m5 para diâmetros de eixo de (25) a 140 mm
- n6 para diâmetros de eixo de (140) a 300 mm
- p6 para diâmetros de eixo de (300) a 500 mm

Para obter mais informações, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ A classe de tolerância entre parênteses aplica-se a rolamentos de aço inoxidável.

³⁾ Para rolamentos de aço inoxidável com diâmetro de 17 a 30 mm, aplica-se a classe de tolerância j5.

⁴⁾ Podem ser necessários rolamentos com folga interna radial maior que Normal.

⁵⁾ Recomenda-se folga interna radial maior que Normal quando $d \leq 150$ mm. Quando $d > 150$ mm, podem ser necessários rolamentos com folga interna radial maior que Normal.

⁶⁾ Recomenda-se usar rolamentos com folga interna radial maior que Normal.

⁷⁾ Podem ser necessários rolamentos com folga interna radial maior que Normal. Para rolamentos de rolos cilíndricos, recomenda-se usar rolamentos com folga interna radial maior que Normal.

⁸⁾ Para os valores das classes de tolerância, visite www.skf.com/bearings ou entre em contato com serviço de engenharia de aplicação da SKF.

⁹⁾ As classes de tolerância entre parênteses se aplicam a rolamentos de rolos cônicos. Para rolamentos de rolos cônicos levemente carregados ajustados através do anel interno, é necessário utilizar js5 ou js6.

¹⁰⁾ Para exigências elevadas quanto à precisão operacional, é necessário utilizar rolamentos com precisão superior a Normal. As tolerâncias do diâmetro do furo e externo desses rolamentos são mais apertadas, o que afeta os ajustes prováveis. Para obter valores relevantes, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

¹¹⁾ A tolerância f6 pode ser selecionada para rolamentos grandes para acomodar com facilidade o deslocamento axial.

Ajustes para eixos maciços de aço (para rolamentos axiais)

Condições	Diâmetro do eixo, em mm	Classe de tolerância
-----------	-------------------------	----------------------

Somente cargas axiais

Rolamentos axiais de esferas	—	h6
Rolamentos axiais de rolos cilíndricos	—	h6 (h8)
Conjuntos axiais de rolos cilíndricos e gaiola	—	h8

Cargas radiais e axiais combinadas atuando sobre rolamentos axiais autocompensadores de rolos

Carga estacionária sobre o anel do eixo	≤ 250	j6
	> 250	js6
Carga rotativa na arruela do eixo ou direção da carga indeterminados	≤ 200	k6
	(200) a 400	m6
	> 400	n6

Ajustes para caixas de mancal interiações de ferro fundido e aço (para rolamentos radiais)

Condições	Exemplos	Classe de tolerância ¹⁾	Deslocamento do anel externo
-----------	----------	------------------------------------	------------------------------

Carga rotativa do anel externo

Cargas pesadas em rolamentos em caixas de mancal com parede fina, cargas de choque elevadas ($P > 0,1 C$)	Cubos de roda com rolamento de rolos, P7 e rolamentos de extremidades grandes		Não pode ser deslocado
---	---	--	------------------------

Cargas de normais a pesadas ($P > 0,05 C$)	Cubos de roda com rolamento de esferas, rolamentos de extremidades grandes e rodas de pontes rolantes	N7	Não pode ser deslocado
--	---	----	------------------------

Cargas leves e variáveis ($P \leq 0,05 C$)	Rolos de correias transportadores, polias de corda, polias transportadoras de esteiras	M7	Não pode ser deslocado
--	--	----	------------------------

Direção da carga indeterminada

Cargas de choque pesadas	Motores de tração elétricos	M7	Não pode ser deslocado
--------------------------	-----------------------------	----	------------------------

Cargas normais a pesadas ($P > 0,05 C$), o deslocamento axial do anel externo não é necessário	Motores elétricos, bombas, mancais para virabrequins	K7	Como regra, não pode ser deslocado
--	--	----	------------------------------------

Operação precisa ou silenciosa²⁾

Rolamentos de esferas	Motores elétricos pequenos	J6 ³⁾	Pode ser deslocado
-----------------------	----------------------------	------------------	--------------------

Rolamentos de rolos cônicos	Quando ajustado por meio pelo anel externo	JS5	—
	Anel externo fixado axialmente	K5	—
	Carga rotativa no anel externo rotativo	M5	—

¹⁾ Para rolamentos de esferas onde $D \leq 100$ mm, o grau de tolerância IT6 que é recomendado para rolamentos de seção estreita, por exemplo, nas séries de diâmetros 7, 8 ou 9. Para essas séries, recomenda-se também de tolerância de cilíndricidade IT4.

²⁾ Em rolamentos de alta e super precisão para classe de tolerância P5 ou superior, aplicam-se outras recomendações se aplicam. Catálogo High Precision Bearing.

³⁾ Quando o deslocamento axial fácil for requerido, use a classe de tolerância H6, ao invés de J6.

Apêndice A-4

Ajustes para caixas de mancal bipartidas ou inteiriças de ferro fundido e aço (para rolamentos radiais)

Condições	Exemplos	Classe de tolerância ¹⁾	Deslocamento do anel externo
Direção da carga indeterminada			
Cargas de leves a normais ($P \leq 0,1 C$) deslocamento axial do anel externo desejável	Máquinas elétricas de médio porte, bombas, mancais de virabrequim	J7	Pode ser deslocado como regra, mas podem ocorrer algumas forças axiais (induzidas)
Carga do anel externo estacionário			
Cargas de todos os tipos	Engenharia em geral, caixas de mancal H7 ²⁾ de eixo de veículos ferroviários		Como regra, pode ser deslocado
Cargas de leves a normais ($P \leq 0,1 C$) com condições operacionais simples	Engenharia em geral	H8	Pode ser deslocado
Condição de calor através de eixo	Cilindros de secadoras, máquinas elétricas de grande porte com rolamentos autocompensadores de rolos	G7 ³⁾	Pode ser deslocado

¹⁾ Para rolamentos de esferas onde $D \leq 100$ mm, o grau de tolerância IT6 é muitas vezes preferível e é recomendado para rolamentos de seção estreita, por exemplo, nas séries de diâmetros 7, 8 ou 9. Para essas séries, recomenda-se também o tolerância de cilindridade IT4.

²⁾ Para rolamentos grandes ($D > 250$ mm) e diferenças de temperatura entre o anel externo e a caixa de mancal $> 10^\circ\text{C}$, deve-se utilizar a classe de tolerância G7 em vez de H7.

³⁾ Para rolamentos grandes ($D > 250$ mm) e diferenças de temperatura entre o anel externo e a caixa de mancal $> 10^\circ\text{C}$, deve-se utilizar a classe de tolerância F7 em vez de G7.

Apêndice A-5

Ajustes para caixas de mancal de ferro fundido e aço (para rolamentos axiais)

Condições	Classe de tolerância	Comentários
Somente cargas axiais		
Rolamentos axiais de esferas	H8	Em arranjos de rolamento menos precisos pode haver uma folga radial de até 0,001 D
Rolamentos axiais de rolos cilíndricos	H7 (H9)	
Conjuntos axiais de gaiola e rolos cilíndricos H10		
Rolamentos axiais autocompensadores de rolos em que rolamentos separados conferem fixação radial	–	É necessário que o anel de caixa seja ajustado com folga adequada de maneira que nenhuma carga radial atue sobre os rolamentos axiais
Cargas axiais e radiais combinadas em rolamentos axiais autocompensadores de rolos		
Carga estacionária sobre anel de caixa de mancal	H7	Para informações adicionais, visite www.skf.com/bearings . Veja a página 881 cat. 6000 “Projeto e componentes associados”
Carga rotativa sobre anel de caixa	M7	

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

Eixo Diâmetro nominal d	Rolamento Tolerância do diâmetro do furo Δ _{dmp}	Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes										Classes de tolerância	
		Classes de tolerância											
		Desvios (diâmetro do eixo)											
		Interferência teórica (-)/folga (+)											
acima de	até	inferior	superior	Interferência provável (-)/folga (+)									
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

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

Eixo	Diâmetro nominal d	Rolamento		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes											
				Classes de tolerância											
				f5	f6			g5		g6			h5		
				Desvios (diâmetro do eixo)											
acima de		até		Interferência teórica (-)/folga (+)											
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		

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)



Eixo		Rolamento		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal d		Tolerância do diâmetro do furo Δ _{dmp}		Classes de tolerância									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Desvios (diâmetro do eixo)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
acima de até		inferior	superior										
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

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)



Eixo		Rolamento		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal		Tolerância do diâmetro do furo		Classes de tolerância									
d		Δ_{dmp}		h6									
				h8									
				h9									
				j5									
				j6									
				Desvios (diâmetro do eixo)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
acima de	até	inferior	superior										
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

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)



Eixo Diâmetro nominal d		Rolamento Tolerância do diâmetro do furo Δ _{dmp}		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes									
				Classes de tolerância									
				js4		js5		js6		js7		k4	
				Desvios (diâmetro do eixo) Interferência teórica (-)/folga (+) Interferência provável (-)/folga (+)									
acima de	até	inferior	superior										
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

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)



Eixo		Rolamento		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal		Tolerância do diâmetro do furo		Classes de tolerância									
d		Δ_{dmp}		js4		js5		js6		js7		k4	
				Desvios (diâmetro do eixo)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
acima de	até	inferior	superior	μm									
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	-	-

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

Eixo Diâmetro nominal d		Rolamento Tolerância do diâmetro do furo Δ_{dmp}		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes																	
				Classes de tolerância																	
				k5		k6		m5		m6		n5									
				Desvios (diâmetro do eixo)																	
				Interferência teórica (–) Interferência provável (–)																	
acima de	até	inferior	superior	μm																	
mm		μm																			
–	3	–8	0	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4								
				–12	0	–14	0	–14	–2	–16	–2	–16	–4								
				–11	–1	–12	–2	–13	–3	–14	–4	–15	–5								
3	6	–8	0	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8								
				–14	–1	–17	–1	–17	–4	–20	–4	–21	–8								
				–13	–2	–15	–3	–16	–5	–18	–6	–20	–9								
6	10	–8	0	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10								
				–15	–1	–18	–1	–20	–6	–23	–6	–24	–10								
				–13	–3	–16	–3	–18	–8	–21	–8	–22	–12								
10	18	–8	0	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12								
				–17	–1	–20	–1	–23	–7	–26	–7	–28	–12								
				–15	–3	–18	–3	–21	–9	–24	–9	–26	–14								
18	30	–10	0	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15								
				–21	–2	–25	–2	–27	–8	–31	–8	–34	–15								
				–19	–4	–22	–5	–25	–10	–28	–11	–32	–17								
30	50	–12	0	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17								
				–25	–2	–30	–2	–32	–9	–37	–9	–40	–17								
				–22	–5	–26	–6	–29	–12	–33	–13	–37	–20								
50	80	–15	0	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20								
				–30	–2	–36	–2	–39	–11	–45	–11	–48	–20								
				–26	–6	–32	–6	–35	–15	–41	–15	–44	–24								
80	120	–20	0	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23								
				–38	–3	–45	–3	–48	–13	–55	–13	–58	–23								
				–33	–8	–39	–9	–43	–18	–49	–19	–53	–28								
120	180	–25	0	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27								
				–46	–3	–53	–3	–58	–15	–65	–15	–70	–27								
				–40	–9	–46	–10	–52	–21	–58	–22	–64	–33								
180	250	–30	0	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31								
				–54	–4	–63	–4	–67	–17	–76	–17	–81	–31								
				–48	–10	–55	–12	–61	–23	–68	–25	–75	–37								
250	315	–35	0	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34								
				–62	–4	–71	–4	–78	–20	–87	–20	–92	–34								
				–54	–12	–62	–13	–70	–28	–78	–29	–84	–42								
315	400	–40	0	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37								
				–69	–4	–80	–4	–86	–21	–97	–21	–102	–37								
				–61	–12	–69	–15	–78	–29	–86	–32	–94	–45								
400	500	–45	0	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40								
				–77	–5	–90	–5	–95	–23	–108	–23	–112	–40								
				–68	–14	–78	–17	–86	–32	–96	–35	–103	–49								

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

Eixo	Diâmetro nominal d	Rolamento		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes																	
				Classes de tolerância																	
				k5		k6		m5		m6		n5									
				Desvios (diâmetro do eixo)																	
acima de	até	inferior	superior	Interferência teórica (–)																	
				Interferência provável (–)																	
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								

SKF

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

0														
Eixo Diâmetro nominal d	Rolamento Tolerância do diâmetro do furo Δ _{dmp}			Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes										
				Classes de tolerância										
	acima de	até	inferior	superior	n6		p6		p7		r6		r7	
					Desvios (diâmetro do eixo)									
				Interferência teórica (—)										
				Interferência provável (—)										
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	

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

Eixo Diâmetro nominal d	Rolamento Tolerância do diâmetro do furo Δ_{dmp}			Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes			
				Classes de tolerância			
				$s6_{\min} \pm IT6/2$ $s7_{\min} \pm IT7/2$			
				Desvios (diâmetro do eixo)			
acima de	até	inferior	superior	Interferência teórica (–)			
				Interferência provável (–)			
mm		μm		μm			
200	225	–30	0	+144	+115	+153	+107
				–174	–115	–183	–107
				–166	–123	–173	–117
225	250	–30	0	+154	+125	+163	+117
				–184	–125	–193	–117
				–176	–133	–183	–127
250	280	–35	0	+174	+142	+184	+132
				–209	–142	–219	–132
				–200	–151	–207	–144
280	315	–35	0	+186	+154	+196	+144
				–221	–154	–231	–144
				–212	–163	–219	–156
315	355	–40	0	+208	+172	+218	+161
				–248	–172	–258	–161
				–237	–183	–245	–174
355	400	–40	0	+226	+190	+236	+179
				–266	–190	–276	–179
				–255	–201	–263	–192
400	450	–45	0	+252	+212	+263	+200
				–297	–212	–308	–200
				–285	–224	–293	–215
450	500	–45	0	+272	+232	+283	+220
				–317	–232	–328	–220
				–305	–244	–313	–235
500	560	–50	0	+302	+258	+315	+245
				–352	–258	–365	–245
				–339	–271	–349	–261
560	630	–50	0	+332	+288	+345	+275
				–382	–288	–395	–275
				–369	–301	–379	–291
630	710	–75	0	+365	+315	+380	+300
				–440	–315	–455	–300
				–423	–332	–433	–322
710	800	–75	0	+405	+355	+420	+340
				–480	–355	–495	–340
				–463	–372	–473	–362
800	900	–100	0	+458	+402	+475	+385
				–558	–402	–575	–385
				–538	–422	–548	–412
900	1 000	–100	0	+498	+442	+515	+425
				–598	–442	–615	–425
				–578	–462	–588	–452

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (métrico)

Eixo		Rolamento		Desvios do diâmetro do eixo, ajustes resultantes			
Diâmetro nominal		Tolerância do diâmetro do furo		Classes de tolerância			
d		Δ_{dmp}		$s6_{min} \pm IT6/2$ $s7_{min} \pm IT7/2$			
				Desvios (diâmetro do eixo)			
acima de		até		Interferência teórica (–)			
		inferior		Interferência provável (–)			
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

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

													
Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}		F7									
				Desvios (diâmetro interno da caixa)									
				Folga teórica (+)									
				Folga provável (+)									
mm		μm		μm									
6	10	-8	0	+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	-8	0	+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	-9	0	+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	-11	0	+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	-13	0	+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	-15	0	+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	-18	0	+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	-25	0	+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	-30	0	+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	-35	0	+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	-40	0	+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	-45	0	+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	-50	0	+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	-75	0	+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

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

													
Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}		F7									
				G6									
				G7									
				H5									
				H6									
Desvios (diâmetro interno da caixa)													
Folga teórica (+)													
Folga provável (+)													
acima de	até	inferior	superior										
mm		μm		μm									
800	1 000	-100	0	+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
1 000	1 250	-125	0	+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
1 250	1 600	-160	0	+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
1 600	2 000	-200	0	+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
2 000	2 500	-250	0	+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

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}											
				Desvios (diâmetro interno da caixa)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
mm		μm		μm									
6	10	-8	0	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	-8	0	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	-9	0	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	-11	0	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	-13	0	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	-15	0	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	-18	0	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	-25	0	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	-30	0	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	-35	0	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	-40	0	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	-45	0	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	-50	0	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	-75	0	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	-	-
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	-	-
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	-	-

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

													
Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}		H7									
				Desvios (diâmetro interno da caixa)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
mm		μm		μm									
800	1 000	-100	0	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	-125	0	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	-160	0	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	-200	0	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	-250	0	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	-	-
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	-	-
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	-	-

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

0													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}		K6		K7		M5		M6		M7	
				Desvios (diâmetro interno da caixa)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
acima de		até		inferior		superior							
mm		μm		μm									
6	10	-8	0	-7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15	0
				-7	+10	-10	+13	-10	+4	-12	+5		
				-5	+8	-7	+10	-8	+2	-10	+3		
10	18	-8	0	-9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18	0
				-9	+10	-12	+14	-12	+4	-15	+4		
				-7	+8	-9	+11	-10	+2	-13	+2		
18	30	-9	0	-11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21	0
				-11	+11	-15	+15	-14	+4	-17	+5		
				-8	+8	-12	+12	-12	+2	-14	+2		
30	50	-11	0	-13	+3	-18	+7	-16	-5	-20	-4	-25	0
				-13	+14	-18	+18	-16	+6	-20	+7		
				-10	+11	-14	+14	-13	+3	-17	+4		
50	80	-13	0	-15	+4	-21	+9	-19	-6	-24	-5	-30	0
				-15	+17	-21	+22	-19	+7	-24	+8		
				-11	+13	-16	+17	-16	+4	-20	+4		
80	120	-15	0	-18	+4	-25	+10	-23	-8	-28	-6	-35	0
				-18	+19	-25	+25	-23	+7	-28	+9		
				-13	+14	-20	+20	-19	+3	-23	+4		
120	150	-18	0	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0
				-21	+22	-28	+30	-27	+9	-33	+10		
				-15	+16	-21	+23	-22	+4	-27	+4		
150	180	-25	0	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0
				-21	+29	-28	+37	-27	+16	-33	+17		
				-14	+22	-20	+29	-21	+10	-26	+10		
180	250	-30	0	-24	+5	-33	+13	-31	-11	-37	-8	-46	0
				-24	+35	-33	+43	-31	+19	-37	+22		
				-16	+27	-23	+33	-25	+13	-29	+14		
250	315	-35	0	-27	+5	-36	+16	-36	-13	-41	-9	-52	0
				-27	+40	-36	+51	-36	+22	-41	+26		
				-18	+31	-24	+39	-28	+14	-32	+17		
315	400	-40	0	-29	+7	-40	+17	-39	-14	-46	-10	-57	0
				-29	+47	-40	+57	-39	+26	-46	+30		
				-18	+36	-27	+44	-31	+18	-35	+19		
400	500	-45	0	-32	+8	-45	+18	-43	-16	-50	-10	-63	0
				-32	+53	-45	+63	-43	+29	-50	+35		
				-20	+41	-30	+48	-34	+20	-38	+23		
500	630	-50	0	-44	0	-70	0	-	-	-70	-26	-96	-26
				-44	+50	-70	+50	-	-	-70	+24		
				-31	+37	-54	+34	-	-	-57	+11		
630	800	-75	0	-50	0	-80	0	-	-	-80	-30	-110	-30
				-50	+75	-80	+75	-	-	-80	+45		
				-33	+58	-58	+53	-	-	-63	+28		

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}		K6		K7		M5		M6		M7	
Desvios (diâmetro interno da caixa)													
Interferência teórica (-)/folga (+)													
Interferência provável (-)/folga (+)													
mm		μm		μm									
800	1 000	-100	0	-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	-125	0	-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	-160	0	-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	-200	0	-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	-250	0	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68
				-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182
				-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

											
Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes							
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância							
D		Δ_{Dmp}		N6		N7		P6		P7	
				Desvios (diâmetro interno da caixa)							
				Interferência teórica (-)/folga (+)							
				Interferência provável (-)/folga (+)							
acima de	até	inferior	superior								
mm		μm		μm							
6	10	-8	0	-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	-8	0	-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	-9	0	-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	-11	0	-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	-13	0	-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	-15	0	-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	-18	0	-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	-25	0	-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	-30	0	-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	-35	0	-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	-40	0	-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	-45	0	-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	-50	0	-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	-75	0	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88
				-100	+25	-130	+25	-138	-13	-168	-13
				-83	+8	-108	+3	-121	-30	-146	-35

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (métrico)

Caixa de mancal		Rolamento		Desvios do diâmetro da caixa, ajustes resultantes									
Diâmetro nominal do furo		Tolerância do diâmetro externo		Classes de tolerância									
D		Δ_{Dmp}		N6		N7		P6		P7			
				Desvios (diâmetro interno da caixa)									
				Interferência teórica (-)/folga (+)									
				Interferência provável (-)/folga (+)									
acima de	até	inferior	superior										
mm		μm		μm									
800	1 000	-100	0	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100		
				-112	+44	-146	+44	-156	0	-190	0		
				-92	+24	-119	+17	-136	-20	-163	-27		
1 000	1 250	-125	0	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120		
				-132	+59	-171	+59	-186	+5	-225	+5		
				-108	+35	-138	+26	-162	-19	-192	-28		
1 250	1 600	-160	0	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140		
				-156	+82	-203	+82	-218	+20	-265	+20		
				-126	+52	-163	+42	-188	-10	-225	-20		
1 600	2 000	-200	0	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170		
				-184	+108	-242	+108	-262	+30	-320	+30		
				-149	+73	-192	+58	-227	-5	-270	-20		
2 000	2 500	-250	0	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195		
				-220	+140	-285	+140	-305	+55	-370	+55		
				-177	+97	-226	+81	-262	+12	-311	-4		

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d			Ajustes resultantes															
			Classes de tolerância															
			f5 Diâmetro do eixo		f6 Diâmetro do eixo		g5 Diâmetro do eixo		g6 Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾		Ajuste ¹⁾					
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.				
mm pol.		pol.		–		pol.		–		pol.		–		pol.				
4	0.1575	0.1572	0.1571	0.1569	1 L 6 L	0.1571	0.1568	1 L 7 L	0.1573	0.1571	4 L 1 T	0.1575	0.1572	3 L 3 T				
5	0.1969	0.1966	0.1965	0.1963		0.1965	0.1962		0.1967	0.1965		0.1969	0.1966					
6	0.2362	0.2359	0.2358	0.2356		0.2358	0.2355		0.2360	0.2358		0.2362	0.2359					
7	0.2756	0.2753	0.2751	0.2749	2 L 7 L	0.2751	0.2747	2 L 9 L	0.2754	0.2752	4 L 1 T	0.2756	0.2752	4 L 3 T				
8	0.3150	0.3147	0.3145	0.3143		0.3145	0.3141		0.3148	0.3146		0.3150	0.3146					
9	0.3543	0.3540	0.3538	0.3536		0.3538	0.3534		0.3541	0.3539		0.3543	0.3539					
10	0.3937	0.3934	0.3932	0.3930		0.3932	0.3928		0.3935	0.3933		0.3937	0.3933					
12	0.4724	0.4721	0.4718	0.4714	3 L 10 L	0.4718	0.4713	3 L 11 L	0.4722	0.4720	4 L 1 T	0.4724	0.4720	4 L 3 T				
15	0.5906	0.5903	0.5900	0.5896		0.5900	0.5895		0.5904	0.5902		0.5906	0.5902					
17	0.6693	0.6690	0.6687	0.6683		0.6687	0.6682		0.6691	0.6689		0.6693	0.6689					
20	0.7874	0.7870	0.7866	0.7863	4 L 11 L	0.7866	0.7861	4 L 13 L	0.7871	0.7868	6 L 1 T	0.7874	0.7869	5 L 4 T				
25	0.9843	0.9839	0.9835	0.9832		0.9835	0.9830		0.9840	0.9837		0.9843	0.9838					
30	1.1811	1.1807	1.1803	1.1800		1.1803	1.1798		1.1808	1.1805		1.1811	1.1806					
35	1.3780	1.3775	1.3770	1.3766	5 L 14 L	1.3770	1.3763	5 L 17 L	1.3776	1.3772	8 L 1 T	1.3780	1.3774	6 L 5 T				
40	1.5748	1.5743	1.5738	1.5734		1.5738	1.5731		1.5744	1.5740		1.5748	1.5742					
45	1.7717	1.7712	1.7707	1.7703		1.7707	1.7700		1.7713	1.7709		1.7717	1.7711					
50	1.9685	1.9680	1.9675	1.9671		1.9675	1.9668		1.9681	1.9677		1.9685	1.9679					
55	2.1654	2.1648	2.1642	2.1637	6 L 17 L	2.1642	2.1634	6 L 20 L	2.1650	2.1645	9 L 2 T	2.1654	2.1647	7 L 6 T				
60	2.3622	2.3616	2.3610	2.3605		2.3610	2.3602		2.3618	2.3613		2.3622	2.3615					
65	2.5591	2.5585	2.5579	2.5574		2.5579	2.5571		2.5587	2.5582		2.5591	2.5584					
70	2.7559	2.7553	2.7547	2.7542		2.7547	2.7539		2.7555	2.7550		2.7559	2.7552					
75	2.9528	2.9522	2.9516	2.9511		2.9516	2.9508		2.9524	2.9519		2.9528	2.9521					
80	3.1496	3.1490	3.1484	3.1479		3.1484	3.1476		3.1492	3.1487		3.1496	3.1489					
85	3.3465	3.3457	3.3451	3.3445	6 L 20 L	3.3450	3.3442	7 L 23 L	3.3460	3.3454	11 L 3 T	3.3465	3.3456	9 L 8 T				
90	3.5433	3.5425	3.5419	3.5413		3.5418	3.5410		3.5428	3.5422		3.5433	3.5424					
95	3.7402	3.7394	3.7388	3.7382		3.7387	3.7379		3.7397	3.7391		3.7402	3.7393					
100	3.9370	3.9362	3.9356	3.9350		3.9355	3.9347		3.9365	3.9359		3.9370	3.9361					
105	4.1339	4.1331	4.1325	4.1319		4.1324	4.1316		4.1334	4.1328		4.1339	4.1330					
110	4.3307	4.3299	4.3293	4.3287		4.3292	4.3284		4.3302	4.3296		4.3307	4.3298					
120	4.7244	4.7236	4.7230	4.7224		4.7229	4.7221		4.7239	4.7233		4.7244	4.7235					
130	5.1181	5.1171	5.1164	5.1157	7 L 24 L	5.1164	5.1154	7 L 27 L	5.1176	5.1169	12 L 5 T	5.1181	5.1171	10 L 10 T				
140	5.5118	5.5108	5.5101	5.5094		5.5101	5.5091		5.5113	5.5106		5.5118	5.5108					
150	5.9055	5.9045	5.9038	5.9031		5.9038	5.9028		5.9050	5.9043		5.9055	5.9045					
160	6.2992	6.2982	6.2975	6.2968		6.2975	6.2965		6.2987	6.2980		6.2992	6.2982					
170	6.6929	6.6919	6.6912	6.6905		6.6912	6.6902		6.6924	6.6917		6.6929	6.6919					
180	7.0866	7.0856	7.0849	7.0842		7.0849	7.0839		7.0861	7.0854		7.0866	7.0856					
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4776	8 L 27 L	7.4783	7.4772	8 L 31 L	7.4797	7.4789	14 L 6 T	7.4803	7.4792	11 L 12 T				
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8713		7.8720	7.8709		7.8734	7.8726		7.8740	7.8729					
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6587		8.6594	8.6583		8.6608	8.6600		8.6614	8.6603					
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4461		9.4468	9.4457		9.4482	9.4474		9.4488	9.4477					

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-3

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância				f6 Diâmetro do eixo		g5 Diâmetro do eixo		g6 Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾							
		f5 Diâmetro do eixo																	
		máx.	mín.	máx.	mín.														
mm	pol.	pol.		–		pol.		–		pol.		–							
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2331	8 L 31 L	10.2340	10.2328	8 L 34 L	10.2356	10.2346	16 L 8 T	10.2362	10.2349	13 L 14 T					
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0205		11.0214	11.0202		11.0230	11.0220		11.0236	11.0223						
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8079		11.8088	11.8076		11.8104	11.8094		11.8110	11.8097						
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5950	8 L 34 L	12.5960	12.5946	8 L 38 L	12.5977	12.5967	17 L 9 T	12.5984	12.5970	14 L 16 T					
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3824		13.3834	13.3820		13.3851	13.3841		13.3858	13.3844						
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1698		14.1708	14.1694		14.1725	14.1715		14.1732	14.1718						
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9572	8 L 37 L	14.9582	14.9568	8 L 42 L	14.9599	14.9589	18 L 10 T	14.9606	14.9592	16 L 18 T					
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7446		15.7456	15.7442		15.7473	15.7463		15.7480	15.7466						
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5317		16.5328	16.5312		16.5346	16.5336		16.5354	16.5338						
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3191	8 L 37 L	17.3202	17.3186	8 L 42 L	17.3220	17.3210	18 L 10 T	17.3228	17.3212	16 L 18 T					
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1065		18.1076	18.1060		18.1094	18.1084		18.1102	18.1086						
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8939		18.8950	18.8934		18.8968	18.8958		18.8976	18.8960						
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6813	9 L 40 L	19.6824	19.6808	9 L 47 L	19.6842	19.6832	19 L 12 T	19.6850	19.6834	17 L 20 T					
530	20.8661	20.8641	20.8632	20.8621		20.8632	20.8614		20.8653	20.8642		20.8661	20.8644						
560	22.0472	22.0452	22.0443	22.0432		22.0443	22.0425		22.0464	22.0453		22.0472	22.0455						
600	23.6220	23.6200	23.6191	23.6180	9 L 40 L	23.6191	23.6173	9 L 47 L	23.6212	23.6201	19 L 12 T	23.6220	23.6203	17 L 20 T					
630	24.8031	24.8011	24.8002	24.7991		24.8002	24.7984		24.8023	24.8012		24.8031	24.8014						
670	26.3780	26.3750	26.3748	26.3735		26.3748	26.3728		26.3770	26.3758		26.3780	26.3760						
710	27.9528	27.9498	27.9496	27.9483	2 L 45 L	27.9496	27.9476	2 L 52 L	27.9518	27.9506	22 L 20 T	27.9528	27.9508	20 L 30 T					
750	29.5276	29.5246	29.5244	29.5231		29.5244	29.5224		29.5266	29.5254		29.5276	29.5256						
800	31.4961	31.4931	31.4929	31.4916		31.4929	31.4909		31.4951	31.4939		31.4961	31.4941						
850	33.4646	33.4607	33.4612	33.4598	48 L 5 T	33.4612	33.4590	56 L 5 T	33.4635	33.4621	25 L 28 T	33.4646	33.4624	22 L 39 T					
900	35.4331	35.4292	35.4297	35.4283		35.4297	35.4275		35.4320	35.4306		35.4331	35.4309						
950	37.4016	37.3977	37.3982	37.3968		37.3982	37.3960		37.4005	37.3991		37.4016	37.3994						
1000	39.3701	39.3662	39.3667	39.3653	55 L 10 T	39.3667	39.3645	65 L 10 T	39.3690	39.3676	28 L 38 T	39.3701	39.3679	26 L 49 T					
1060	41.7323	41.7274	41.7284	41.7268		41.7284	41.7258		41.7312	41.7295		41.7323	41.7297						
1120	44.0945	44.0896	44.0906	44.0890		44.0906	44.0880		44.0934	44.0917		44.0945	44.0919						
1180	46.4567	46.4518	46.4528	46.4512	10 T	46.4528	46.4502	10 T	46.4556	46.4539	38 T	46.4567	46.4541	26 L 49 T					
1250	49.2126	49.2077	49.2087	49.2071		49.2087	49.2061		49.2115	49.2098		49.2126	49.2100						

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d			Ajustes resultantes Classes de tolerância											
			h5 Diâmetro do eixo				h6		h8		h9		Ajuste ¹⁾	
			máx.	mín.	máx.	mín.	Ajuste ¹⁾	Diâmetro do eixo	Ajuste ¹⁾	Diâmetro do eixo	Ajuste ¹⁾	Diâmetro do eixo		
mm pol.		pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–		
4	0.1575	0.1572	0.1575	0.1568	7 L 3 T	0.1576	0.1574	1 L 4 T	0.1577	0.1574	1 L 5 T	0.1575	0.1563	12 L 3 T
5	0.1969	0.1966	0.1969	0.1962		0.1970	0.1968		0.1971	0.1968		0.1969	0.1957	
6	0.2362	0.2359	0.2362	0.2355		0.2363	0.2361		0.2364	0.2361		0.2362	0.2350	
7	0.2756	0.2753	0.2756	0.2747	9 L 3 T	0.2758	0.2755	1 L 5 T	0.2759	0.2755	1 L 6 T	0.2756	0.2742	14 L 3 T
8	0.3150	0.3147	0.3150	0.3141		0.3152	0.3149		0.3153	0.3149		0.3150	0.3136	
9	0.3543	0.3540	0.3543	0.3534		0.3545	0.3542		0.3546	0.3542		0.3543	0.3529	
10	0.3937	0.3934	0.3937	0.3928	11 L 3 T	0.3939	0.3936	1 L 5 T	0.3940	0.3936	1 L 6 T	0.3937	0.3923	17 L 3 T
12	0.4724	0.4721	0.4724	0.4713		0.4726	0.4723		0.4727	0.4723		0.4724	0.4707	
15	0.5906	0.5903	0.5906	0.5895		0.5908	0.5905		0.5909	0.5905		0.5906	0.5889	
17	0.6693	0.6690	0.6693	0.6682	13 L 4 T	0.6695	0.6692	2 L 6 T	0.6696	0.6692	2 L 8 T	0.6693	0.6676	20 L 4 T
20	0.7874	0.7870	0.7874	0.7861		0.7876	0.7872		0.7878	0.7872		0.7874	0.7854	
25	0.9843	0.9839	0.9843	0.9830		0.9845	0.9841		0.9847	0.9841		0.9843	0.9823	
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1798	15 L 5 T	1.1813	1.1809	2 L 7 T	1.1815	1.1809	2 L 9 T	1.1811	1.1791	24 L 5 T
35	1.3780	1.3775	1.3780	1.3765		1.3782	1.3778		1.3784	1.3778		1.3780	1.3756	
40	1.5748	1.5743	1.5748	1.5733		1.5750	1.5746		1.5752	1.5746		1.5748	1.5724	
45	1.7717	1.7712	1.7717	1.7702	18 L 6 T	1.7719	1.7715	3 L 8 T	1.7721	1.7715	3 L 11 T	1.7717	1.7693	30 L 6 T
50	1.9685	1.9680	1.9685	1.9670		1.9687	1.9683		1.9689	1.9683		1.9685	1.9661	
55	2.1654	2.1648	2.1654	2.1636		21 L 8 T	2.1656	2.1651	3 L 8 T	2.1659	2.1651	3 L 11 T	2.1654	2.1624
60	2.3622	2.3616	2.3622	2.3604	2.3624		2.3619	2.3627		2.3619	2.3622		2.3592	
65	2.5591	2.5585	2.5591	2.5573	2.5593		2.5588	2.5596		2.5588	2.5591		2.5561	
70	2.7559	2.7553	2.7559	2.7541	25 L 10 T	2.7561	2.7556	4 L 10 T	2.7564	2.7556	4 L 13 T	2.7559	2.7529	38 L 8 T
75	2.9528	2.9522	2.9528	2.9510		2.9530	2.9525		2.9533	2.9525		2.9528	2.9498	
80	3.1496	3.1490	3.1496	3.1478		3.1498	3.1493		3.1501	3.1493		3.1496	3.1466	
85	3.3465	3.3457	3.3465	3.3444	28 L 8 T	3.3467	3.3461	4 L 10 T	3.3470	3.3461	4 L 13 T	3.3465	3.3431	45 L 12 T
90	3.5433	3.5425	3.5433	3.5412		3.5435	3.5429		3.5438	3.5429		3.5433	3.5399	
95	3.7402	3.7394	3.7402	3.7381		3.7404	3.7398		3.7407	3.7398		3.7402	3.7368	
100	3.9370	3.9362	3.9370	3.9349	28 L 12 T	3.9372	3.9366	5 L 10 T	3.9375	3.9366	4 L 13 T	3.9370	3.9336	
105	4.1339	4.1331	4.1339	4.1318		4.1341	4.1335		4.1344	4.1335		4.1339	4.1305	
110	4.3307	4.3299	4.3307	4.3286		4.3309	4.3303		4.3312	4.3303		4.3307	4.3273	
120	4.7244	4.7236	4.7244	4.7223	28 L 12 T	4.7246	4.7240	5 L 15 T	4.7249	4.7240	5 L 18 T	4.7244	4.7210	
130	5.1181	5.1171	5.1181	5.1156		5.1184	5.1177		5.1187	5.1177		5.1181	5.1142	
140	5.5118	5.5108	5.5118	5.5093		5.5121	5.5114		5.5124	5.5114		5.5118	5.5079	
150	5.9055	5.9045	5.9055	5.9030	25 L 10 T	5.9058	5.9051	4 L 13 T	5.9061	5.9051	4 L 16 T	5.9055	5.9016	
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.2967		6.2995	6.2988		6.2998	6.2988		6.2992	6.2953	
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6904		6.6932	6.6925		6.6935	6.6925		6.6929	6.6890	
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0841	28 L 12 T	7.0868	7.0862	5 L 15 T	7.0872	7.0862	5 L 18 T	7.0866	7.0827	
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4775		7.4806	7.4798		7.4809	7.4798		7.4803	7.4758	
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8712		7.8743	7.8735		7.8746	7.8735		7.8740	7.8695	
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6586	28 L 12 T	8.6617	8.6609	5 L 15 T	8.6620	8.6609	5 L 18 T	8.6614	8.6569	
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4460		9.4491	9.4483		9.4494	9.4483		9.4488	9.4443	

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-3

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância h5		h6		h8		h9		Ajuste ¹⁾
		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾
		máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	
mm	pol.									
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2353	9 L	10.2362	10.2349	10.2362	10.2330	
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0227	14 T	11.0236	11.0223	11.0236	11.0204	51 L
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8101		11.8110	11.8097	11.8110	11.8078	14 T
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.5974		12.5984	12.5970	12.5984	12.5949	
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3848	10 L	13.3858	13.3844	13.3858	13.3823	
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1722	16 T	14.1732	14.1718	14.1732	14.1697	55 L
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9596		14.9606	14.9592	14.9606	14.9571	16 T
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7470		15.7480	15.7466	15.7480	15.7445	
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5343		16.5354	16.5338	16.5354	16.5316	
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3217		17.3228	17.3212	17.3228	17.3190	
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1091	11 L	18.1102	18.1086	18.1102	18.1064	61 L
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.8965	18 T	18.8976	18.8960	18.8976	18.8938	18 T
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6839		19.6850	19.6834	19.6850	19.6812	
530	20.8661	20.8641	–	–		20.8661	20.8644	20.8661	20.8618	
560	22.0472	22.0452	–	–	–	22.0472	22.0455	22.0472	22.0429	68 L
600	23.6220	23.6200	–	–	–	23.6220	23.6203	23.6220	23.6177	20 T
630	24.8031	24.8011	–	–		24.8031	24.8014	24.8031	24.7988	
670	26.3780	26.3750	–	–		26.3780	26.3760	26.3780	26.3731	
710	27.9528	27.9498	–	–	–	27.9528	27.9508	27.9528	27.9479	79 L
750	29.5276	29.5246	–	–	–	29.5276	29.5256	29.5276	29.5227	30 T
800	31.4961	31.4931	–	–		31.4961	31.4941	31.4961	31.4912	
850	33.4646	33.4607	–	–		33.4646	33.4624	33.4646	33.4591	
900	35.4331	35.4292	–	–	–	35.4331	35.4309	35.4331	35.4276	91 L
950	37.4016	37.3977	–	–	–	37.4016	37.3994	37.4016	37.3961	39 T
1000	39.3701	39.3662	–	–		39.3701	39.3679	39.3701	39.3646	
1060	41.7323	41.7274	–	–		41.7323	41.7297	41.7323	41.7258	
1120	44.0945	44.0896	–	–	–	44.0945	44.0919	44.0945	44.0880	102 L
1180	46.4567	46.4518	–	–	–	46.4567	46.4541	46.4567	46.4502	49 T
1250	49.2126	49.2077	–	–		49.2126	49.2100	49.2126	49.2061	

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d			Ajustes resultantes Classes de tolerância				j6 Diâmetro do eixo				js4 Diâmetro do eixo				js5 Diâmetro do eixo				Ajuste ¹⁾																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			j5 Diâmetro do eixo		j6 Diâmetro do eixo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		mín.	máx.		m

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-3

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância												
		j5 Diâmetro do eixo				j6 Diâmetro do eixo		js4 Diâmetro do eixo		js5 Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾		
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.				
mm	pol.	pol.		–	pol.		–	pol.		–	pol.		–	
260	10.2362	10.2348	10.2365	10.2356	6 L 17 T	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10.2365	10.2359	3 L 17 T	10.2366	10.2357	5 L 18 T
280	11.0236	11.0222	11.0239	11.0230		11.0242	11.0230		11.0239	11.0233		11.0240	11.0231	
300	11.8110	11.8096	11.8113	11.8104		11.8116	11.8104		11.8113	11.8107		11.8114	11.8105	
320	12.5984	12.5968	12.5987	12.5977	7 L 19 T	12.5991	12.5977	7 L 23 T	–	–	–	12.5989	12.5979	5 L 21 T
340	13.3858	13.3842	13.3861	13.3851		13.3865	13.3851		–	–		13.3863	13.3853	
360	14.1732	14.1716	14.1735	14.1725		14.1739	14.1725		–	–		14.1737	14.1727	
380	14.9606	14.9590	14.9609	14.9599		14.9613	14.9599		–	–		14.9611	14.9601	
400	15.7480	15.7464	15.7483	15.7473		15.7487	15.7473		–	–		15.7485	15.7475	
420	16.5354	16.5336	16.5357	16.5346	8 L 21 T	16.5362	16.5346	8 L 26 T	–	–	–	16.5359	16.5349	5 L 23 T
440	17.3228	17.3210	17.3231	17.3220		17.3236	17.3220		–	–		17.3233	17.3223	
460	18.1102	18.1084	18.1105	18.1094		18.1110	18.1094		–	–		18.1107	18.1097	
480	18.8976	18.8958	18.8979	18.8968		18.8984	18.8968		–	–		18.8981	18.8971	
500	19.6850	19.6832	19.6853	19.6842		19.6858	19.6842		–	–		19.6855	19.6845	
530	20.8661	20.8641	–	–	–	20.8670	20.8652	9 L 29 T	–	–	–	20.8666	20.8655	6 L 25 T
560	22.0472	22.0452	–	–		22.0481	22.0463		–	–		22.0477	22.0466	
600	23.6220	23.6200	–	–		23.6229	23.6211		–	–		23.6225	23.6214	
630	24.8031	24.8011	–	–		24.8040	24.8022		–	–		24.8036	24.8025	
670	26.3780	26.3750	–	–	–	26.3790	26.3770	10 L 40 T	–	–	–	26.3786	26.3774	6 L 36 T
710	27.9528	27.9498	–	–		27.9538	27.9518		–	–		27.9534	27.9522	
750	29.5276	29.5246	–	–		29.5286	29.5266		–	–		29.5282	29.5270	
800	31.4961	31.4931	–	–		31.4971	31.4951		–	–		31.4967	31.4955	
850	33.4646	33.4607	–	–	–	33.4657	33.4635	11 L 50 T	–	–	–	33.4653	33.4639	7 L 46 T
900	35.4331	35.4292	–	–		35.4342	35.4320		–	–		35.4338	35.4324	
950	37.4016	37.3977	–	–		37.4027	37.4005		–	–		37.4023	37.4009	
1000	39.3701	39.3662	–	–		39.3712	39.3690		–	–		39.3708	39.3694	
1060	41.7323	41.7274	–	–	–	41.7336	41.7310	13 L 62 T	–	–	–	41.7331	41.7315	8 L 57 T
1120	44.0945	44.0896	–	–		44.0958	44.0932		–	–		44.0953	44.0937	
1180	46.4567	46.4518	–	–		46.4580	46.4554		–	–		46.4575	46.4559	
1250	49.2126	49.2077	–	–		49.2139	49.2113		–	–		49.2134	49.2118	

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância									
		js6 Diâmetro do eixo		js7 Diâmetro do eixo		k4 Ajuste ¹⁾ Diâmetro do eixo		k5 Ajuste ¹⁾ Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾	
		máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.
mm	pol.	pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	
4	0.1575	0.1572	0.1577	0.1573							
5	0.1969	0.1966	0.1971	0.1967	2 L	0.1577	0.1572	3 T	0.1577	0.1575	
6	0.2362	0.2359	0.2364	0.2360	5 T	0.1971	0.1966	5 T	0.1971	0.1969	0 T
						0.2364	0.2359		0.2364	0.2362	5 T
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2754		0.2759	0.2753		0.2759	0.2756	
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3148	2 L	0.3153	0.3147	3 T	0.3152	0.3150	0 T
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3541	5 T	0.3546	0.3540	6 T	0.3545	0.3543	6 T
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3935		0.3940	0.3934		0.3939	0.3937	
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4722	2 L	0.4727	0.4720	4 T	0.4727	0.4724	
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5904	5 T	0.5909	0.5902	6 T	0.5909	0.5906	0 T
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6691		0.6696	0.6689		0.6696	0.6693	7 T
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7871	3 L	0.7878	0.7870	4 T	0.7877	0.7874	
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9840	6 T	0.9847	0.9839	8 T	0.9846	0.9843	1 T
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1808		1.1815	1.1807		1.1814	1.1811	8 T
35	1.3780	1.3775	1.3783	1.3777		1.3784	1.3775		1.3783	1.3781	
40	1.5748	1.5743	1.5751	1.5745	3 L	1.5752	1.5743	5 T	1.5751	1.5749	1 T
45	1.7717	1.7712	1.7720	1.7714	8 T	1.7721	1.7712	9 T	1.7720	1.7718	10 T
50	1.9685	1.9680	1.9688	1.9682		1.9689	1.9680		1.9688	1.9686	
55	2.1654	2.1648	2.1658	2.1650		2.1659	2.1648		2.1658	2.1655	
60	2.3622	2.3616	2.3626	2.3618		2.3627	2.3616		2.3626	2.3623	
65	2.5591	2.5585	2.5595	2.5587	4 L	2.5596	2.5585	6 T	2.5595	2.5592	
70	2.7559	2.7553	2.7563	2.7555	10 T	2.7564	2.7553	11 T	2.7563	2.7560	1 T
75	2.9528	2.9522	2.9532	2.9524		2.9533	2.9522		2.9532	2.9529	12 T
80	3.1496	3.1490	3.1500	3.1492		3.1501	3.1490		3.1500	3.1497	
85	3.3465	3.3457	3.3469	3.3461		3.3472	3.3458		3.3470	3.3466	
90	3.5433	3.5425	3.5437	3.5429		3.5440	3.5426		3.5438	3.5434	
95	3.7402	3.7394	3.7406	3.7398		3.7409	3.7395		3.7407	3.7403	
100	3.9370	3.9362	3.9374	3.9366	4 L	3.9377	3.9363	7 T	3.9375	3.9371	1 T
105	4.1339	4.1331	4.1343	4.1335	12 T	4.1346	4.1332	15 T	4.1344	4.1340	15 T
110	4.3307	4.3299	4.3311	4.3303		4.3314	4.3300		4.3312	4.3308	
120	4.7244	4.7236	4.7248	4.7240		4.7251	4.7237		4.7249	4.7245	
130	5.1181	5.1171	5.1186	5.1176		5.1189	5.1173		5.1187	5.1182	
140	5.5118	5.5108	5.5123	5.5113		5.5126	5.5110		5.5124	5.5119	
150	5.9055	5.9045	5.9060	5.9050	5 L	5.9063	5.9047	8 T	5.9061	5.9056	1 T
160	6.2992	6.2982	6.2997	6.2987	15 T	6.3000	6.2984	18 T	6.2998	6.2993	18 T
170	6.6929	6.6919	6.6934	6.6924		6.6937	6.6921		6.6935	6.6930	
180	7.0866	7.0856	7.0871	7.0861		7.0874	7.0858		7.0872	7.0867	
190	7.4803	7.4791	7.4809	7.4797		7.4812	7.4794		7.4810	7.4805	
200	7.8740	7.8728	7.8746	7.8734	6 L	7.8749	7.8731	9 T	7.8747	7.8742	2 T
220	8.6614	8.6602	8.6620	8.6608	18 T	8.6623	8.6605	21 T	8.6621	8.6616	21 T
240	9.4488	9.4476	9.4494	9.4482		9.4497	9.4479		9.4495	9.4490	

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-3

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d			Ajustes resultantes				k4		k5		Ajuste ¹⁾			
			Classes de tolerância js6		js7									
		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo		Diâmetro do eixo				
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.				
mm	pol.	pol.		–	pol.		–	pol.		–	pol.			
260	10.2362	10.2348	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10,2372	10,2352	10 T 24 T	10.2370	10.2364	2 T 22 T	10.2373	10.2364	2 T 25 T
280	11.0236	11.0222	11.0242	11.0230		11,0246	11,0226		11.0244	11.0238		11.0247	11.0238	
300	11.8110	11.8096	11.8116	11.8104		11,8120	11,8100		11.8118	11.8112		11.8121	11.8112	
320	12.5984	12.5968	12.5991	12.5977	7 L 23 T	12,5996	12,5973	11 T 28 T	12.5992	12.5986	2 T 24 T	12.5995	12.5986	2 T 27 T
340	13.3858	13.3842	13.3865	13.3851		13,3870	13,3847		13.3866	13.3860		13.3869	13.3860	
360	14.1732	14.1716	14.1739	14.1725		14,1744	14,1721		14.1740	14.1734		14.1743	14.1734	
380	14.9606	14.9590	14.9613	14.9599		14,9618	14,9595		14.9614	14.9608		14.9617	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7487	15.7473		15,7492	15,7469		15.7488	15.7482		15.7491	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5362	16.5346	8 L 26 T	16,5367	16,5342	12 T 31 T	16.5364	16.5356	2 T 28 T	16.5367	16.5356	2 T 31 T
440	17.3228	17.3210	17.3236	17.3220		17,3241	17,3216		17.3238	17.3230		17.3241	17.3230	
460	18.1102	18.1084	18.1110	18.1094		18,1115	18,1090		18.1112	18.1104		18.1115	18.1104	
480	18.8976	18.8958	18.8984	18.8968		18,8989	18,8964		18.8986	18.8978		18.8989	18.8978	
500	19.6850	19.6832	19.6858	19.6842		19,6863	19,6838		19.6860	19.6852		19.6863	19.6852	
530	20.8661	20.8641	20.8669	20.8652	9 L 28 T	20,8675	20,8648	13 T 34 T	–	–	–	20.8673	20.8661	0 T 32 T
560	22.0472	22.0452	22.0480	22.0463		22,0486	22,0459		–	–		22.0484	22.0472	
600	23.6220	23.6200	23.6228	23.6211		23,6234	23,6207		–	–		23.6232	23.6220	
630	24.8031	24.8011	24.8039	24.8022		24,8045	24,8018		–	–		24.8043	24.8031	
670	26.3780	26.3750	26.3789	26.3770	10 L 39 T	26,3795	26,3764	16 T 45 T	–	–	–	26.3794	26.3780	0 T 44 T
710	27.9528	27.9498	27.9537	27.9518		27,9543	27,9512		–	–		27.9542	27.9528	
750	29.5276	29.5246	29.5285	29.5266		29,5291	29,5260		–	–		29.5290	29.5276	
800	31.4961	31.4931	31.4970	31.4951		31,4976	31,4945		–	–		31.4975	31.4961	
850	33.4646	33.4607	33.4657	33.4635	11 L 50 T	33,4663	33,4628	18 T 56 T	–	–	–	33.4662	33.4646	0 T 55 T
900	35.4331	35.4292	35.4342	35.4320		35,4348	35,4313		–	–		35.4347	35.4331	
950	37.4016	37.3977	37.4027	37.4005		37,4033	37,3998		–	–		37.4032	37.4016	
1000	39.3701	39.3662	39.3712	39.3690		39,3718	39,3683		–	–		39.3717	39.3701	
1060	41.7323	41.7274	41.7336	41.7310	13 L 62 T	41,7343	41,7302	21 T 69 T	–	–	–	41.7341	41.7323	0 T 67 T
1120	44.0945	44.0896	44.0958	44.0932		44,0965	44,0924		–	–		44.0963	44.0945	
1180	46.4567	46.4518	46.4580	46.4554		46,4587	46,4546		–	–		46.4585	46.4567	
1250	49.2126	49.2077	49.2139	49.2113		49,2146	49,2105		–	–		49.2144	49.2126	

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância k6				m5		m6		n5	
		Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾		Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾		Diâmetro do eixo	
		máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.
mm	pol.	pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.
4	0.1575	0.1572	0.1579	0.1575		0.1579	0.1577		0.1580	0.1577	
5	0.1969	0.1966	0.1973	0.1969	0 T	0.1973	0.1971	2 T	0.1974	0.1971	3 T
6	0.2362	0.2359	0.2366	0.2362	7 T	0.2366	0.2364	7 T	0.2367	0.2364	8 T
7	0.2756	0.2753	0.2760	0.2756		0.2761	0.2758		0.2762	0.2758	
8	0.3150	0.3147	0.3154	0.3150	0 T	0.3155	0.3152	2 T	0.3156	0.3152	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
10	0.3937	0.3934	0.3941	0.3937		0.3942	0.3939		0.3943	0.3939	
12	0.4724	0.4721	0.4729	0.4724	0 T	0.4730	0.4727	3 T	0.4731	0.4727	5 T
15	0.5906	0.5903	0.5911	0.5906	8 T	0.5912	0.5909	9 T	0.5913	0.5909	11 T
17	0.6693	0.6690	0.6698	0.6693		0.6699	0.6696		0.6700	0.6696	
20	0.7874	0.7870	0.7880	0.7875	1 T	0.7881	0.7877	3 T	0.7882	0.7877	6 T
25	0.9843	0.9839	0.9849	0.9844	10 T	0.9850	0.9846	11 T	0.9851	0.9846	13 T
30	1.1811	1.1807	1.1817	1.1812		1.1818	1.1814		1.1819	1.1814	
35	1.3780	1.3775	1.3787	1.3781		1.3788	1.3784	4 T	1.3790	1.3784	7 T
40	1.5748	1.5743	1.5755	1.5749	1 T	1.5756	1.5752	4 T	1.5758	1.5752	7 T
45	1.7717	1.7712	1.7724	1.7718	12 T	1.7725	1.7721	13 T	1.7727	1.7721	16 T
50	1.9685	1.9680	1.9692	1.9686		1.9693	1.9689		1.9695	1.9689	
55	2.1654	2.1648	2.1662	2.1655		2.1663	2.1658		2.1666	2.1658	
60	2.3622	2.3616	2.3630	2.3623		2.3631	2.3626		2.3634	2.3626	
65	2.5591	2.5585	2.5599	2.5592	1 T	2.5600	2.5595	4 T	2.5603	2.5595	8 T
70	2.7559	2.7553	2.7567	2.7560	14 T	2.7568	2.7563	15 T	2.7571	2.7563	19 T
75	2.9528	2.9522	2.9536	2.9529		2.9537	2.9532		2.9540	2.9532	
80	3.1496	3.1490	3.1504	3.1497		3.1503	3.1500		3.1508	3.1500	
85	3.3465	3.3457	3.3475	3.3466		3.3476	3.3470		3.3479	3.3470	
90	3.5433	3.5425	3.5443	3.5434		3.5444	3.5438		3.5447	3.5438	
95	3.7402	3.7394	3.7412	3.7403	1 T	3.7413	3.7407	5 T	3.7416	3.7407	9 T
100	3.9370	3.9362	3.9380	3.9371	18 T	3.9381	3.9375	19 T	3.9384	3.9375	23 T
105	4.1339	4.1331	4.1349	4.1340		4.1350	4.1344		4.1353	4.1344	
110	4.3307	4.3299	4.3317	4.3308		4.3318	4.3312		4.3321	4.3312	
120	4.7244	4.7236	4.7254	4.7245		4.7255	4.7249		4.7258	4.7249	
130	5.1181	5.1171	5.1192	5.1182		5.1194	5.1187		5.1197	5.1187	
140	5.5118	5.5108	5.5129	5.5119		5.5131	5.5124		5.5134	5.5124	
150	5.9055	5.9045	5.9066	5.9056	1 T	5.9068	5.9061	6 T	5.9071	5.9061	11 T
160	6.2992	6.2982	6.3003	6.2993	21 T	6.3005	6.2998	23 T	6.3008	6.2998	28 T
170	6.6929	6.6919	6.6940	6.6930		6.6942	6.6935		6.6945	6.6935	
180	7.0866	7.0856	7.0877	7.0867		7.0879	7.0872		7.0882	7.0872	
190	7.4803	7.4791	7.4815	7.4805		7.4818	7.4810		7.4821	7.4810	
200	7.8740	7.8728	7.8753	7.8742	2 T	7.8755	7.8747	7 T	7.8758	7.8747	12 T
220	8.6614	8.6602	8.6627	8.6616	25 T	8.6629	8.6621	27 T	8.6632	8.6621	32 T
240	9.4488	9.4476	9.4501	9.4490		9.4503	9.4495		9.4506	9.4495	

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-3

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância									
		k6		m5		m6		n5			
		Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾		Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾		Diâmetro do eixo	
		máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.
mm		pol.		pol.		pol.		pol.		pol.	
				–				–			
260	10.2362	10.2348	10.2376	10.2364	2 T	10.2379	10.2370	10.2382	10.2370	10.2384	10.2375
280	11.0236	11.0222	11.0250	11.0238	28 T	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		12.6002	12.5992	12.6006	12.5992	12.6008	12.5999
340	13.3858	13.3842	13.3874	13.3860	2 T	13.3876	13.3866	13.3880	13.3866	13.3882	13.3873
360	14.1732	14.1716	14.1748	14.1734	32 T	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		16.5374	16.5363	16.5379	16.5363	16.5380	16.5370
440	17.3228	17.3210	17.3246	17.3230	2 T	17.3248	17.3237	17.3253	17.3237	17.3254	17.3244
460	18.1102	18.1084	18.1120	18.1104	36 T	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		20.8683	20.8671	–	–	20.8689	20.8678
560	22.0472	22.0452	22.0489	22.0472	0 T	22.0494	22.0482	10 T	–	22.0500	22.0489
600	23.6220	23.6200	23.6237	23.6220	37 T	23.6242	23.6230	42 T	–	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		26.3806	26.3792	–	–	26.3812	26.3800
710	27.9528	27.9498	27.9547	27.9528	0 T	27.9554	27.9540	12 T	–	27.9560	27.9548
750	29.5276	29.5246	29.5295	29.5276	49 T	29.5302	29.5288	56 T	–	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		33.4675	33.4659	–	–	33.4683	33.4668
900	35.4331	35.4292	35.4353	35.4331	0 T	35.4360	35.4344	13 T	–	35.4368	35.4353
950	37.4016	37.3977	37.4038	37.4016	61 T	37.4045	37.4029	68 T	–	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		41.7357	41.7339	–	–	41.7366	41.7349
1120	44.0945	44.0896	44.0971	44.0945	0 T	44.0979	44.0961	16 T	–	44.0988	44.0971
1180	46.4567	46.4518	46.4593	46.4567	75 T	46.4601	46.4583	83 T	–	46.4610	46.4593
1250	49.2126	49.2077	49.2152	49.2126		49.2160	49.2142	–	–	49.2169	49.2152

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d		Ajustes resultantes Classes de tolerância											
		n6		p6		p7		r6					
		Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾ Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾ Diâmetro do eixo		Ajuste ¹⁾ Diâmetro do eixo					
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.					
mm	pol.	pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–			
85	3.3465	3.3457	3.3483	3.3474	9 T 26 T	3.3488	3.3480	15 T 31 T	3.3493	3.3480	–	–	
90	3.5433	3.5425	3.5451	3.5442		3.5456	3.5448		3.5461	3.5448	–	–	
95	3.7402	3.7394	3.7420	3.7411		3.7425	3.7417		3.7430	3.7417	–	–	
100	3.9370	3.9362	3.9388	3.9379		3.9393	3.9385		3.9398	3.9385	–	–	
105	4.1339	4.1331	4.1357	4.1348		4.1362	4.1354		4.1367	4.1354	–	–	
110	4.3307	4.3299	4.3325	4.3316		4.3330	4.3322		4.3335	4.3322	–	–	
120	4.7244	4.7236	4.7262	4.7253		4.7267	4.7259		4.7272	4.7259	–	–	
130	5.1181	5.1171	5.1201	5.1192		5.1208	5.1198		5.1214	5.1198	5.1216	5.1207	
140	5.5118	5.5108	5.5138	5.5129		5.5145	5.5135		5.5151	5.5135	5.5153	5.5144	
150	5.9055	5.9045	5.9075	5.9066	11 T 30 T	5.9082	5.9072	17 T 37 T	5.9088	5.9072	5.9090	5.9081	
160	6.2992	6.2982	6.3012	6.3003		6.3019	6.3009		6.3025	6.3009	43 T	6.3027	6.3018
170	6.6929	6.6919	6.6949	6.6940		6.6956	6.6946		6.6962	6.6946		6.6964	6.6955
180	7.0866	7.0856	7.0886	7.0877		7.0893	7.0883		7.0899	7.0883	7.0901	7.0892	
190	7.4803	7.4791	7.4827	7.4815		7.4834	7.4823		7.4841	7.4823	7.4845	7.4833	
200	7.8740	7.8728	7.8764	7.8752	12 T 36 T	7.8771	7.8760	20 T 43 T	7.8778	7.8760	7.8782	7.8770	
220	8.6614	8.6602	8.6638	8.6626		8.6645	8.6634		8.6652	8.6634	50 T	8.6657	8.6645
240	9.4488	9.4476	9.4512	9.4500		9.4519	9.4508		9.4526	9.4508		9.4532	9.4521
260	10.2362	10.2348	10.2388	10.2375		10.2397	10.2384		10.2405	10.2384	10.2412	10.2399	
280	11.0236	11.0222	11.0262	11.0249	13 T 40 T	11.0271	11.0258	22 T 49 T	11.0279	11.0258	11.0286	11.0273	
300	11.8110	11.8096	11.8136	11.8123		11.8145	11.8132		11.8153	11.8132	57 T	11.8161	11.8149
320	12.5984	12.5968	12.6013	12.5999		12.6023	12.6008		12.6031	12.6009	12.6041	12.6027	
340	13.3858	13.3842	13.3887	13.3873	15 T 45 T	13.3897	13.3882	24 T 55 T	13.3905	13.3883	13.3915	13.3901	
360	14.1732	14.1716	14.1761	14.1747		14.1771	14.1756		14.1779	14.1757	25 T 63 T	14.1791	14.1777
380	14.9606	14.9590	14.9635	14.9621		14.9645	14.9630		14.9653	14.9631		14.9665	14.9651
400	15.7480	15.7464	15.7509	15.7495		15.7519	15.7504		15.7527	15.7505	15.7539	15.7525	
420	16.5354	16.5336	16.5385	16.5370		16.5397	16.5381		16.5406	16.5381	16.5419	16.5404	
440	17.3228	17.3210	17.3259	17.3244	16 T 49 T	17.3271	17.3255	27 T 61 T	17.3280	17.3255	17.3293	17.3278	
460	18.1102	18.1084	18.1133	18.1118		18.1145	18.1129		18.1154	18.1129	27 T 70 T	18.1170	18.1154
480	18.8976	18.8958	18.9007	18.8992		18.9019	18.9003		18.9028	18.9003		18.9044	18.9028
500	19.6850	19.6832	19.6881	19.6866		19.6893	19.6877		19.6902	19.6877	19.6918	19.6902	
530	20.8661	20.8641	20.8696	20.8678		20.8709	20.8692		20.8720	20.8692	20.8737	20.8720	
560	22.0472	22.0452	22.0507	22.0489	17 T 55 T	22.0520	22.0503	31 T 68 T	22.0531	22.0503	22.0548	22.0531	
600	23.6220	23.6200	23.6255	23.6237		23.6268	23.6251		23.6279	23.6251	79 T	23.6298	23.6281
630	24.8031	24.8011	24.8066	24.8048		24.8079	24.8062		24.8090	24.8062	24.8109	24.8092	
670	26.3780	26.3750	26.3819	26.3800		26.3834	26.3815		26.3846	26.3814	26.3869	26.3849	
710	27.9528	27.9498	27.9567	27.9548	20 T 69 T	27.9582	27.9563	35 T 84 T	27.9594	27.9562	27.9617	27.9597	
750	29.5276	29.5246	29.5315	29.5296		29.5330	29.5311		29.5342	29.5310	96 T	29.5369	29.5349
800	31.4961	31.4931	31.5000	31.4981		31.5015	31.4996		31.5027	31.4995		31.5054	31.5034
850	33.4646	33.4607	33.4690	33.4668		33.4707	33.4685		33.4721	33.4685	33.4751	33.4729	
900	35.4331	35.4292	35.4375	35.4353	22 T 83 T	35.4392	35.4370	39 T 100 T	35.4406	35.4370	35.4436	35.4414	
950	37.4016	37.3977	37.4060	37.4038		37.4077	37.4055		37.4091	37.4055	114 T	37.4125	37.4103
1000	39.3701	39.3662	39.3745	39.3723		39.3762	39.3740		39.3776	39.3740	39.3810	39.3788	
1060	41.7323	41.7274	41.7375	41.7349		41.7396	41.7370		41.7412	41.7370	41.7447	41.7421	
1120	44.0945	44.0896	44.0997	44.0971	26 T 101 T	44.1018	44.0992	47 T 122 T	44.1034	44.0992	44.1069	44.1043	
1180	46.4567	46.4518	46.4619	46.4593		46.4640	46.4614		46.4656	46.4614	138 T	46.4695	46.4669
1250	49.2126	49.2077	49.2178	49.2152		49.2199	49.2173		49.2215	49.2173		49.2254	49.2266

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-3

Tolerâncias de eixos e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro do furo do rolamento d	Ajustes resultantes		Classes de tolerância r7		Ajuste ¹⁾	s6 _{min} ± IT6/2		Ajuste ¹⁾	s7 _{min} ± IT7/2		Ajuste ¹⁾
	máx.	mín.	máx.	mín.		Diâmetro do eixo máx.	Diâmetro do eixo mín.		Diâmetro do eixo máx.	Diâmetro do eixo mín.	
mm	in.		in.		–	in.		–	in.		–
200	7.8740	7.8728	–	–	–	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T
220	8.6614	8.6602	8.6664	8.6645	31T/62T	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T
240	9.4488	9.4476	9.4539	9.4521	33 T	9.4549	9.4537	49 T/73 T	9.4552	9.4534	46 T/76 T
260	10.2362	10.2348	10.2419	10.2399	37 T	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T
280	11.0236	11.0222	11.0293	11.0273	71 T	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T
300	11.8110	11.8096	11.8169	11.8149	39 T/73 T	11.8183	11.8171	61 T/87 T	11.8187	11.8167	57 T/91 T
320	12.5984	12.5968	12.6049	12.6027	43 T	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T
340	13.3858	13.3842	13.3923	13.3901	81 T	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T
360	14.1732	14.1716	14.1799	14.1777		14.1821	14.1807		14.1825	14.1803	
380	14.9606	14.9590	14.9673	14.9651	45 T	14.9695	14.9681	75 T	14.9699	14.9677	71 T
400	15.7480	15.7464	15.7547	15.7525	83 T	15.7569	15.7555	105 T	15.7573	15.7551	109 T
420	16.5354	16.5336	16.5428	16.5404	50 T	16.5454	16.5438	84 T	16.5458	16.5433	79 T
440	17.3228	17.3210	17.3302	17.3278	92 T	17.3328	17.3312	118 T	17.3332	17.3307	122 T
460	18.1102	18.1084	18.1179	18.1154		18.1209	18.1194		18.1214	18.1189	
480	18.8976	18.8958	18.9053	18.9028	52 T	18.9083	18.9068	92 T	18.9088	18.9063	87 T
500	19.6850	19.6832	19.6927	19.6902	95 T	19.6957	19.6942	125 T	19.6962	19.6937	130 T
530	20.8661	20.8641	20.8748	20.8720	59 T	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T
560	22.0472	22.0452	22.0559	22.0531	107 T	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T
600	23.6220	23.6200	23.6309	23.6281	61 T	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T
630	24.8031	24.8011	24.8120	24.8092	109 T	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T
670	26.3780	26.3750	26.3880	26.3848	68 T	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T
710	27.9528	27.9498	27.9628	27.9596	130 T	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T
750	29.5276	29.5246	29.5380	29.5349	73 T	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T
800	31.4961	31.4931	31.5065	31.5034	134 T	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T
850	33.4646	33.4607	33.4764	33.4729	83 T	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T
900	35.4331	35.4292	35.4449	35.4414	157 T	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T
950	37.4016	37.3977	37.4138	37.4103	87 T	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T
1000	39.3701	39.3662	39.3823	39.3788	161 T	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T
1060	41.7323	41.7274	41.7463	41.7421	98 T	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T
1120	44.0945	44.0896	44.1085	44.1043	189 T	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T
1180	46.4567	46.4518	46.4711	46.4669	102 T	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T
1250	49.2126	49.2077	49.2270	49.2228	193 T	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento		Ajustes resultantes		Classes de tolerância		F7		Ajuste ¹⁾		Furo da caixa de mancal		G7		Ajuste ¹⁾		Furo da caixa de mancal		H6		Ajuste ¹⁾		Furo da caixa de mancal		H7		Ajuste ¹⁾		Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾	
máx.		mín.		máx.		mín.		-		máx.		mín.		-		máx.		mín.		-		máx.		mín.		-		máx.		mín.	
mm	pol.			pol.						pol.						pol.						pol.						pol.			
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					0.7483	0.7491					0.7480	0.7485					0.7480	0.7488								
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			15 L 3 L		0.9449	0.9454			9 L 0 L		0.9449	0.9457			12 L 0 L					
26	1.0236	1.0232		1.0244	1.0252			20 L 8 L		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					1.2602	1.2611					1.2598	1.2604					1.2598	1.2608								
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			24 L 10 L		1.4571	1.4580			17 L 4 L		1.4567	1.4573			10 L 0 L		1.4567	1.4577			14 L 0 L					
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					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			21 L 4 L		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			12 L 0 L		2.6772	2.6784			17 L 0 L					
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					2.9532	2.9543					2.9527	2.9534					2.9527	2.9539								
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			34 L 14 L		3.3470	3.3484			25 L 5 L		3.3465	3.3474			15 L 0 L		3.3465	3.3479			20 L 0 L					
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					3.9375	3.9389					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			17 L 0 L		4.9213	4.9229			23 L 0 L					
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					7.8746	7.8764					7.8740	7.8751					7.8740	7.8758								
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			36 L 6 L		8.4646	8.4657			23 L 0 L		8.4646	8.4662			30 L 0 L					
220	8.6614	8.6602		8.6634	8.6652			50 L 20 L		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					9.0557	9.0575					9.0551	9.0562					9.0551	9.0569								
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⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-4

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento			Ajustes resultantes																	
			Classes de tolerância																	
			F7		Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾		G7		Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾		H6		Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾	
	máx.	mín.	máx.	mín.																
mm	pol.		pol.						pol.						pol.				pol.	
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					11.0243	11.0263	41 L				11.0236	11.0249			11.0236	11.0256
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
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
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
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					17.3236	17.3261					17.3228	17.3244			17.3228	17.3253
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154	70 L				18.1110	18.1135	51 L				18.1102	18.1118	34 L		18.1102	18.1127
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028	27 L				18.8984	18.9009	8 L				18.8976	18.8992	0 L		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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento D		Ajustes resultantes Classes de tolerância H8		H9 Furo da caixa de mancal		H10 Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾		H10 Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾		J6 Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾	
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.	
mm	pol.	pol.		–		pol.		–		pol.		–		pol.		–	
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 2 T			
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 2 T			
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		1.1024	1.1044		1.1024	1.1057		1.1022	1.1027				
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	19 L OL	1.2598	1.2622	28 L OL	1.2598	1.2637	43 L OL	1.2596	1.2602	8 L 2 T			
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		1.4567	1.4591		1.4567	1.4606		1.4565	1.4571				
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	23 L OL	2.0472	2.0501	34 L OL	2.0472	2.0519	52 L OL	2.0470	2.0477	10 L 2 T			
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		2.8346	2.8375		2.8346	2.8393		2.8344	2.8351				
75	2.9527	2.9522	2.9527	2.9545	27 L OL	2.9527	2.9556	40 L OL	2.9527	2.9574	61 L OL	2.9525	2.9532	12 L 2 T			
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		3.5433	3.5467		3.5433	3.5488		3.5431	3.5439				
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	32 L OL	3.9370	3.9404	46 L OL	3.9370	3.9425	70 L OL	3.9368	3.9376	14 L 3 T			
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		4.5276	4.5310		4.5276	4.5331		4.5274	4.5282				
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	35 L OL	5.1181	5.1220	49 L OL	5.1181	5.1244	73 L OL	5.1178	5.1188	17 L 3 T			
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5143		5.5118	5.5157		5.5118	5.5181		5.5115	5.5125				
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	35 L OL	6.4961	6.5000	49 L OL	6.4961	6.5024	73 L OL	6.4958	6.4968	17 L 3 T			
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6968		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		7.8740	7.8785		7.8740	7.8813		7.8737	7.8749				
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2705	40 L OL	8.2677	8.2722	57 L OL	8.2677	8.2750	85 L OL	8.2674	8.2686	21 L 3 T			
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		8.8583	8.8628		8.8583	8.8656		8.8580	8.8592				
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	40 L OL	9.4488	9.4533	57 L OL	9.4488	9.4561	85 L OL	9.4485	9.4497	21 L 3 T			
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8453		9.8425	9.8470		9.8425	9.8498		9.8422	9.8434				

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-4

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento D			Ajustes resultantes Classes de tolerância H8		Ajuste ¹⁾	H9		Ajuste ¹⁾	H10		Ajuste ¹⁾	J6		Ajuste ¹⁾
	máx.	mín.	Furo da caixa de mancal máx.	mín.		Furo da caixa de mancal máx.	mín.		Furo da caixa de mancal máx.	mín.		Furo da caixa de mancal máx.	mín.	
mm	pol.		pol.		–	pol.		–	pol.		–	pol.		–
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2394		10.2362	10.2413		10.2362	10.2445		10.2359	10.2372	
270	10.6299	10.6285	10.6299	10.6331		10.6299	10.6350		10.6299	10.6382		10.6296	10.6309	
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0268	46 L	11.0236	11.0287	65 L	11.0236	11.0319	97 L	11.0233	11.0246	24 L
290	11.4173	11.4159	11.4173	11.4205	0 L	11.4173	11.4224	0 L	11.4173	11.4256	0 L	11.4170	11.4183	3 T
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8142		11.8110	11.8161		11.8110	11.8193		11.8107	11.8120	
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2079		12.2047	12.2098		12.2047	12.2130		12.2044	12.2057	
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.6019		12.5984	12.6039		12.5984	12.6075		12.5981	12.5995	
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3893		13.3858	13.3913		13.3858	13.3949		13.3855	13.3869	
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1767	51 L	14.1732	14.1787	71 L	14.1732	14.1823	107 L	14.1729	14.1743	27 L
370	14.5669	14.5654	14.5670	14.5705	0 L	14.5669	14.5724	0 L	14.5670	14.5761	0 L	14.5666	14.5681	3 T
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9641		14.9606	14.9661		14.9606	14.9697		14.9603	14.9617	
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7515		15.7480	15.7535		15.7480	15.7571		15.7477	15.7491	
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5392		16.5354	16.5415		16.5354	16.5452		16.5351	16.5367	
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3266	56 L	17.3228	17.3289	79 L	17.3228	17.3326	116 L	17.3225	17.3241	31 L
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1140	0 L	18.1102	18.1163	0 L	18.1102	18.1200	0 L	18.1099	18.1115	3 T
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.9014		18.8976	18.9037		18.8976	18.9074		18.8973	18.8989	
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6888		19.6850	19.6911		19.6850	19.6948		19.6847	19.6863	
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4767		20.4724	20.4793		20.4724	20.4834		20.4721	20.4739	
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2641		21.2598	21.2667		21.2598	21.2708		21.2595	21.2613	
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0515	63 L	22.0472	22.0541	89 L	22.0472	22.0582	130 L	22.0469	22.0487	35 L
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8389	0 L	22.8346	22.8415	0 L	22.8346	22.8456	0 L	22.8343	22.8361	3 T
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6263		23.6220	23.6289		23.6220	23.6330		23.6217	23.6235	
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4137		24.4094	24.4163		24.4094	24.4204		24.4091	24.4109	
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5955		25.5906	25.5985		25.5906	25.6032		25.5902	25.5922	
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3829		26.3780	26.3859		26.3780	26.3906		26.3776	26.3796	
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7766		26.7717	26.7796		26.7717	26.7843		26.7713	26.7733	
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5640		27.5591	27.5670		27.5591	27.5717		27.5587	27.5607	
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3514	79 L	28.3465	28.3544	109 L	28.3465	28.3591	156 L	28.3461	28.3481	46 L
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5325	0 L	29.5276	29.5355	0 L	29.5276	29.5402	0 L	29.5272	29.5292	4 T
760	29.9213	29.9183	29.9213	29.9262		29.9213	29.9292		29.9213	29.9339		29.9209	29.9229	
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7136		30.7087	30.7166		30.7087	30.7213		30.7083	30.7103	
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1073		31.1024	31.1103		31.1024	31.1150		31.1020	31.1040	
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.5010		31.4961	31.5040		31.4961	31.5087		31.4957	31.4968	
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.2890		32.2835	32.2926		32.2835	32.2977		32.2831	32.2853	
830	32.6772	32.6733	32.6772	32.6827		32.6772	32.6863		32.6772	32.6914		32.6768	32.6790	
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4701		33.4646	33.4737		33.4646	33.4788		33.4642	33.4664	
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2575	94 L	34.2520	34.2611	130 L	34.2520	34.2662	181 L	34.2516	34.2538	57 L
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2260	0 L	36.2205	36.2296	0 L	36.2205	36.2347	0 L	36.2201	36.2235	4 T
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4071		37.4016	37.4107		37.4016	37.4158		37.4012	37.4034	
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5882		38.5827	38.5918		38.5827	38.5969		38.5823	38.5845	
1000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3756		39.3701	39.3792		39.3701	39.3843		–	–	
1150	45.2756	45.2707	45.2756	45.2821	114 L	45.2756	45.2858	151 L	45.2756	45.2921	214 L	–	–	–
1250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2191	0 L	49.2126	49.2228	0 L	49.2126	49.2291	0 L	–	–	–
1400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1258	140 L	55.1181	55.1303	185 L	55.1181	55.1378	260 L	–	–	–
1600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9998	0 L	62.9921	63.0043	0 L	62.9921	63.0118	0 L	–	–	–

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento D		Ajustes resultantes Classes de tolerância		J7 Furo da caixa de mancal		J5 Furo da caixa de mancal		K5 Furo da caixa de mancal		K6 Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾		Ajuste ¹⁾		
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		
mm	pol.	pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–
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		0.7478	0.7481		0.7477	0.7480		0.7476	0.7481			
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	9 L 4 T	0.9447	0.9450	2 T 5 L	0.9446	0.9449	4 L 3 T	0.9445	0.9450	5 L 4 T		
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		1.1022	1.1025		1.1021	1.1024		1.1020	1.1025			
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 4 T	1.4565	1.4569	2 T 6 L	1.4563	1.4568	5 L 4 T	1.4562	1.4568	5 L 5 T		
40	1.5748	1.5744	1.5744	1.5754		1.5746	1.5750		1.5744	1.5749		1.5743	1.5749			
42	1.6535	1.6531	1.6531	1.6541		1.6533	1.6537		1.6531	1.6536		1.6530	1.6536			
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		2.4406	2.4412		2.4405	2.4410		2.4403	2.4411			
68	2.6772	2.6767	2.6767	2.6779	12 L 5 T	2.6769	2.6775	3 T 8 L	2.6768	2.6773	6 L 4 T	2.6766	2.6774	7 L 6 T		
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		3.1493	3.1499		3.1492	3.1497		3.1490	3.1498			
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	15 L 5 T	3.7399	3.7405	3 T 9 L	3.7397	3.7403	7 L 5 T	3.7395	3.7404	8 L 7 T		
100	3.9370	3.9364	3.9365	3.9379		3.9367	3.9373		3.9365	3.9371		3.9363	3.9372			
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		4.9209	4.9217		4.9207	4.9214		4.9205	4.9215			
130	5.1181	5.1174	5.1175	5.1191	17 L 6 T	5.1177	5.1185	4 T 11 L	5.1175	5.1182	8 L 6 T	5.1173	5.1183	9 L 8 T		
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		5.9051	5.9059		5.9049	5.9056		5.9047	5.9057			
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	20 L 6 T	6.4957	6.4964	4 T 13 L	6.4955	6.4962	11 L 6 T	6.4953	6.4963	12 L 8 T		
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		7.0862	7.0869		7.0860	7.0867		7.0858	7.0868			
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		8.4642	8.4650		8.4639	8.4647		8.4637	8.4648			
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6626	24 L 6 T	8.6610	8.6618	4 T 16 L	8.6607	8.6615	13 L 7 T	8.6605	8.6616	14 L 9 T		
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		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⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-4

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento D		Ajustes resultantes Classes de tolerância J7		J5		K5		K6		Ajuste ¹⁾				
		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾				
		máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.			
mm	pol.	pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–		
260	10.2362	10.2348	10.2356	10.2376	28 L 6 T	10.2357	10.2366	5 T 18 L	10.2354	10.2363	10.2351	10.2364	16 L 11 T	
270	10.6299	10.6285	10.6293	10.6313		10.6294	10.6303		10.6291	10.6300		10.6288		10.6301
280	11.0236	11.0222	11.0230	11.0250		11.0231	11.0240		11.0228	11.0237		11.0225		11.0238
290	11.4173	11.4159	11.4167	11.4187		11.4168	11.4177		11.4165	11.4174		11.4162		11.4175
300	11.8110	11.8096	11.8104	11.8124		11.8105	11.8114		11.8102	11.8111		11.8099		11.8112
310	12.2047	12.2033	12.2041	12.2061		12.2042	12.2051		12.2039	12.2048		12.2036	12.2049	
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5999	31 L 7 T	12.5979	12.5989	5 T 21 L	12.5975	12.5985	12.5973	12.5986	19 L 11 T	
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3873		13.3853	13.3863		13.3849	13.3859		13.3847		13.3860
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1747		14.1727	14.1737		14.1723	14.1733		14.1721		14.1734
370	14.5669	14.5654	14.5662	14.5685		14.5664	14.5675		14.5660	14.5670		14.5658		14.5672
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9621		14.9601	14.9611		14.9597	14.9607		14.9595		14.9608
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7495		15.7475	15.7485		15.7471	15.7481		15.7469	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5371	35 L 8 T	16.5349	16.5359	5 T 23 L	16.5344	16.5355	16.5341	16.5356	21 L 13 T	
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3245		17.3223	17.3233		17.3218	17.3229		17.3215		17.3230
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1119		18.1097	18.1107		18.1092	18.1103		18.1089		18.1104
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8993		18.8971	18.8981		18.8966	18.8977		18.8963		18.8978
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6867		19.6845	19.6855		19.6840	19.6851		19.6837		19.6852
520	20.4724	20.4704	20.4715	20.4743	39 L 9 T	–	–	–	–	–	20.4707	20.4724	20 L 17 T	
540	21.2598	21.2578	21.2589	21.2617		–	–		–	–		21.2581		21.2598
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0491		–	–		–	–		22.0455		22.0472
580	22.8346	22.8326	22.8337	22.8365		–	–		–	–		22.8329		22.8346
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6239		–	–		–	–		23.6203		23.6220
620	24.4094	24.4074	24.4085	24.4113		–	–		–	–		24.4077	24.4094	
650	25.5906	25.5876	25.5897	25.5928	52 L 9 T	–	–	–	–	–	25.5886	25.5906	30 L 20 T	
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3802		–	–		–	–		26.3760		26.3780
680	26.7717	26.7687	26.7708	26.7739		–	–		–	–		26.7697		26.7717
700	27.5591	27.5561	27.5582	27.5613		–	–		–	–		27.5571		27.5591
720	28.3465	28.3435	28.3456	28.3487		–	–		–	–		28.3445		28.3465
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5298	64 L 10 T	–	–	–	–	–	32.2813	32.2835	39 L 22 T	
760	29.9213	29.9183	29.9204	29.9235		–	–		–	–		32.6750		32.6772
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7109		–	–		–	–		33.4624		33.4646
790	31.1024	31.0994	31.1015	31.1046		–	–		–	–		34.2498		34.2520
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4974		–	–		–	–		36.2183		36.2205
820	32.2835	32.2796	32.2825	32.2860	64 L 10 T	–	–	–	–	–	37.3994	37.4016	39 L 22 T	
830	32.6772	32.6733	32.6762	32.6797		–	–		–	–		38.5805		38.5827
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4671		–	–		–	–		–		–
870	34.2520	34.2481	34.2510	34.2545		–	–		–	–		–		–
920	36.2205	36.2166	36.2195	36.2230		–	–		–	–		–		–
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.4041		–	–		–	–		37.3994	37.4016	
980	38.5827	38.5788	38.5817	38.5852		–	–		–	–		38.5805	38.5827	
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⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento		Ajustes resultantes		Classes de tolerância		K7		M5		M6		M7		Ajuste ¹⁾	
Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal	
máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.		máx. mín.	
mm	pol.	pol.			pol.										
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		0.9443	0.9447		0.9442	0.9447		0.9441	0.9449	4 L	
26	1.0236	1.0232	1.0230	1.0238	6 L 6 T	1.0230	1.0234	2 L 6 T	1.0229	1.0234	2 L 7 T	1.0228	1.0236	4 L 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 7 T	1.4561	1.4565	2 L 6 T	1.4559	1.4565	2 L 8 T	1.4557	1.4567	4 L 10 T	
40	1.5748	1.5744	1.5741	1.5751		1.5742	1.5746		1.5740	1.5746		1.5738	1.5748		
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 8 T	2.6765	2.6770	3 L 7 T	2.6763	2.6770	3 L 3 T	2.6760	2.6772	5 L 12 T	
72	2.8346	2.8341	2.8338	2.8350		2.8339	2.8344		2.8337	2.8344		2.8334	2.8346		
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 9 T	3.7391	3.7400	4 L 11 T	3.7388	3.7402	6 L 14 T	
100	3.9370	3.9364	3.9360	3.9374	10 L 10 T	3.9361	3.9367		3.9359	3.9368		3.9356	3.9370		
110	4.3307	4.3301	4.3297	4.3311		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		5.1170	5.1178	4 L 11 T	5.1168	5.1178	4 L 13 T	5.1165	5.1181	7 L 16 T	
140	5.5118	5.5111	5.5107	5.5123	12 L 11 T	5.5107	5.5115		5.5105	5.5115		5.5102	5.5118		
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 11 T	6.4950	6.4957	6 L 11 T	6.4948	6.4958	7 L 13 T	6.4945	6.4961	10 L 16 T	
170	6.6929	6.6919	6.6918	6.6934		6.6918	6.6925		6.6916	6.6926		6.6913	6.6929		
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		8.4631	8.4643		8.4628	8.4646		
220	8.6614	8.6602	8.6601	8.6619		8.6602	8.6609	7 L 12 T	8.6599	8.6611	9 L 15 T	8.6596	8.6614	12 L 18 T	
225	8.8583	8.8571	8.8570	8.8588	17 L 13 T	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⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-4

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento D		Ajustes resultantes Classes de tolerância K7		M5		M6		M7		Ajuste ¹⁾
		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾
		máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	
mm	pol.	pol.		–	pol.	–	pol.	–	pol.	–
260	10.2362	10.2348	10.2368		10.2348	10.2357		10.2346	10.2364	
270	10.6299	10.6285	10.6305		10.6285	10.6294		10.6283	10.6301	
280	11.0236	11.0222	11.0242		11.0222	11.0231	9 L	11.0220	11.0238	
290	11.4173	11.4159	11.4179	20 L	11.4159	11.4168	14 T	11.4157	11.4175	14 L
300	11.8110	11.8096	11.8116		11.8096	11.8105		11.8094	11.8112	
320	12.2047	12.2033	12.2053		12.2033	12.2042		12.2031	12.2049	
320	12.5984	12.5968	12.5991		12.5969	12.5978		12.5966	12.5986	
340	13.3858	13.3842	13.3865		13.3843	13.3852		13.3840	13.3860	
360	14.1732	14.1716	14.1739	23 L	14.1717	14.1726	10 L	14.1714	14.1734	12 L
370	14.5669	14.5654	14.5677	16 T	14.5654	14.5664	15 T	14.5651	14.5672	18 T
380	14.9606	14.9590	14.9613		14.9591	14.9600		14.9588	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7487		15.7465	15.7474		15.7462	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5361		16.5337	16.5347		16.5334	16.5356	
440	17.3228	17.3210	17.3235	25 L	17.3211	17.3221	11 L	17.3208	17.3230	14 L
460	18.1102	18.1084	18.1109	18 T	18.1085	18.1095	17 T	18.1082	18.1104	20 T
480	18.8976	18.8958	18.8983		18.8959	18.8969		18.8956	18.8978	
500	19.6850	19.6832	19.6857		19.6833	19.6843		19.6830	19.6852	
520	20.4724	20.4704	20.4724		–	–		20.4696	20.4714	
540	21.2598	21.2578	21.2598		–	–		21.2570	21.2588	
560	22.0472	22.0452	22.0472	20 L	–	–	–	22.0444	22.0462	10 L
580	22.8346	22.8326	22.8346	28 T	–	–	–	22.8318	22.8336	28 T
600	23.6220	23.6200	23.6220		–	–		23.6170	23.6210	
620	24.4094	24.4074	24.4094		–	–		24.4066	24.4084	
650	25.5906	25.5876	25.5906		–	–		25.5875	25.5894	
670	26.3780	26.3750	26.3780		–	–		26.3749	26.3768	
680	26.7717	26.7687	26.7717		–	–		26.7686	26.7705	
700	27.5591	27.5561	27.5591		–	–		27.5560	27.5579	
720	28.3465	28.3435	28.3465	30 L	–	–	–	28.3434	28.3453	18 L
750	29.5276	29.5246	29.5276	31 T	–	–	–	29.5245	29.5264	31 T
760	29.9213	29.9183	29.9213		–	–		29.9182	29.9201	
780	30.7087	30.7057	30.7087		–	–		30.7056	30.7075	
790	31.1024	31.0994	31.1024		–	–		31.0993	31.1012	
800	31.4961	31.4931	31.4961		–	–		31.4930	31.4949	
820	32.2835	32.2796	32.2835		–	–		32.2800	32.2822	
830	32.6772	32.6733	32.6772		–	–		32.6737	32.6759	
850	33.4646	33.4607	33.4646		–	–		33.4611	33.4633	
870	34.2520	34.2481	34.2520	39 L	–	–	–	34.2485	34.2507	26 L
920	36.2205	36.2166	36.2205	35 T	–	–	–	36.2170	36.2192	35 T
950	37.4016	37.3977	37.4016		–	–		37.3981	37.4003	
980	38.5827	38.5788	38.5827		–	–		38.5792	38.5814	
1000	39.3701	39.3662	–		–	–		–	–	
1150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	45.2699
1250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	49.2069
1400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	55.1113
1600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	62.9853

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento D		Ajustes resultantes Classes de tolerância				N7 Furo da caixa de mancal		P6 Furo da caixa de mancal		P7 Furo da caixa de mancal		Ajuste ¹⁾		
		N6 Furo da caixa de mancal												
		máx.	mín.	máx.	mín.									
mm pol.		pol.				pol.								
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	1 T	2.4394	2.4405	1 L	2.4391	2.4399	5 T	2.4389	2.4401	3 T
68	2.6772	2.6767	2.6759	2.6766	13 T	2.6760	2.6770	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	0 T	3.7380	3.7400	2 L	3.7380	3.7390	6 T	3.7378	3.7392	3 T
100	3.9370	3.9364	3.9355	3.9364	15 T	3.9352	3.9366	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	5.1161	5.1176	2 L	5.1157	5.1167	7 T	5.1154	5.1170	4 T
140	5.5118	5.5111	5.5100	5.5110	18 T	5.5098	5.5113	20 T	5.5094	5.5104	24 T	5.5091	5.5107	27 T
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	6.4940	6.4960	5 L	6.4940	6.4950	4 T	6.4934	6.4950	1 T
170	6.6929	6.6919	6.6911	6.6921	18 T	6.6909	6.6924	20 T	6.6905	6.6915	24 T	6.6902	6.6918	27 T
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	8.6590	8.6610	6 L	8.6590	8.6600	4 T	8.6583	8.6601	1 T
225	8.8583	8.8571	8.8563	8.8574	20 T	8.8559	8.8577	24 T	8.8555	8.8567	28 T	8.8552	8.8570	31 T
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⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Apêndice B-4

Tolerâncias de caixas de mancal e ajustes resultantes (polegadas)

Diâmetro externo do rolamento		Ajustes resultantes		Classes de tolerância		N6		N7		P6		P7		Ajuste ¹⁾	
						Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal		Furo da caixa de mancal			
máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.
mm	pol.	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–	pol.	–
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2352				10.2336	10.2356			10.2331	10.2343		
270	10.6299	10.6285	10.6277	10.6289				10.6270	10.6290			10.6270	10.6280		
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0226				11.0210	11.0230			11.0205	11.0217		
290	11.4173	11.4159	11.4151	11.4163				11.4150	11.4170			11.4140	11.4150		
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8100				11.8084	11.8104			11.8079	11.8091		
310	12.2047	12.2033	12.2025	12.2037				12.2021	12.2041			12.2016	12.2028		
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5974				12.5955	12.5978			12.5950	12.5964		
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3848				13.3829	13.3852			13.3824	13.3838		
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1722				14.1703	14.1726			14.1698	14.1712		
370	14.5669	14.5654	14.5645	14.5659				14.5640	14.5660			14.5640	14.5650		
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9596				14.9577	14.9600			14.9572	14.9586		
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7470				15.7451	15.7474			15.7446	15.7460		
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5343				16.5323	16.5347			16.5317	16.5332		
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3217				17.3197	17.3221			17.3191	17.3206		
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1091				18.1071	18.1095			18.1065	18.1080		
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8965				18.8945	18.8969			18.8939	18.8954		
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6839				19.6819	19.6843			19.6813	19.6828		
520	20.4724	20.4704	20.4689	20.4707				20.4679	20.4707			20.4676	20.4693		
540	21.2598	21.2578	21.2563	21.2581				21.2553	21.2581			21.2550	21.2567		
560	22.0472	22.0452	22.0438	22.0455				22.0430	22.0460			22.0420	22.0440		
580	22.8346	22.8326	22.8311	22.8329				22.8301	22.8329			22.8298	22.8315		
600	23.6220	23.6200	23.6185	23.6203				23.6175	23.6203			23.6172	23.6189		
620	24.4094	24.4074	24.4059	24.4077				24.4049	24.4077			24.4046	24.4063		
650	25.5906	25.5876	25.5867	25.5886				25.5855	25.5886			25.5852	25.5871		
670	26.3780	26.3750	26.3741	26.3760				26.3729	26.3760			26.3726	26.3745		
680	26.7717	26.7687	26.7678	26.7697				26.7666	26.7697			26.7663	26.7682		
700	27.5591	27.5561	27.5552	27.5571				27.5540	27.5571			27.5537	27.5556		
720	28.3465	28.3435	28.3426	28.3445				28.3414	28.3445			28.3411	28.3430		
750	29.5276	29.5246	29.5237	29.5256				29.5225	29.5256			29.5222	29.5241		
760	29.9213	29.9183	29.9173	29.9193				29.9160	29.9190			29.9160	29.9180		
780	30.7087	30.7057	30.7048	30.7067				30.7036	30.7067			30.7033	30.7052		
790	31.1024	31.0994	31.0985	31.1004				31.0973	31.1004			31.0970	31.0989		
800	31.4961	31.4931	31.4921	31.4941				31.4910	31.4940			31.4910	31.4930		
820	32.2835	32.2796	32.2791	32.2813				31.2778	32.2813			32.2774	32.2796		
830	32.6772	32.6733	32.6728	32.6750				32.6710	32.6750			32.6710	32.6730		
850	33.4646	33.4607	33.4602	33.4624				33.4589	33.4624			33.4585	33.4607		
870	34.2520	34.2481	34.2476	34.2498				34.2463	34.2498			34.2459	34.2481		
920	36.2205	36.2166	36.2161	36.2183				36.2148	36.2183			36.2144	36.2166		
950	37.4016	37.3977	37.3972	37.3994				37.3959	37.3994			37.3955	37.3977		
980	38.5827	38.5788	38.5783	38.5805				38.5770	38.5805			38.5766	38.5788		
1000	39.3701	39.3662	39.3657	39.3679				39.3644	39.3679			39.3640	39.3662		
1150	45.2756	45.2707	45.2704	45.2730				45.2689	45.2730			45.2683	45.2709		
1250	49.2126	49.2077	49.2074	49.2100				49.2059	49.2100			49.2053	49.2079		
1400	55.1181	55.1118	55.1120	55.1150				55.1101	55.1150			55.1095	55.1126		
1600	62.9921	62.9858	62.9860	62.9890				62.9841	62.9890			62.9835	62.9866		

¹⁾ Ajuste resultante de 0.0001 pol. L indica ajuste com folga (folgado), T indica ajuste por interferência (apertado).

Desvios modificados do diâmetro do eixo para utilização com rolamentos em polegadas

Diâmetro nominal Desvios modificados para ajustes com folga/interferência, conforme a classe de tolerância:

Assento do eixo Furo do rolamento acima de até		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
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	1 000	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	1 219,2	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Diâmetro nominal Desvios modificados para ajustes com folga/interferência, conforme a classe de tolerância:

Assento do eixo Furo do rolamento acima de até		k6		m5		m6		n6		p6	
		sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
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	1 000	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1 000	1 219,2	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

Apêndice B-6

Desvios modificados do diâmetro interno da caixa de mancal para utilização com rolamentos em polegadas

Diâmetro nominal		Desvios modificados para ajustes com folga/interferência, conforme a classe de tolerância:									
Assento do furo da caixa de mancal		H7		J7		J6		K6		K7	
Diâmetro externo do rolamento	Diâmetro externo do rolamento	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
acima de	até										
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	1 000	+190	+102	-	-	-	-	+100	+46	+100	+12
1 000	1 219,2	+230	+102	-	-	-	-	+125	+36	+125	-3
1 219,2	1 250	+230	+127	-	-	-	-	+125	+61	+125	+22
1 250	1 600	+285	+127	-	-	-	-	+160	+49	+160	+2

Diâmetro nominal		Desvios modificados para ajustes com folga/interferência, conforme a classe de tolerância:							
Assento do furo da caixa de mancal		M6		M7		N7		P7	
Diâmetro externo do rolamento	Diâmetro externo do rolamento	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
acima de	até								
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	1 000	+66	+12	+66	-22	+44	-44	0	-88
1 000	1 219,2	+85	-4	+85	-43	+59	-69	+5	-123
1 219,2	1 250	+85	+21	+85	-18	+59	-44	+5	-98
1 250	1 600	+112	+1	+112	-46	+82	-76	+20	-138

Diâmetro do eixo e tolerâncias de forma para montagem com bucha

Diâmetro do eixo d		Diâmetro e tolerâncias de forma		
Nominal	até e	Classe de tolerância h9		Grau de tolerância IT5 ¹⁾
		Desvios sup.	inf.	máx.
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

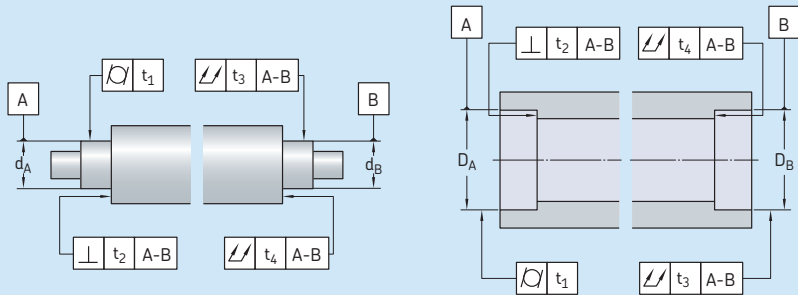
¹⁾ O grau de tolerância recomendado é o IT5/2, porque a zona de tolerância t é um raio. No entanto, na tabela acima os valores estão relacionados ao diâmetro nominal do eixo e, portanto não são divididos ao meio.

Apêndice C

Graus de tolerância ISO

Dimensão nominal acima de até e		Graus de tolerância IT1 IT2 IT3 máx.			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	1 000	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
1 000	1 250	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
1 250	1 600	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
1 600	2 000	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1 500
2 000	2 500	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

Precisão de forma e posição para assentos de rolamentos



Superfície
Característica

Símbolo para
característica
zona de
tolerância

Desvios permitidos
Rolamentos da classe de tolerância¹⁾
Normal, CLN P6 P5



Eixos cilíndricos

Cilindricidade		t ₁	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Desvio de giro radial total		t ₃	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2

Encosto plano

Perpendicularidade		t ₂	IT5	IT4	IT3	IT2
Batimento circular axial total		t ₄	IT5	IT4	IT3	IT2

Explicação

Para exigências
normais

Para exigências
especiais com
relação à precisão
de giro ou mesmo
apoio

¹⁾ Para rolamentos de maior precisão (classe de tolerância PS4 etc.), visite www.skf.com/bearings (High Precision Bearing).

Apêndice D-2

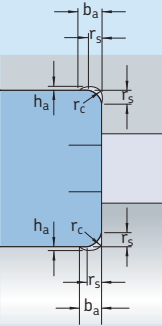
Rugosidade da superfície dos assentos dos rolamentos

Diâmetro dos assentos d (D) ¹⁾		Valor R _a recomendado para assentos retificados		
acima de		Grau de tolerância do diâmetro para		
		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) Para diâmetros > 1 250 mm, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.
2) Ao utilizar o método de injeção de óleo para montar, R_a não deve ultrapassar 1,6 mm.

Apêndice D-3

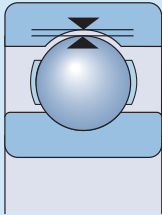
Dimensões para raios de alívio



Dimensão do chanfro do rolamento

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

Folga interna radial dos rolamentos rígidos de esferas

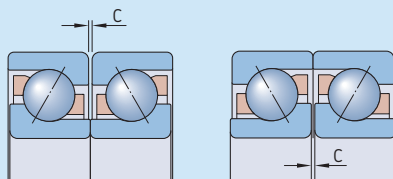


Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna radial C2		Normal		C3		C4		C5	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
2,5	6 ¹⁾	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	10 ¹⁾	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	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	1000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1040
1000	1120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1150
1120	1250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1260
1250	1400	30	200	190	440	420	700	680	1000	–	–
1400	1600	30	210	210	470	450	750	730	1060	–	–

¹⁾ O valores de folga não são válidos para rolamentos rígidos de esferas de aço inoxidável com diâmetro de furo d < 10 mm.

Apêndice E-2

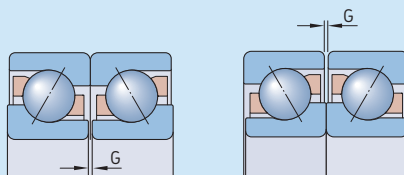
Folga interna axial dos rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular para acoplamento universal dispostos em O ou em X



Diâmetro do furo d	até e	Folga interna axial Classe					
		CA		CB		CC	
acima de	mm	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
mm		μm					
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

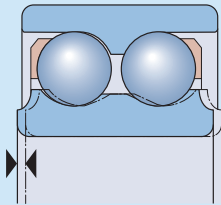
Apêndice E-3

Pré-carga axial dos rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular para acoplamento universal dispostos em O ou em X



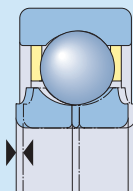
Diâmetro do furo d	até e	Pré-carga Classe GA			GB				GC			
acima de	mm	min.	máx.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.
mm		μm			N				μm		N	
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1 280
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1 500	-12	-24	1 080	3 050
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1 600	-12	-24	1 150	3 250
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2 150	-12	-24	1 500	4 300
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3 700	-16	-32	2 650	7 500

Folga interna axial de rolamentos de duas carreiras de esferas de contato angular



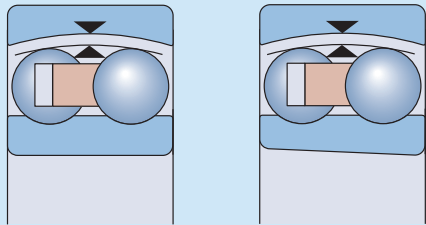
Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna axial de rolamentos nas séries						33 D		33 DNRCBM	
		32 A e 33 A C2		Normal		C3					
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm						µm		µm	
– 10 18	10	1	11	5	21	12	28	–	–	–	–
	18	1	12	6	23	13	31	–	–	–	–
	24	2	14	7	25	16	34	–	–	–	–
24 30 40	30	2	15	8	27	18	37	–	–	–	–
	40	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
	50	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
50 65 80	65	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
	80	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
	100	3	26	18	46	35	63	55	83	–	–
100	110	4	30	22	53	42	73	65	96	–	–

Folga interna axial de rolamentos de esferas de quatro pontos de contato



Diâmetro do furo d		Folga interna axial C2		Normal		C3		C4	
acima de	até e	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		μm							
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

Folga interna radial dos rolamentos autocompensadores de esferas



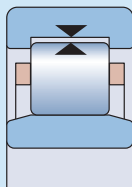
Diâmetro do furo d acima de até e	Folga interna radial C2				Normal		C3		C4	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm	μm									

Rolamentos com um furo cilíndrico

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

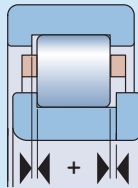
Rolamentos com furo cônico

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

Folga interna radial dos rolamentos de rolos cilíndricos e de agulhas


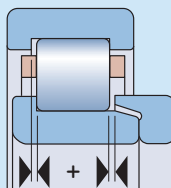
Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna radial C2		Normal		C3		C4		C5	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		μm									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	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	–	–

Folga interna axial de rolamentos de rolos cilíndricos NUP



Rolamento		Folga interna axial de rolamentos nas séries							
Diâmetro do furo	Código de tamanho	NUP 2		NUP 3		NUP 22		NUP 23	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm	–	µm							
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	–	–	–	–	–	–

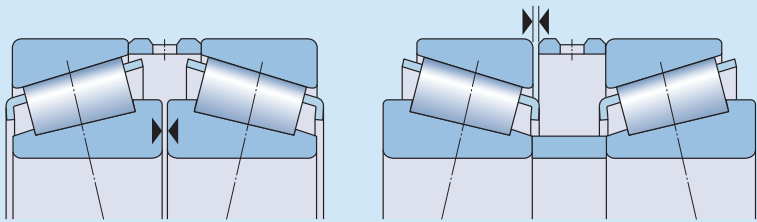
Folga interna axial de rolamentos de rolos cilíndricos NJ + HJ



Rolamento		Folga interna axial de rolamentos nas séries									
Diâmetro do furo	Código de tamanho	NJ 2+HJ 2		NJ 3+HJ 3		NJ 4+HJ 4		NJ 22+HJ 22		NJ 23+HJ 23	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm	–	µm									
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	–	–	–	–	–	–	–	–

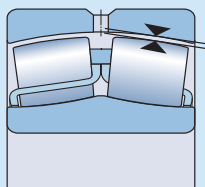
Para rolamentos não incluídos na lista, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação SKF.

Folga interna axial de rolamentos métricos combinados de uma carreira de rolos cônicos



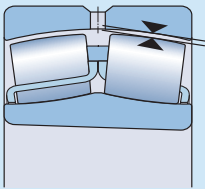
Diâmetro do furo d acima deaté e		Folga interna axial de rolamentos nas séries								331, 302, 322, 332		303, 323		313	
		329		320		330									
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.		
mm		µm													
–	30	–	–	80	120	–	–	100	140	130	170	60	100		
30	40	–	–	100	140	–	–	120	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	–	–	–	–		

Folga interna radial de rolamentos autocompensadores de rolos com furo cilíndrico



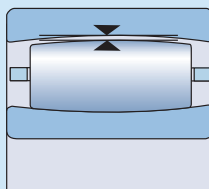
Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna radial C2		Normal		C3		C4		C5	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		µm									
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	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

Folga interna radial de rolamentos autocompensadores de rolos com furo cônico



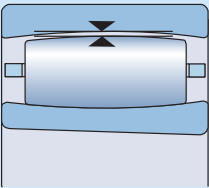
Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna radial C2		Normal		C3		C4		C5	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
mm		μm									
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	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

Folga interna radial de rolamentos de rolos toroidais CARB com furo cilíndrico



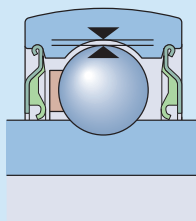
Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna radial C2		Normal		C3		C4		C5	
mm		μm		mín. máx.		mín. máx.		mín. máx.		mín. máx.	
18	24	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
24	30	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
30	40	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
40	50	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
50	65	30	55	50	80	75	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

Folga interna radial de rolamentos de rolos toroidais CARB com furo cônico



Diâmetro do furo d acima de até e		Folga interna radial C2		Normal		C3		C4		C5	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
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

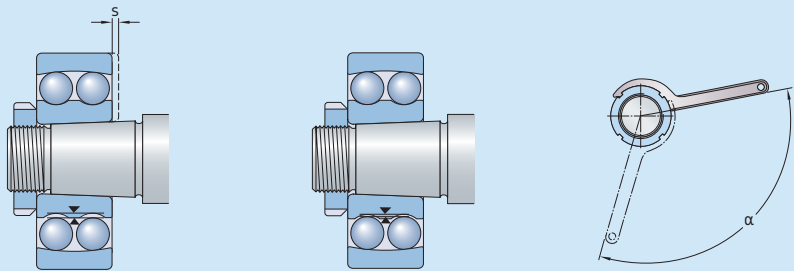
Folga interna radial de rolamentos Y



Tamanho do rolamento ¹⁾		Folga interna radial de rolamentos Y das séries					
acima de	até e	YAT 2, YAR 2, YET 2, YEL 2, YHC 2		YSA 2 K		17262(00)	17263(00)
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
–		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⁾ Por exemplo: o tamanho 06 de rolamentos inclui todos os rolamentos baseados em um rolamento Y 206, como YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F.

Dados de drive-up para rolamentos autocompensadores de esferas com furo cônico



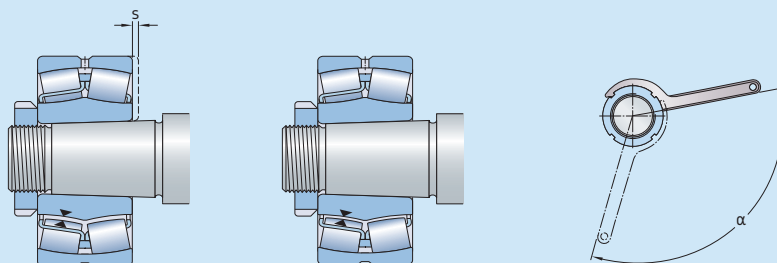
Diâmetro do furo d	Deslocamento axial s ¹⁾	Ângulo de aperto da porca de segurança α
-----------------------	---------------------------------------	---

mm	mm	graus
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

Válido somente para eixos sólidos de aço e aplicações gerais. Os valores listados devem ser usados apenas como diretrizes, uma vez que é difícil estabelecer uma posição inicial exata. Além disso, o drive-up s é ligeiramente diferente entre as diferentes séries de rolamentos.

¹⁾ Não é válido para o Método Drive-up da SKF.

Dados de deslocamento axial para rolamentos autocompensadores de rolos com furo cônico



Diâmetro do furo d		Redução da folga interna radial		Deslocamento axial s ^{1), 2)}				Ângulo de aperto da porca de fixação ²⁾ Cônico 1:12 α
acima de	até e	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
mm		mm		mm				graus
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	1 000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	1 120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	1 250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	1 400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	1 600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	1 800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

A folga residual, após a montagem, é a folga radial antes da montagem reduzida pela redução da folga.
Para rolamentos com folga Normal, a redução máxima da folga pode ser uma folga remanescente muito pequena, dependendo das condições operacionais.

A folga residual, após a montagem, é a folga radial antes da montagem reduzida pela redução da folga.

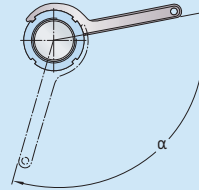
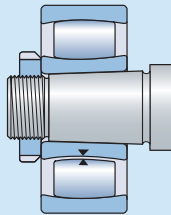
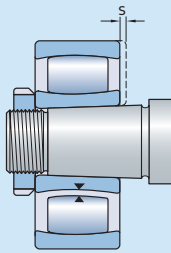
Para rolamentos com folga Normal, a redução máxima da folga pode ser uma folga remanescente muito pequena, dependendo das condições operacionais.

Válido somente para eixos sólidos de aço e aplicações gerais.

¹⁾ Não é válido para o Método Drive-up da SKF.

²⁾ Os valores listados devem ser usados apenas como diretrizes, uma vez que é difícil estabelecer uma posição inicial exata. Além disso, o drive-up axial s é ligeiramente diferente entre as diferentes séries de rolamentos.

Dados de drive-up para rolamentos de rolos toroidais CARB com furo cônico



Diâmetro do furo d		Redução da folga interna radial		Drive-up axial s ^{(1), (2)}				Ângulo de aperto da porca de segurança ²⁾ Cônico 1:12 α
acima de	até e	mín.	máx.	Cônico 1:12		Cônico 1:30		
mm		mm		mm		mm		graus
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	

A folga residual, após a montagem, é a folga radial antes da montagem reduzida pela redução da folga.
Para rolamentos com folga Normal, a redução máxima da folga pode ser uma folga remanescente muito pequena, dependendo das condições operacionais.

A folga residual, após a montagem, é a folga radial antes da montagem reduzida pela redução da folga.

Para rolamentos com folga Normal, a redução máxima da folga pode ser uma folga remanescente muito pequena, dependendo das condições operacionais.

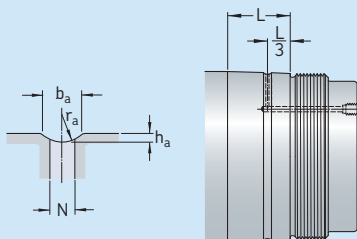
Válido somente para eixos sólidos de aço e aplicações gerais.

¹⁾ Não é válido para o Método Drive-up da SKF.

²⁾ Os valores listados devem ser usados apenas como diretrizes, uma vez que é difícil estabelecer uma posição inicial exata. Além disso, o drive-up axial s é ligeiramente diferente entre as diferentes séries de rolamentos.

Apêndice G-1

Dimensões recomendadas para dutos de suprimento de óleo e ranhuras de distribuição



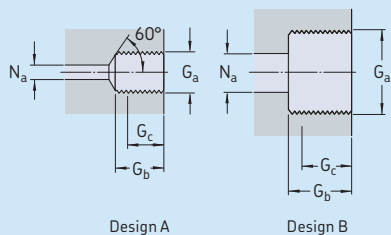
Diâmetro do assento Dimensões

acima de	até e	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	1 000	12	2,5	8	8

L = largura do assento do rolamento

Apêndice G-2

Projeto e dimensões recomendadas dos dutos rosqueados para conectar o suprimento de óleo



Rosca Projeto Dimensões

G_a		G_b	$G_c^{1)}$	N_a máx.
–	–	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⁾ Comprimento rosqueado eficaz

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de esferas

Designação do rolamento	Posição inicial Pressão de óleo para uma superfície deslizante	$P_{ref}^{1)}$ para duas superfícies deslizantes	Posição final Deslocamento axial desde a posição inicial s_s uma superfície duas superfícies deslizantes	Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica Designação	Área do pistão A_{ref}
–	MPa		mm	mm	–	mm ²
Série 12						
1210 EKTN9	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E 2 900
1211 EKTN9	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E 3 150
1212 EKTN9	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E 3 300
1213 EKTN9	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E 3 600
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 KM	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E 6 000
1226 KM	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E 6 400
Série 13						
1310 EKTN9	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10E 2 900
1311 EKTN9	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11E 3 150
1312 EKTN9	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12E 3 300
1313 EKTN9	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13E 3 600
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 KM	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22E 5 600
Série 22						
2210 EKTN9	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E 2 900
2211 EKTN9	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E 3 150
2212 EKTN9	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E 3 300
2213 EKTN9	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E 3 600
2215 EKTN9	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E 4 000
2216 EKTN9	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 KM	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 KM	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E 5 600
Série 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
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV 15E 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 KM	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⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ Método Drive-up da SKF, página 57).

Apêndice H-2

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de rolos

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial		Posição final		Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica	
	Pressão de óleo para uma superfície deslizante	P_{ref} ²⁾ para duas superfícies deslizantes	Deslocamento axial desde a posição inicial s_a para uma superfície deslizante	para duas superfícies deslizantes		Designação	Área do pistão A_{ref}
—	MPa		mm		mm	—	mm ²
Série 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
Série 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⁾ Para rolamentos autocompensadores de rolos grandes não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ *Método Drive-up da SKF*, página 57).

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de rolos

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial		Posição final		Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica	Área do pistão A_{ref}
	Pressão de óleo P_{ref} ²⁾ para uma superfície deslizante	duas superfícies deslizantes	Deslocamento axial desde a posição inicial s_e para uma superfície deslizante	duas superfícies deslizantes		Designação	
–	MPa		mm			–	mm ²
Série 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
Série 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⁾ Para rolamentos autocompensadores de rolos grandes não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ *Método Drive-up da SKF*, página 57).

Apêndice H-2

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de rolos

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial		Posição final		Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica Designação	Área do pistão A_{ref}
	Pressão de óleo P_{ref} ²⁾ para uma superfície deslizante	duas superfícies deslizantes	Deslocamento axial desde a posição inicial s_e para uma superfície deslizante	duas superfícies deslizantes			
–	MPa		mm			–	mm ²
Série 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
Série 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 CACK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CACK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CACK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CACK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CACK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CACK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CACK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CACK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ Para rolamentos autocompensadores de rolos grandes não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ *Método Drive-up da SKF, página 57*).

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de rolos

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial		Posição final		Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica	
	Pressão de óleo para uma superfície deslizante	$P_{ref}^{2)}$ para duas superfícies deslizantes	Deslocamento axial desde a posição inicial s_z para uma superfície deslizante	Deslocamento axial desde a posição inicial s_z para duas superfícies deslizantes		Designação	Área do pistão A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm ²
Série 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
Série 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⁾ Para rolamentos autocompensadores de rolos grandes não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ *Método Drive-up da SKF, página 57*).

Apêndice H-2

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos autocompensadores de rolos

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial		Posição final			Porca hidráulica	
	Pressão de óleo P_{ref} ²⁾ para uma superfície deslizante	duas superfícies deslizantes	Deslocamento axial desde a posição inicial s_2 para uma superfície deslizante	duas superfícies deslizantes	Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Designação	Área do pistão A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm ²
Série 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
Série 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 16E	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⁾ Para rolamentos autocompensadores de rolos grandes não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ Método Drive-up da SKF, página 57).

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos de rolos toroidais CARB

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial		Posição final		Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica	Área do pistão
	Pressão de óleo para uma superfície deslizante	$P_{ref}^{2)}$ para duas superfícies deslizantes	Deslocamento axial desde a posição inicial s_z para uma superfície deslizante	Deslocamento axial desde a posição inicial s_z para duas superfícies deslizantes		Designação	
–	MPa		mm			–	A_{ref} mm ²
Série 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							
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							
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							
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
Série 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							
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
Série 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 KMB							
C 3030 KMB	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							
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							
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 KM	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 KM	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 KM							
C 3068 KM	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 KM	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 KM	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 KM	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ Para rolamentos de rolos toroidais CARB não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ *Método Drive-up da SKF*, página 57).

Apêndice H-3

Método Drive-up da SKF – valores de referência para a pressão de óleo e o deslocamento axial necessários para montagem de rolamentos de rolos toroidais CARB

Designação do rolamento ¹⁾	Posição inicial Pressão de óleo $P_{ref}^{2)}$ para uma superfície deslizando		Posição final Deslocamento axial desde a posição inicial s_0 para uma superfície deslizando		Redução da folga radial desde a posição zero Δ_r	Porca hidráulica Designação	Área do pistão A_{ref}
–	MPa		mm			–	mm ²
Série 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 KM	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
C 3168 KM	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3172 KM	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 KM	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 KM	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
Série 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
Série C 40							
C 4010 K30TN9	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30V	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30V	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30V	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30MB	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 4024 K30V	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 K30V	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30V	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 K30V	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4036 K30V	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4038 K30V	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30V	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30V	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30M	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
série C 41							
C 4120 K30V/VE240	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30V	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30V	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30V/VE240	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
C 4128 K30V/VE240	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4130 K30V	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30V	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30V	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
C 4136 K30V	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30V	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500

¹⁾ Para rolamentos de rolos toroidais CARB não especificados na tabela, entre em contato com o serviço de engenharia de aplicação da SKF.

²⁾ Os valores listados são válidos para a porca hidráulica indicada. Se outra porca hidráulica for utilizada, a pressão de óleo precisa ser ajustada (→ *Método Drive-up da SKF*, página 57).

Equivalentes de viscosidade
Comparação entre diversos métodos de classificação da viscosidade

Viscosidades cinemáticas

mm²/s a
40 °C
(105 °F)

mm²/s a
100 °C
(210 °F)

ISO VG

Graus
AGMA

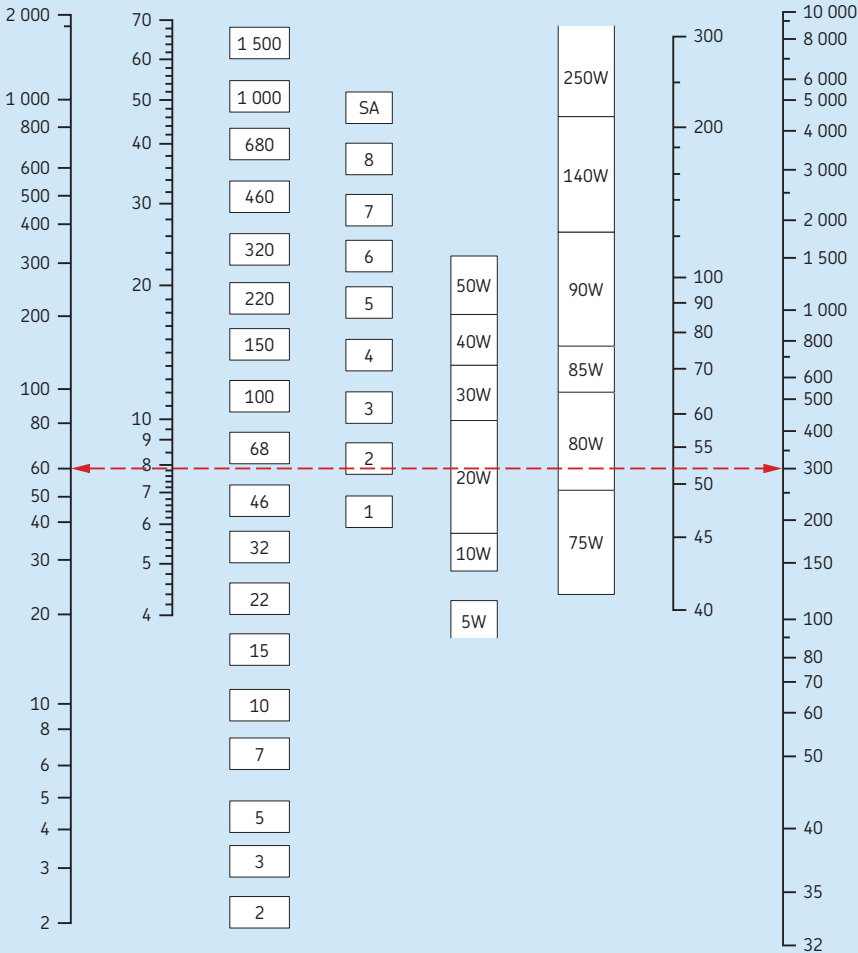
Graus SAE
de óleos para
cárter

Graus SAE
de óleos para
engrenagem

Viscosidades Saybolt

SUS/210 °F
(100 °C)

SUS/100 °F
(38 °C)



As viscosidades baseiam-se em óleos do grau 95 VI. Os graus ISO são especificados a 40 °C (105 °F). Os graus AGMA são especificados a 100 °F (38 °C).
SAE 75W, 80W, 85W, e 5 e 10W são especificados em baixa temperatura (abaixo de -17 °F (-25 °C)).
Estão indicadas as viscosidades equivalentes para 100 °F (38 °C) e 210 °F (100 °C). SAE 90 a 250 e 20 a 50 são especificados a 210 °F (100 °C).

Apêndice I-2

Graus de viscosidade ISO

Grau de viscosidade ISO	Viscosidade cinemática a 40 °C (105 °F)		
	média	min.	máx.
–	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

Visão geral das ferramentas e produtos de montagem SKF

A SKF oferece grande variedade de ferramentas e produtos de montagem. Para obter informações adicionais, visite www.mapro.skf.com.

Kit de ferramentas para montagem de rolamentos



Chave para porcas de fixação de rolamentos



Ferramentas para manuseio de rolamentos



Luvas resistentes a operação/calor/óleo



Aquecedores de indução



Aquecedores portáteis de indução



Pontos elétricos aquecidos



Fluido de montagem



Bombas hidráulicas



Porcas hidráulicas



Injetores de óleo



Bombas hidráulicas acionadas a ar



Calibradores de folga



Indicador SensorMount



Agente anticorrosão por contato



Visão geral sobre equipamentos de alinhamento SKF

A SKF oferece uma ampla variedade de equipamentos de alinhamento. Para obter informações adicionais, visite www.mapro.skf.com e www.skf.com/services.

Ferramentas de alinhamento de eixos



Ferramentas para alinhamento de polias



Calços para alinhamento



Elementos do SKF Vibracon SM



Visão geral das ferramentas e produtos de lubrificação SKF

A SKF oferece uma ampla variedade de produtos de lubrificação. Para obter informações adicionais, visite www.mapro.skf.com.

SKF oferece também uma variedade de sistemas de lubrificação centralizados. Para obter informações adicionais, visite www.skf.com/lubrication.

Graxas para rolamento e óleos para corrente



Aplicadores de graxa e pistolas de graxa



Bombas de preenchimento de graxa



Aplicadores para rolamentos



Recipientes para manuseio de óleo



Medidores de graxa



Lubrificadores automáticos de um único ponto



Lubrificadores automáticos de pontos múltiplos



Luvas resistentes a graxa



Conexões de graxa



Niveladores de óleo



SKF Lubrication Planner e pinos e etiquetas para graxeiros



Kits para teste de graxa



Graxeiras compactas



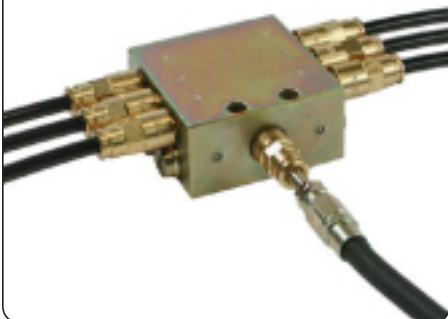
Bombas de pistão acionadas por bateria KFAS



Bomba de pistão com alimentador de bloco PF-VPBM



Auxílios de lubrificação com distribuidor de dosagem



LGMT 2

Graxa de uso geral para rolamentos industriais e automotivos da SKF

LGMT 2 é uma graxa à base de óleo mineral com espessante de sabão de lítio com excelente estabilidade térmica em sua faixa de temperaturas de operação. Essa graxa de qualidade superior e uso geral é adequada para uma ampla variedade de aplicações industriais e automotivas.

Características

- excelente estabilidade à oxidação
- boa estabilidade mecânica
- excelentes propriedades de resistência à água e de inibição de ferrugem

Aplicações recomendadas

- equipamentos agrícolas
- rolamentos de rodas automotivas
- transportadores
- motores elétricos pequenos
- ventiladores industriais

LGMT 3

Graxa de uso geral para rolamentos industriais e automotivos da SKF

LGMT 3 é uma graxa à base de óleo mineral com espessante de sabão de lítio. Essa graxa de qualidade superior e uso geral é adequada para uma ampla variedade de aplicações industriais e automotivas.

Características

- excelentes propriedades de inibição de ferrugem
- alta estabilidade à oxidação dentro da sua faixa de temperaturas recomendada

Aplicações recomendadas

- rolamentos com diâmetro de furo > 100 mm
- rotação do anel externo do rolamento
- aplicações de eixos verticais
- temperaturas ambientes continuamente altas >35 °C (95 °F)
- eixos propulsores
- equipamentos agrícolas
- rolamentos para rodas de carros, caminhões e reboques
- motores elétricos de grande porte

LGEP 2

Graxa SKF para carga pesada e pressão extrema para rolamentos

LGEP 2 é uma graxa à base de óleo mineral com espessante de sabão de lítio e aditivos para pressão extrema. Esta graxa oferece boa lubrificação em temperaturas operacionais, variando de -20 a +110 °C (-5 a +230 °F)

Características

- excelente estabilidade mecânica
- ótimas propriedades de inibição de corrosão
- excelente desempenho em EP

Aplicações recomendadas

- máquinas de papel e celulose
- britadores de garras
- comportas de barragens
- rolamentos de cilindros laminadores na indústria de aço
- máquinas pesadas, peneiras vibratórias
- rodas de guindastes, polias

LGFP 2

Graxa SKF para rolamentos compatível com alimentos

LGFP 2 é uma graxa para rolamentos limpa e atóxica à base de óleo branco medicinal, usando um sabão de complexo de alumínio. Essa graxa é formulada, usando-se somente ingredientes listados na FDA¹⁾ e é autorizada pela NSF²⁾ para serviços na categoria H1³⁾.

Características

- conformidade com todas as legislações existentes, relacionadas à proteção dos alimentos
- alta resistência à exposição à água que a torna adequada para aplicações sujeitas a lavagem frequente com muita água
- graxa com vida útil excelente
- excelente resistência à corrosão
- valor de pH essencialmente neutro

Aplicações recomendadas

- equipamentos de panificação
- equipamentos de processamento de alimentos
- rolamentos para empacadoras múltiplas
- máquinas embaladoras
- rolamentos de transportadores
- máquinas engarrafadoras

¹⁾ Food and Drug Administration (Agência reguladora de alimentos e medicamentos dos EUA)

²⁾ National Sanitation Foundation (Fundação nacional de sanitização dos EUA)

³⁾ Contato acidental com alimentos

LGEM 2

Graxa SKF de alta viscosidade com lubrificantes sólidos para rolamentos

LGEM 2 é uma graxa de qualidade superior, com alta viscosidade, à base de óleo mineral com sabão de lítio contendo dissulfeto de molibdênio e grafite.

Características

- boa lubrificação para a operação de rolamentos sob cargas pesadas e baixa rotação
- lubrificação segura graças à inclusão do dissulfeto de molibdênio e grafite

Aplicações recomendadas

- rolamentos de elementos rolantes operando em baixa rotação e cargas muito altas
- britadores de garras
- máquinas de colocação de trilhos
- rodas para mastros de elevação
- máquinas de construção, como bate-estacas mecânicos, braços de guindastes e ganchos de guindastes

LGEV 2

Graxa SKF de viscosidade extremamente alta com lubrificantes sólidos para rolamentos

LGEV 2 é uma graxa de qualidade superior, com viscosidade extremamente alta, à base de óleo mineral com sabão de lítio-cálcio contendo dissulfeto de molibdênio e grafite.

Características

- excelentes propriedades de lubrificação graças à inclusão do dissulfeto de molibdênio e grafite sólido
- muito adequada para lubrificar rolamentos autocompensadores de rolos de grande porte sujeitos a cargas altas e rotações baixas, situação em que é possível a ocorrência de microdeslizamentos
- extremamente estável do ponto de vista mecânico, oferecendo boa resistência à água e proteção contra corrosão

Aplicações recomendadas

- rolamentos do munhão em tambores rotativos
- rolamentos de suporte e axiais em estufas e secadoras rotativas
- retomadoras de caçamba
- rolamentos de anel giratório
- laminadores de alta pressão
- britadores

LGLT 2

Graxa SKF para baixa temperatura e rotação extremamente alta para rolamentos

LGLT 2 é uma graxa de qualidade superior totalmente à base de óleo sintético que usa sabão de lítio. Sua tecnologia exclusiva de espessante e seu óleo de baixa viscosidade (PAO) oferecem excelente desempenho de lubrificação em baixas temperaturas ($-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-60\text{ }^{\circ}\text{F}$) e velocidades extremamente altas, valores $n\text{ }d_m$ de $1,6 \times 10^6$ podem ser alcançados.

Características

- baixo momento de atrito
- baixo nível de perda de potência
- operação silenciosa
- boa estabilidade à oxidação e resistência à água

Aplicações recomendadas

- eixos-árvore de teares
- eixos-árvore de máquinas-ferramenta
- instrumentos e equipamentos de controle
- pequenos motores elétricos usados em equipamentos médicos e odontológicos
- patins em linha
- cilindros de impressão
- robôs

LGGB 2

Graxa SKF ecológica biodegradável para rolamentos

LGGB 2 é uma graxa biodegradável, de baixa toxicidade à base de óleo éster sintético que usa espessante de lítio-cálcio. Possui excelentes propriedades de lubrificação para ampla gama de aplicações em diversas condições.

Características

- conformidade com regulamentos atuais sobre toxicidade e biodegradabilidade
- bom desempenho em aplicações com rolamentos de rolos e de esferas e rótulas esféricas de aço sobre aço
- bom desempenho de partida em baixas temperaturas
- boas propriedades de inibição de corrosão
- apropriada para cargas de médias a altas

Aplicações recomendadas

- equipamentos agrícolas e florestais
- equipamentos de construção e terraplanagem
- equipamentos de mineração e transporte
- tratamento de água e irrigação
- comportas, barragens, pontes
- articulações, terminais de rótula
- outras aplicações onde a contaminação do meio ambiente é uma preocupação

LGWM 1

Graxa SKF para extrema pressão (EP) e baixa temperatura para rolamentos

LGWM 1 é uma graxa à base de óleo mineral que usa um sabão de lítio e contém aditivos para extrema pressão. Ela é ideal para a lubrificação de rolamentos que operam sob cargas axiais e radiais, por exemplo transportadores de rosca sem fim.

Características

- boa formação de filme de óleo em temperaturas baixas de até $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-20\text{ }^{\circ}\text{F}$)
- boa capacidade de bombeamento em baixas temperaturas
- boa proteção contra corrosão
- boa resistência à água

Aplicações recomendadas

- moinhos de vento
- transportadores de rosca sem fim
- sistemas de lubrificação centralizados
- aplicações de rolamentos axiais autocompensadores de rolos

LGWM 2

Graxa SKF para carga pesada e grande variação de temperatura para rolamentos

LGWM 2 é uma graxa desenvolvida para lubrificação em uma ampla faixa de temperaturas, cargas pesadas e ambientes úmidos. A LGWM 2 é uma graxa à base de óleo mineral sintético que usa a mais recente tecnologia de espessante com sulfonato de cálcio complexo.

A SKF LGWM 2 é adequada para temperaturas baixas de até $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$).

Características

- excelente proteção contra corrosão
- excelente estabilidade mecânica
- excelente capacidade de lubrificação sob cargas altas
- ótima proteção contra resistência à medição do falso brinelamento
- boa capacidade de bombeamento em baixas temperaturas

Aplicações recomendadas

- turbinas eólicas
- aplicações de serviço pesado fora de estrada
- aplicações expostas à neve
- aplicações marítimas
- aplicações de rolamentos axiais autocompensadores de rolos

LGWA 2

Graxa SKF para pressão extrema (EP) e ampla faixa de temperaturas para rolamentos

LGWA 2 é uma graxa de qualidade superior de complexo de lítio à base de óleo mineral para desempenho em extrema pressão (EP). A LGWA 2 tem propriedades que a fazem ser recomendada para ampla variedade de aplicações industriais e automotivas.

Características

- excelente lubrificação em picos de temperatura de até 220 °C (430 °F) por períodos curtos
- proteção de rolamentos de rodas operando em condições adversas
- lubrificação eficaz em condições de umidade
- boa resistência à água e à corrosão
- excelente lubrificação sob altas cargas e baixas rotações

Aplicações recomendadas

- rolamentos de rodas em carros, reboques e caminhões
- máquinas de lavar
- motores elétricos

LGHB 2

Graxa SKF de alta viscosidade para carga pesada e alta temperatura para rolamentos

LGHB 2 é uma graxa de qualidade superior com alta viscosidade à base de óleo mineral que usa a mais recente tecnologia de sabão de sulfonato de cálcio complexo. Essa graxa não contém aditivos e as propriedades para extrema pressão baseiam-se na estrutura do sabão.

Características

- excelentes propriedades antioxidantes e anticorrosivas
- bom desempenho em EP em aplicações sujeitas a cargas pesadas

Aplicações recomendadas

- rótulas de aço sobre aço
- máquinas de celulose e papel
- peneiras vibratórias para asfalto
- máquinas de fundição contínua
- rolamentos autocompensadores de rolos vedados operando em até 150 °C (300 °F)
- suporta picos de temperatura de 200 °C (390 °F)
- rolamentos de cilindros laminadores na indústria de aço
- rolos de mastro de empilhadeiras

LGHP 2

Graxa SKF de alto desempenho para alta temperatura para rolamentos

LGHP 2 é uma graxa qualidade superior à base de óleo mineral que usa um moderno espessante de poliureia (diureia). É adequada para rolamentos de esferas (e de rolos) que precisam operar de maneira extremamente silenciosa em ampla faixa de temperaturas de -40 a $+150$ °C (-40 a $+300$ °F), com rotações de médias a altas.

Características

- vida extremamente longa em altas temperaturas
- ampla faixa de temperaturas
- excelente proteção contra corrosão
- alta estabilidade térmica
- bom desempenho de partida em baixas temperaturas
- compatibilidade com graxas de poliureia comuns
- compatibilidade com graxas que têm complexo de lítio como espessante
- características de baixo ruído
- muito boa estabilidade mecânica

Aplicações recomendadas

- motores elétricos: pequenos, médios e grandes
- ventiladores industriais, incluindo ventiladores de alta rotação
- bombas de água
- rolamentos em máquinas têxteis, de processamento de papel e secadoras
- aplicações com rolamentos de esferas para alta rotação operando em temperaturas médias e altas
- rolamentos de liberação de embreagem
- vagões e rolos de estufas
- aplicações de eixos verticais

LGET 2

Graxa SKF para condições extremas e alta temperatura para rolamentos

LGET 2 é uma graxa de qualidade superior, à base de óleo fluorado sintético, utilizando um espessante PTFE. Ela possui excelentes propriedades de lubrificação em temperaturas extremamente altas de 200 a 260 °C (300 a 500 °F).

Características

- vida longa em ambientes agressivos, como ambientes muito reativos ou áreas com presença de oxigênio gasoso de alta pureza ou hexano
- excelente resistência à oxidação
- boa resistência à corrosão
- excelente resistência à água e vapor

Aplicações recomendadas

- equipamentos de panificação (fornos)
- rodas de vagões de estufas
- rolamentos de carga em máquinas copiadoras
- máquinas de assar wafer
- secadoras têxteis
- tênders de tensionamento de filmes
- motores elétricos operando em temperaturas extremas
- ventiladores de emergência / ar quente
- bombas de vácuo

Quadro de escolha de graxa de rolamento da SKF							
Designação	Temp.	Rotação	Carga	Descrição	Faixa de temperaturas ¹⁾ LTL HTPL	Espressante/ óleo base	Viscosidade do óleo base ²⁾
–	–	–	–	–	°C (°F)	–	mm ² /s
LGMT 2	M	M	L a M	Uso geral industrial e automotivo	–30 (–20) +120 (+250)	Sabão de lítio / óleo mineral	110
LGMT 3	M	M	L a M	Uso geral industrial e automotivo	–30 (–20) +120 (+250)	Sabão de lítio / óleo mineral	120
LGEP 2	M	L a M	H	Pressão extrema	–20 (–5) +110 (+230)	Sabão de lítio / óleo mineral	200
LGFP 2	M	M	L a M	Compatível com alimentos	–20 (–5) +110 (+230)	Complexo de alumínio / óleo branco medicinal	130
LGEM 2	M	VL	H a VH	Alta viscosidade com lubrificantes sólidos	–20 (–5) +120 (+250)	Sabão de lítio / óleo mineral	500
LGEV 2	M	VL	H a VH	Viscosidade extremamente alta com lubrificantes sólidos	–10 (+15) +120 (+250)	Sabão de lítio-cálcio / óleo mineral	1 020
LGLT 2	L a M	M a EH	L	Baixa temperatura, velocidade extremamente alta	–50 (–60) +110 (+230)	Sabão de lítio / óleo PAO	18
LGGB 2	L a M	L a M	M a H	Biodegradável ecológico, baixa toxicidade ³⁾	–40 (–40) +90 (+195)	Sabão de lítio-cálcio / óleo éster sintético	110
LGWM 1	L a M	L a M	H	Pressão extrema, baixa temperatura	–30 (–20) +110 (+230)	Sabão de lítio / óleo mineral	200
LGWM 2	L a M	L a M	M a H	Carga pesada, temperatura ampla	–40 (–40) +110 (+230)	Sulfonato de cálcio complexo / óleo sintético (PAO)/mineral	80
LGWA 2	M a H	L a M	L a H	Temperatura ampla ⁴⁾ , pressão extrema	–30 (–20) +140 (+285)	Sabão complexo de lítio / óleo mineral	185
LGHB 2	M a H	VL a M	H a VH	Alta viscosidade EP, alta temperatura ⁵⁾	–20 (–5) +150 (+300)	Sulfonato de cálcio complexo / óleo mineral	400
LGHP 2	M a H	M a H	L a M	Graxa poliureia de alto desempenho	–40 (–40) +150 (+300)	Diureia / óleo mineral	96
LGET 2	VH	L a M	H a VH	Temperatura extrema	–40 (–40) +260 (+500)	PTFE/óleo sintético (poliéter fluorado)	400

VL = muito baixa, L = baixa, M = moderada, H = alta, VH = muito alta, EH = extremamente alta

1) LTL = limite de temperatura baixa, HTPL = limite de desempenho para alta temperatura

2) mm²/s a 40 °C (105 °F) = cSt

3) LGGB 2 pode suportar picos de temperatura de 120 °C (250 °F)

4) LGWA 2 pode suportar picos de temperatura de 220 °C (430 °F)

5) LGHB 2 pode suportar picos de temperatura de 200 °C (400 °F)

Eixo vertical	Rápida rotação do anel externo	Movimentos oscilantes	Vibração severa	Cargas de choque ou partidas frequentes	Baixo nível de ruído	Baixo atrito	Propriedades inibidoras de ferrugem
-	-	-	-	-	-	-	-
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

Símbolos: + Recomendado
0 Adequado
- Inadequado

Visão geral dos instrumentos básicos de monitoramento de condições da SKF

A SKF oferece uma ampla variedade de instrumentos básicos para monitoramento de condições. Para obter mais informações, visite www.mapro.skf.com ou www.skf.com/cm.

Para obter informações sobre instrumentos avançados para monitoramento de condições, visite www.skf.com/cm.

Dispositivos termográficos



Termômetros



Estetoscópios eletrônicos



Endoscópios



Estroboscópios



Monitores da condição do óleo



Tacômetros



Medidores de pressão sonora



Detectores de vazamentos por ultrassom



SKF Machine Condition Advisor





Visão geral das ferramentas e produtos de desmontagem SKF

A SKF oferece uma ampla variedade de ferramentas para desmontagem. Para obter mais informações, visite www.mapro.skf.com.

Extratores mecânicos



Extratores hidráulicos



Extratores com garras para serviço pesado



Placas extratoras



Kits de extratores internos de rolamentos



Tabela de conversão de unidades

Quantidade	Unidade	Conversão			
Comprimento	polegada	1 mm	0.03937 pol.	1 pol.	25,40 mm
	pé	1 m	3.281 pés	1 pé	0,3048 m
	jarda	1 m	1.094 jarda	1 jarda	0,9144 m
	milha	1 km	0.6214 milha	1 milha	1,609 km
Área	polegada quadrada	1 mm ²	0.00155 pol. quadrada	1 pol. quadrada	645,16 mm ²
	pé quadrado	1 m ²	10.76 pés quadrados	1 pé quadrado	0,0929 m ²
Volume	polegada cúbica	1 cm ³	0.061 pol. cúbica	1 pol. cúbica	16,387 cm ³
	pé cúbico	1 m ³	35 pés cúbicos	1 pé cúbico	0,02832 m ³
	galão imperial	1 l	0.22 galão	1 galão	4,5461 l
	galão americano	1 l	0.2642 galão americano	1 galão americano	3,7854 l
Velocidade	pés por segundo	1 m/s	3.28 pés/s	1 pé/s	0,30480 m/s
	milhas por hora	1 km/h	0.6214 milhas/hora (mph)	1 milha/hora (mph)	1,609 km/h
Massa	onça	1 g	0.03527 onça	1 onça	28,350 g
	libra	1 kg	2.205 libras	1 libra	0,45359 kg
	tonelada curta	1 tonelada	1.1023 tonelada curta	1 tonelada curta	0,90719 tonelada
	tonelada longa	1 tonelada	0.9842 tonelada longa	1 tonelada longa	1,0161 tonelada
Densidade	libras por polegada cúbica	1 g/cm ³	0.0361 libra/pol. cúbica	1 libra/pol. cúbica	27,680 g/cm ³
Força	libra-força	1 N	0.225 libra-força	1 libra-força	4,4482 N
Pressão, tensão	libras por polegada quadrada	1 MPa	145 libra por pol. quadr.	1 libra por pol. quadr.	6,8948 × 10 ³ Pa
Momento	polegada libra-força	1 Nm	8.85 pol. libra-força	1 pol. libra-força	0,113 Nm
Potência	pés-libra por segundo	1 W	0.7376 pé-libra por segundo	1 pé-libra por seg.	1,3558 W
	cavalo-vapor	1 kW	1.36 HP	1 HP	0,736 kW
Temperatura	graus	Celsius	t _C = 0,555 (t _F - 32)	Fahrenheit	t _F = 1,8 t _C + 32

Índice

@
@ptitude Exchange Consulte SKF @ptitude Exchange

- A**
aço estampado 100
 para desmontar caixas de mancal flangeadas 282
 para desmontar um rolamento em um assento de eixo cilíndrico 256–257
 para desmontar um rolamento em um assento de eixo cônico 260
aço fundido 126
adesivo anti-oxidante
 na graxa 184
 no óleo 203
 aditivo anti-desgaste
 na graxa 184
 no óleo 203, 207
aditivo antiespumante 203
aditivo anti-ferrugem
 na graxa 184
 no óleo 203
aditivos
 compatibilidade com materiais 188–189, 202, 207, 210
 na graxa 184
 no óleo 203
 nos sistemas de lubrificação centralizados 212
aditivos EP Consulte aditivos para extrema pressão
aditivos para extrema pressão
 compatibilidade com materiais 202, 207
 na graxa 184
 no óleo 203, 207
aditivos sólidos
 na graxa 184
 no óleo 203
 nos sistemas de lubrificação centralizados 213
agente anticorrosão por contato 49
agitação
 causada por excesso de graxa 190, 199
 causada por vibração 194
 gerando vazamento de lubrificante 222
 solução de problemas 236
água
 contaminação 181, 187, 212
 danos no rolamento 317–318
 resistência da graxa 183, 185, 188
 teor no óleo 210–211
água salgada 185
ajuste de rolamentos
 rolamentos de esferas de contato angular 74–77
 rolamentos de rolos cônicos 84–88
 solução de problemas 245
ajustes
 ajustes resultantes 338–381
 condições problemáticas 241–242, 246
 danos no rolamento 300–302
 para caixas de mancal 336–337
 para eixos 334–336
 seleção 32–34
ajustes recomendados Consulte ajustes
ajustes resultantes
 para caixas de mancal (métrico) 350–359
 para caixas de mancal (polegada) 372–381
 para eixos (métrico) 338–349
 para eixos (polegada) 360–371
alinhamento 158–177
 de acionamentos deslocados 175
 de correias 176–177
 de eixos 167–174
 de máquinas 161–166
 equipamentos SKF 419
alinhamento da máquina 161–166
alinhamento de correias 176–177
alinhamento de eixo cardan Consulte alinhamento de acionamentos deslocados
alinhamento de eixos 167–174
 convenções para medição 167–168
 métodos 170–173
 tolerâncias 169
alinhamento de face 176–177
alinhamento de polias Consulte alinhamento de correias
alinhamento de ranhura 176–177
alinhamento do acionamento deslocado 175
amaciação 191
amassados Consulte entalhes
Análise das necessidades do cliente Consulte Análise das necessidades do cliente da SKF
Análise das necessidades do cliente da SKF 328
 análise de falha Consulte danos do rolamento
anéis de aquecimento Consulte anéis de aquecimento de alumínio
anéis de aquecimento de alumínio
 para desmontar rolamentos 255, 258–259
 para montar rolamentos 69, 81
anéis de fixação 132
anéis de retenção 91
anéis espaçadores 134
anéis espaçadores 91, 151
anéis estabilizadores Consulte anéis de fixação
anéis FRB Consulte anéis de fixação
anéis o 39
Anéis V-ring
 instalação em caixas de mancais 135
 instalação sobre um eixo 157
 remoção 286
anéis/buchas de impacto 146
anel de coleta Consulte anel de coleta de óleo
anel de coleta de óleo 207–208
anel externo rotativo
 ajuste do intervalo de relubrificação 195
 aplicação em rodas 87–88
 condições de carga 32
 padrões de trajetória 293
anel interno estacionário 293
ângulo de aperto da porca de segurança 55
 valores para rolamentos autocompensadores de esferas 402
 valores para rolamentos autocompensadores de rolos 403
 valores para rolamentos de rolos toroidais CARB 404
aplicações com oscilação 207
aplicações para temperatura extrema 182
aquecedores de indução
 para desmontar rolamentos 255, 259

- para instalar buchas de desgaste 152
- para montar rolamentos 69, 82
- ar comprimido 226
- armazenagem
 - dano no rolamento 308
 - de lubrificantes 42–43
 - de rolamentos 41
 - de vedações de elastômero 42
- arranjos de rolamento ajustados 31
- fixação axial 37–38
- arranjos de rolamentos
 - em caixas de mancal 127, 132
 - terminologia 11
 - tipos 30–31
- arranjos de rolamentos fixos 30–31
- arranjos de rolamentos livres 30–31
- arranjos de vedações 39–40
 - condições problemáticas 238
- arruelas
 - para caixas de mancal 131
 - para unidades de rolamento 101
- arruelas de vedação 156
- arruelas espaçadoras 156
- assentos Consulte assentos de rolamento
- assentos de eixos cilíndricos
 - desmontagem de rolamentos 256–259
 - formulário de medição 48
 - montagem de rolamentos 53
 - precisão de forma e posição 386
- assentos de eixos cônicos
 - desmontagem de rolamentos 259–264
 - formulário de medição 48
 - montagem de rolamentos 54–56
- assentos de rolamento
 - danos no rolamento 302–303
 - dimensões de filetes de alívio 387
 - requisitos de precisão 35–36, 386
 - rugosidade superficial 36, 387
 - verificação da precisão 47–49
- associada à base 167, 175

B

- banho de óleo 208
 - amostragem de óleo 210
 - condições problemáticas 236–237
 - intervalo de troca do óleo 209
 - para aquecer rolamentos 71
- barragem de espuma 165
- barras senoidais 47
- batimento circular 36
 - tolerâncias para assentos de rolamento 386
- bombas
 - guia de seleção 72
 - para o Método Drive-up da SKF 56
- bombas hidráulicas
 - guia de seleção 72
 - para o Método Drive-up da SKF 56
- borracha acrílica 201
- borrachas de acrilonitrila-butadieno
 - sufixos de designação de rolamentos 24–25
 - sufixos de designação de vedações 145
- buchas de desgaste 152–153
- buchas de desgaste de diâmetro grande 225
 - instalação 152–153
- buchas de desmontagem
 - desmontagem de rolamentos 264–267
 - montagem de rolamentos (método de injeção óleo) 62–66
 - montagem de rolamentos (Método Drive-up da SKF) 57–61
- buchas de fixação
 - desmontagem de caixas de mancal flangeadas 282
 - desmontagem de rolamentos 260–264
 - montagem de rolamentos (método de injeção óleo) 62–66
 - montagem de rolamentos (Método Drive-up da SKF) 57–61
- buchas de guia Consulte buchas de montagem
- buchas de montagem
 - para instalar vedações 150
 - para montar rolamentos de rolos cilíndricos 81–84
- bujões Consulte tampas de fechamento

C

- caixas de mancal
 - desmontagem 278–283
 - engraxamento na instalação inicial 190
 - identificação 27
 - montagem 122–139
 - terminologia 11
 - tipos e projetos 125–127
- caixas de mancal
 - desmontagem 280–281
 - montagem de caixas de mancal SONL 137–139
 - montagem de mancais SNL 134–136
 - tipos e projetos 125–126
- caixas de mancal Consulte caixas de mancal
- caixas de mancal bipartidas Consulte caixas de mancal
- caixas de mancal compensadoras 125–126
- caixas de mancal flangeadas
 - desmontagem 282–283
 - tipos e projetos 125–126
- caixas de mancal inteiriças 126
- caixas de mancal SNL Consulte caixas de mancal
- caixas de mancal SONL Consulte caixas de mancal
- calçamento 163
- calços 164
 - calços Consulte calços para máquinas
- calços para máquinas 163–164
 - condições problemáticas 241
 - na série TMS 164
 - para ajustar rolamentos de esferas de contato angular 74–75
 - para ajustar rolamentos de rolos cônicos 85
 - para caixas de mancais 130
 - para evitar pré-carga axial 244
 - para unidades de rolamento 101
- calibradores anel 47
- calibradores cônicos 47–48
- calibradores de folga
 - para alinhamento de correias 176
 - para alinhamento de eixos 170
 - para medir a folga interna 52
 - para medir a redução da folga 55
 - para verificação de pé manco 162
- calor
 - monitoramento de condições 221
 - solução de problemas 233
- carga axial
 - cargas induzidas 241, 243–244, 301, 320
 - padrões de trajetória 294–295
- carga de choque
 - ajuste do intervalo de relubrificação 195
 - danos no rolamento 248, 308
 - requisitos de aditivos 207
- carga estacionária 32
- carga rotativa 32
 - solução de problemas 243
- cargas induzidas 301, 320
 - solução de problemas 241, 243–244
- Cartões de conscientização do chão de fábrica 330
- centro de rotação 167
- chapas quentes elétricas 68
- chaves allen 102
- chaves de gancho 102–103
- chaves de torque Consulte chaves allen
- chaves sextavadas Consulte chaves allen
- cilindricidade 36, 386
- cinemática
 - cálculo 204–206
 - condições problemáticas 246, 249
 - de óleo 203
 - de óleo base na graxa 185
 - equivalentes 414
- CircOil Consulte SKF CircOil
- classes de tolerância Consulte ISO, classes de tolerância
- classificação de filtro 212
- classificação EMCOR Consulte classificação SKF EMCOR
- classificação SKF EMCOR 188
- classificação SKF V2F 188
- classificação V2F Consulte classificação SKF V2F
- código de tamanho 22

colar cilíndrico de fixação 94–95
montagem de unidades de rolamento 119–120
valores de torque de aperto 102

colar excêntrico de fixação 94–95
desmontagem de unidades de rolamento 273
montagem de unidades de rolamento 106–108
valores de torque de aperto 102

colocação de calços Consulte calçamento

compatibilidade
entre espessantes 201
entre óleos base 201
graxa 200–202
óleo 210

componentes associados
dimensões para dutos, ranhuras e furos 405
engraxamento na instalação inicial 188
preparativos 49
verificação da precisão 47–49

compressão Consulte deformação circular

conceito de semáforo Consulte conceito de semáforo da SKF

conceito de semáforo da SKF 186–187

ConCentra Consulte SKF ConCentra

condições de rotação 32

cones calibrados
para alinhamento de correias 176
para alinhamento de eixos 170

conexões de graxa
para abastecimento de graxa 195
posição em caixas de mancal 133, 196

confiabilidade de ativos 326–329

confiabilidade direcionada pelo operador 219, 330

conjuntos de rolamentos combinados 76

conservante inibidor de ferrugem 188
compatibilidade com graxas 189, 202
remoção 202

conservantes
compatibilidade 189, 202
remoção de rolamentos novos 47, 202

consistência 185
teste de desempenho da graxa 188

contagem de partículas 212

contaminação
ajuste do intervalo de relubrificação 195
avanço do dano do rolamento 231
causando desgaste abrasivo 314–315
causando entalhes 316
classificação ISO 212
contaminantes 211–212
solução de problemas 245–246, 249–250

contaminantes líquidos 212
solução de problemas 246, 250

contaminantes sólidos 211–212
solução de problemas 245, 249

contato metal-metal
causando desgaste adesivo 312
prevenção 183, 202
solução de problemas 233–234, 237, 246, 249

contratos de serviço de campo 330

corrente elétrica
condições problemáticas 249–250
dano causado por fuga de corrente 321–322
dano causado por tensão excessiva 307

corrosão 298–299
corrosão pela umidade 308, 317–318
corrosão por atrito 302–303, 308, 319
corrosão por atrito 298–299
corrosão por contato 298–299, 302–303
resistência à medição do falso Brinell 308, 319

corrosão por contato 298–299
causada por ajustes incorretos 300
causada por assentos defeituosos 302–303
remoção 226
teste de desempenho da graxa 188

corrosão por umidade 298–299
causada por transporte ou armazenagem incorretas 308
causada por vedação ineficiente 317–318
solução de problemas 250

crateras 321–322

cubos Consulte cubos de roda

cubos de rodas 87–88

Custo total de propriedade 329

D

dano na superfície 233–235

dano por impacto
causado por práticas de montagem inadequadas 248, 305
causado por transporte ou armazenagem incorretas 308

dano por transporte 308

danos no rolamento 288–323
causas 230–231, 298
classificação ISO 298
operacional 309–322
pré-operacional 300–308
sintomas 232–235

deformação circular 241
causada por assentos defeituosos 302–303
padrões de trajetória 296–297
solução de problemas 241

deformação plástica 298–299
entalhes 305–306, 316
sobrecarga 305, 308

desalinhamento
danos no rolamento 304, 320
de acionamentos deslocados 175
de correias 176–177
de eixos 167–169
de vedações externas 238
em unidades de rolamento de esferas com fixação por cavilha rosca 104, 106
em unidades de rolamento de esferas com um colar excêntrico de fixação 106, 108
em unidades de rolamento de esferas com uma bucha de fixação 110
em unidades de rolamento de esferas SKF ConCentra 112, 114
em unidades de rolamento de rolos com um colar cilíndrico de fixação 119
em unidades de rolamento de rolos SKF ConCentra 116, 118
frequências de vibração 222–223
padrões de trajetória 296–297

desbalanceamento 223

desbalanceamento 243, 246

desgaste 298–299
abrasivo 300–301, 313, 314–315
adesivo 301, 312
desgaste abrasivo 298–299
causado por ajustes incorretos 300–301
causado por lubrificação ineficiente 313
causado por vedação ineficiente 314–315

desgaste adesivo 298–299
causado por ajustes incorretos 301
causado por lubrificação ineficiente 312

desgaste por polimento
causado por ajustes incorretos 300–301
causado por vedação ineficiente 315

designações
para caixas de mancal 125–129
para rolamentos 22–25
para unidades de rolamento 96–100
para vedações 143–145

deslizamento Consulte marcas na superfície

deslocamento axial 30–31
considerações sobre a seleção do ajuste 34
em caixas de mancal 132
medição do drive-up axial 56–57
para rolamentos de rolos toroidais CARB 91
valores para o Método Drive-up da SKF 406–413

desmontagem a quente Consulte desmontagem de rolamentos, com calor

desmontagem de caixas de mancal 278–283
caixas de mancal bipartidas 280–281
caixas de mancal flangeadas 282–283
preparativos 278

desmontagem de rolamentos 254–269
com uma bucha de fixação 260–264
com uma luva de desmontagem 264–267
de um assento de eixo cilíndrico 256–259

de um assento de eixo cônico 259–260
 de uma caixa de mancal sólida 267–269
 ferramentas 255, 435–436
 métodos 255
 preparativos 254
 quando o rolamento estiver danificado 291
 usando calor 258–259, 269
 desmontagem de unidades de rolamento 270–277
 com fixação por cavilha rosca 272
 com fixação SKF ConCentra 275–277
 com um colar de fixação excêntrico 273
 com uma bucha de fixação 274
 ferramentas 270
 preparativos 271
 desmontagem de vedações Consulte remoção de vedações
 diferença de temperatura
 condições problemáticas 240
 considerações sobre a seleção do ajuste 33
 considerações sobre alinhamento 161
 entre os anéis interno e externo 221
 direção da carga indeterminada 32
 disposição em X Consulte arranjos de rolamento ajustados
 disposições de rolamentos em O
 ajuste de rolamentos de esferas de contato angular 76–77
 ajuste de rolamentos de rolos cônicos 86–88
 disposições de rolamentos em X
 ajuste de rolamentos de esferas de contato angular 74–75
 ajuste de rolamentos de rolos cônicos 84–85
 dispositivo de elevação 50, 68
 dissulfeto de molibdênio
 na graxa 183
 para montar rolamentos 62
 distribuições da carga
 considerações sobre a seleção do ajuste 32
 padrões de trajetória 292–297
 Distribuidores autorizados SKF 331
 drive-up Consulte drive-up axial
 drive-up axial
 condições problemáticas 248
 medição da redução da folga 55
 medição do deslocamento axial 56
 solução de problemas 240
 valores para rolamento de esferas de contato angular 389–391
 valores para rolamentos autocompensadores de esferas 402
 valores para rolamentos autocompensadores de rolos 403
 Duoflex Consulte SKF Duoflex
 Duralife Consulte SKF Duralife
 Duralip Consulte SKF Duralip
 DURATEMP 145

E

eficiência energética 329
 eixos ocios 34–35
 eixos verticais
 ajuste do intervalo de relubrificação 195
 considerações sobre a seleção do lubrificante 182
 elementos com fendas Consulte calços
 elementos do SKF Vibracon SM 162–165
 elementos Vibracon SM Consulte elementos do SKF Vibracon SM
 eliminação de óleo 181, 184, 187
 ajuste do intervalo de relubrificação 205
 teste de desempenho da graxa 188
 endoscópios 225–226
 engenharia de confiabilidade 327
 entalhes 298–299
 avanço do dano do rolamento 211, 231
 causado por práticas de montagem inadequadas 305–306
 causado por vedação ineficiente 316
 solução de problemas 245, 248
 envelope de aceleração 224
 Epocast 36 165
 erosão elétrica 298–299
 fuga de corrente 321–322
 tensão excessiva 307
 escorregamento Consulte marcas na superfície
 espessantes
 compatibilidade 201
 tipos 183

estabilidade do rolo 188
 estabilidade mecânica 188
 estetoscópios eletrônicos 221
 estrias 150, 152
 estrutura base Consulte estrutura base da máquina
 estrutura da base da máquina
 condição de pé manco 162
 fundição de resina epóxi 165
 estufas de aquecimento 70
 expansão do anel interno 56
 expansão térmica
 considerações sobre a seleção do ajuste 33–34
 considerações sobre alinhamento 161, 169
 montagem de rolamentos de rolos toroidais CARB 91
 extratores
 para desmontar um rolamento de uma caixa de mancal sólida
 267–269
 extratores acionados hidráulicamente 257, 260
 extratores internos de rolamentos 268
 extratores mecânicos 256, 260

F

fadiga 298–299
 iniciada abaixo da superfície 301, 303–304
 iniciada na superfície 301, 303–304, 310–311
 fadiga do material Consulte fadiga iniciada abaixo da superfície
 fadiga iniciada abaixo da superfície 298–299, 309
 causada por ajustes incorretos 301
 causada por assentos defeituosos 303
 causada por desalinhamento estático 304
 fadiga iniciada na superfície 298–299
 causada por ajustes incorretos 301
 causada por assentos defeituosos 303
 causada por desalinhamento estático 304
 causada por lubrificação ineficiente 310–311
 solução de problemas 249
 falha do rolamento Consulte danos do rolamento
 falha prematura do rolamento Consulte danos do rolamento
 falhas Consulte falhas da máquina
 falhas da máquina 222
 fator de velocidade 187
 limites para lubrificação com graxa 186, 194
 ferramentas Consulte ferramentas e produtos SKF
 ferramentas e produtos SKF
 para alinhamento 419
 para desmontagem 435–436
 para lubrificação 420–422
 para monitoramento de condições 432–434
 para montagem 416–418
 ferro fundido
 caixas de mancal de unidade de rolamento 100
 caixas de mancal 126
 ferro fundido nodular 126
 ferrugem
 causada por assentos defeituosos 302
 causada por vedação ineficiente 317–318
 solução de problemas 246
 fichas de informações de segurança de produtos químicos 180
 interpretação 184–188
 fichas de segurança Consulte fichas de informações de segurança
 de produtos químicos
 filetes
 condições problemáticas 247
 dimensões 38
 dimensões (filetes de alívio) 387
 filetes de alívio 38
 dimensões 387
 filme de lubrificante
 capacidade de carga 184, 200
 formação 204
 fixação axial 37–38
 em caixas de mancal 132
 fixação de parafusos/porcas
 compensação de pé manco 162
 para caixas de mancal 131
 para unidades de rolamento 101, 105
 fixação do rolamento 31–38
 fixação por bucha de fixação 94–95

Índice

desmontagem de unidades de rolamento 274
montagem de unidades de rolamento 109–110
valores de torque de aperto 103
fixação por cavilha roscada 94–95
desmontagem de unidades de rolamento 272
montagem de unidades de rolamento 104–106
valores de torque de aperto 102
fixação radial 31–36
condições problemáticas 241–242, 246
fixação SKF ConCentra 94–95
FKM Consulte fluoro elastômero
flanges de centralização 84–85
fluência 31
causado por ajustes incorretos 300–301
considerações sobre a seleção do ajuste 33
solução de problemas 243, 246–247
fluência do anel Consulte rastejamento
fluido de desmontagem 254
fluoro elastômero
em altas temperaturas 142
sufixo de designação de vedações 145
folga Consulte folga interna
folga inicial 29
folga interna
antes e após a montagem 29, 51
considerações sobre a seleção do ajuste 33
inicial 29, 51
medição com calibrador de folga 52
operacional 29
solução de problemas 233, 234, 239–242
valores antes da montagem 388–401
valores da redução durante a montagem 403–404
valores residuais após a montagem 403–404
folga interna axial 29, 51
valores para rolamentos de rolos cilíndricos 394–395
valores para rolamentos de rolos cônicos 396
valores para rolamentos de rolos toroidais CARB 404
folga interna radial 29, 51
medição com calibrador de folga 52
valores da redução durante a montagem 403–404
valores para rolamento de esferas de contato angular 389–390
valores para rolamentos autocompensadores de esferas 392
valores para rolamentos autocompensadores de rolos 397–398
valores para rolamentos de esferas de quatro pontos de contato 391
valores para rolamentos de rolos cilíndricos 393
valores para rolamentos de rolos de agulha 393
valores para rolamentos de rolos toroidais CARB 399–400
valores para rolamentos rígidos de esferas 388
valores para rolamentos Y 401
valores residuais após a montagem 403–404
folga operacional 29
fora de balanço Consulte desbalanceamento
fora de esquadro
causado por assentos defeituosos 302
causado por desalinhamento estático 304
solução de problemas 251
formação de espuma
causas 211
prevenção 202
formação de estrias
causada por corrente elétrica 322
causada por vibração 319
formulário de medição 48
fornos de reaquecimento 182
fratura 298–299
fratura forçada 301, 303
fratura por fadiga 319
trinca térmica 301
fratura forçada 298–299
causadas por assentos defeituosos 303
causado por ajustes incorretos 301
fratura por fadiga 298–299
causada por desalinhamento operacional 319
frequências do defeito 224
fricção 233
frouxidão 163, 220

fuga de corrente 298–299
causada pela passagem de corrente elétrica 321–322
furos transversais 150, 152

G

gestão de ativos 326–329
grafite 182, 184
grau de consistência Consulte grau NLGI
grau NLGI 184
teste de desempenho da graxa 188
graus de tolerância Consulte ISO, graus de tolerância
graus de viscosidade Consulte graus de viscosidade ISO
graxa
análise 222
comparação com óleo 182, 214
compatibilidade 200–202
consistência 185, 188
envelhecimento 187, 192, 195
faixa de temperaturas de operação 186–187
fichas de dados 181, 184–188
função 184
graxas SKF 423–431
propriedades 185–188
rigidez 184, 187
seleção 189
tabela de seleção (graxas SKF) 430–431
testes de desempenho 188
graxa fluorada 189, 200, 202
graxas SKF 423–431
para lubrificadores SKF SYSTEM 24 199
tabela de seleção 430–431

H

hastes de guia 81
HNBR Consulte borrachas de acrilonitrila-butadieno
HYDROCAM 166

I

incompatibilidade Consulte compatibilidade
indicador de nível de óleo 137, 139
indicador de torque 112–113
índice de viscosidade 203
injetores de óleo 72
inspeção 216–227
durante a operação 220–224
durante a parada 224–227
lubrificantes 181
inspeção térmica 221
instalação da máquina 161–166
instalação de vedações 140–157
condições problemáticas 238–239
em caixas de mancal 133–139
engraxamento na instalação inicial 190
intervalos de relubrificação 192–195
solução de problemas 236, 245–246
intervalos de troca do óleo 209
ISO
classes de tolerância 35
classificação da contaminação 212
classificação dos danos no rolamento 298
graus de tolerância 385
graus de viscosidade 203, 415
séries de dimensões 22–23

J

jato de óleo 208
intervalo de troca do óleo 209

K

Kit de ferramentas de montagem de rolamentos da SKF
para instalar vedações 146
para montar rolamentos 72
kit de teste de graxa Consulte kit de teste de graxa SKF
Kit de teste de graxa SKF 222

L

lábio de vedação SKF WAVE 143
lábio de vedação WAVE Consulte lábio de vedação WAVE SKF

lábios auxiliares
 engraxamento na instalação inicial 149, 190
 tipos e projetos de vedações 143–145
 lábios da vedação
 feitos de PTFE 146
 materiais 145
 orientação 146, 239
 tipos e projetos 143–145
 lascamento 231
 iniciado abaixo da superfície 303–304, 309
 iniciado na superfície 301, 304, 310–311
 solução de problemas 244, 249–250
 latão
 compatibilidade com aditivos EP 202
 para calços de máquinas 163
 lavagens 29
 limitada por parafuso 167, 175
 limpeza
 rolamentos 226
 vedações 146
 limpeza 28–29, 46–47
 lista de sufixos
 para caixas de mancal 127–128
 para rolamentos 24–25
 para unidades de rolamento 96
 para vedações 145
 LuBase 189, 207
 LubeSelect 189, 192, 207
 lubrificação 178–215
 condições problemáticas 236–237
 ferramentas e produtos SKF 420–422
 gerenciamento 180
 lubrificação automática 197
 lubrificação com graxa 183–202
 lubrificação com óleo 203–212
 lubrificação por quantidade mínima 214–215
 lubrificadores automáticos Consulte SKF SYSTEM 24
 lubrificante
 armazenagem 42
 descarte 181
 inspeção 181, 222, 225
 manuseio 181
 prazo de validade 43
 seleção 182
 vida útil 28
 lubrificante oxidado 226, 254
 lubrificante seco 182–183
 lubrificantes compatíveis com alimentos 209, 424
 LubriLean Consulte SKF LubriLean
 luvas 73

M
 Machine Condition Advisor Consulte SKF Machine Condition Advisor
 mancal Consulte caixas de mancal
 mandris 146
 manômetros 56
 mantas de aquecimento 269
 manutenção de confiabilidade proativa 219
 manutenção preventiva 218–219
 manuseio
 dano no rolamento 305–306, 308
 lubrificantes 181
 rolamentos 49–50
 manutenção corretiva Consulte manutenção reativa
 manutenção preditiva 218–219
 manutenção reativa 218–219
 máquina estacionária 167–168
 máquina móvel 167–169
 máquinas de velocidade variável 223
 máquinas-ferramenta
 lubrificação 191, 215
 serviços SKF 331
 marcas na superfície do rolamento
 causando desgaste adesivo 301, 312
 solução de problemas 244, 247
 martelos
 para instalar vedações 146
 para montar rolamentos 49
 material composto Consulte poliamida
 método borda-face 170–171
 método da régua
 para alinhamento de acionamento deslocado 175
 para alinhamento de correias 176–177
 para alinhamento de eixos 170–171
 método de borda reversa 170–171
 método de contagem automática de partículas 212
 método de contagem com microscópio 212
 método de injeção de óleo
 dimensões para dutos, ranhuras e furos 405
 para desmontar um rolamento de uma caixa de mancal sólida 268
 para desmontar um rolamento em um assento de eixo cilíndrico 258
 para desmontar um rolamento em um assento de eixo cônico 260
 para desmontar um rolamento em uma bucha de desmontagem 266
 para desmontar um rolamento em uma bucha de fixação 264
 para montar rolamentos 62–66
 Método drive-up Consulte Método Drive-up da SKF
 Método Drive-up da SKF 57–61
 ferramentas 56–57
 porcas hidráulicas 406–413
 valores de pressão do óleo 406–413
 valores do deslocamento axial 406–413
 metodologias de manutenção 218–219
 métodos com relógio comparador
 para ajustar rolamentos de esferas de contato angular 74–77
 para ajustar rolamentos de rolos cônicos 86–88
 para alinhamento de eixos 170–171
 para o Método Drive-up da SKF 58–61
 métodos de alinhamento a laser
 para alinhamento de acionamento deslocado 175
 para alinhamento de correias 176–177
 para alinhamento de eixos 171–173
 métodos de fixação no eixo 94–96
 micrômetros 47–49
 microtrincas 299
 causada por fadiga de material 309
 causada por lubrificação ineficiente 310
 mistura de graxas Consulte graxa, compatibilidade
 modos de falha 298–299
 molas de lâmina
 condições problemáticas 237
 tipos e projetos de vedações 143–145
 momento de atrito 235
 monitoramento da vibração 222–224
 fazendo medições 223
 frequências do defeito do rolamento 224
 monitoramento de condições 216–224
 instrumentos SKF 432–434
 lubrificação 222
 ruído 221
 temperatura 221
 Monoflex Consulte SKF Monoflex
 montagem a frio 53–67
 montagem a quente 68–71
 montagem de caixas de mancal 122–139
 caixas de mancal 134–136
 caixas de mancal (SONL) 137–139
 peças de reposição 124–129
 preparativos 130
 montagem de rolamentos 44–91
 condições problemáticas 240, 243, 245, 247
 ferramentas 72–73, 416–418
 instruções por tipo de rolamento 74–91
 práticas de montagem inadequadas 248–249, 305–306
 preparativos 46–49
 usando métodos mecânicos 53–56
 usando o método de injeção de óleo 62–66
 usando o Método Drive-up da SKF 57–61
 usando SensorMount 67
 montagem de unidades de rolamento 92–121
 com fixação por cavilha roscada 104–106

com fixação SKF ConCentra 111–118
 com um colar cilíndrico de fixação 119–120
 com um colar de fixação excêntrico 106–108
 com uma bucha de fixação 109–110
 ferramentas 102–103
 peças de reposição 94–100
 preparativos 101
 valores de torque de aperto 102–103
 montagem de unidades de rolamento de esferas 121
 movimentação do eixo 234
 Multiflex Consulte SKF Multiflex

N

não sabões 183
 NBR Consulte borrachas de acrílonitrila-butadieno
 níveis
 para alinhamento de correias 176
 para alinhamento de eixos 170
 niveladores de aço ajustáveis Consulte Elementos SKF Vibracon SM
 números de série
 em caixas de mancais 27
 rolamentos de esferas de quatro pontos de contato 78
 rolamentos de quatro carreiras de rolos cônicos 89
 rolamentos de rolos cilíndricos de quatro carreiras 82

Ó

óleo
 amostragem 210
 análise 210–212
 comparação com graxa 182, 214
 compatibilidade 201, 210
 filtragem 211–212
 seleção 203–207
 viscosidade 203–206
 óleo base
 compatibilidade 200–201
 na graxa 183
 no óleo 203
 viscosidade 185
 óleo circulante 208
 coleta de amostras de óleo 210
 em sistemas de lubrificação centralizados 213–215
 intervalo de troca do óleo 209
 montagem de caixas de mancal SONL 137–139
 óleo mineral
 na graxa 183, 189
 no óleo 203–204
 óleo natural
 na graxa 183
 no óleo 203
 óleo sintético
 na graxa 183
 no óleo 203
 óleo sólido 182–183
 Óleo+Ar SKF 215
 óleo-ar 207–208
 Óleo+Ar SKF 215
 óleos para correntes 209
 para lubrificadores SKF SYSTEM 24 199

O

orifícios de escape Consulte orifícios de escape de graxa
 orifícios de escape de graxa 196, 199
 ovalização de aperto Consulte deformação circular
 oxidação
 causando corrosão 299
 da graxa 187
 prevenção 81, 185, 203

P

padrões de trajetória 291–297
 painéis de aquecimento 71
 papel abrasivo 226
 parada
 dano causado por tensão excessiva 307
 dano de corrosão pela umidade 317–318
 dano por vibração 319
 parafuso de fixação Consulte cavilha rosçada

parafusos da tampa 131
 Parceiros de manutenção certificados SKF 331
 partida
 de rolamentos lubrificados com graxa 186–187, 190–191
 de rolamentos lubrificados com óleo 207
 passagem de elementos rolantes por cima 231
 frequências do defeito do rolamento 224
 pé curto Consulte pé manco
 pé inclinado Consulte pé manco
 pé manco 162
 peças de reposição
 para caixas de mancal 124–129
 para unidades de rolamento 94–100
 para vedações 142–145
 perpendicularidade 36, 386
 pinos espaçadores 144
 placas de proteção 40
 placas extratoras 260
 poliamida
 caixas de mancal de unidade de rolamento 100
 compatibilidade com aditivos EP 202
 poliureia 183
 ponto de ar Consulte óleo-ar
 ponto de gota 185
 teste de desempenho da graxa 188
 porcas castelo 88
 porcas hidráulicas
 para desmontar rolamentos 262, 266
 para o Método Drive-up da SKF 56, 406–413
 séries e projetos 73
 Porcas HMV.. Consulte porcas hidráulicas
 prazo de validade
 de lubrificantes 43
 de rolamentos 41
 de vedações de elastômero 42
 pré-carga
 operacional 29, 51
 solução de problemas 240–245
 valores para rolamento de esferas de contato angular 389
 precisão da forma 35–36
 tolerâncias para assentos (montagem com bucha) 384
 tolerâncias para assentos de rolamento 386
 precisão operacional 35–36
 tolerâncias para assentos (montagem com bucha) 384
 tolerâncias para assentos de rolamento 386
 prensas
 para desmontar rolamentos 258, 267
 para instalar vedações 146
 para montar rolamentos 53
 pressão de óleo
 cálculo para o Método Drive-up da SKF 58
 valores para o Método Drive-up da SKF 406–413
 ProFlex Consulte SKF ProFlex
 PTFE
 em altas temperaturas 142
 compatibilidade 202
 sufixo de designação de vedações 145
 vedações radiais 143, 146, 150
 punções
 para instalar vedações 148
 para montar unidades de rolamento 107–108
 purga
 condições problemáticas 239
 durante a relubrificação 196
 durante a renovação 199
 puxadores Consulte extratores

Q

qualidade da fundação 161

R

radiadores de infravermelhos 70
 radiadores Consulte radiadores de infravermelhos
 ranhura Springlock SKF 144–145
 rasgos de chaveta 150, 152
 razões de cargas 187
 reabastecimento 195–196
 recondiçãoamento 331

- redução da folga 54–55
 - valores para rolamentos autocompensadores de rolos 403
 - valores para rolamentos de rolos toroidais CARB 404
- relação de viscosidade 204
- relógios comparadores 56
- relubrificação 192–198
 - de rolamentos selados 90, 192
 - efeito na temperatura 221
- relubrificação contínua 195, 197
- remoção de vedações 284–286
- renovação 198–199
- reparo do eixo 152–154
- repotencialização 331
- resina epóxi
 - para alinhamento de máquinas 165
 - para reparo de eixos 152
- resistência à medição do falso Brinell 298–299
 - causada por transporte ou armazenagem incorretas 308
 - causada por vibração 319
- resistência à medição do verdadeiro Brinell 308
- ressaltos
 - condições problemáticas 237, 251
 - dimensões 38
 - requisitos de precisão 35–36, 386
- revisão de planos de manutenção 328–330
- RMI Consulte SKF Reliability Maintenance Institute
- rolamentos
 - armazenagem 41, 230
 - categorias de tamanho 46
 - desmontagem 254–269
 - engraxamento na instalação inicial 189–191
 - frequências do defeito 224
 - identificação 26–27
 - inspeção 225–226
 - manuseio 49–50
 - montagem 44–91
 - relubrificação 194–198
 - sistema de designação 22–25
 - terminologia 10
 - tipos e projetos 12–21
- rolamentos autocompensadores de esferas
 - ângulos de aperto da porca de segurança 402
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - montagem 79–80
 - montagem (método de injeção óleo) 62–66
 - montagem (Método Drive-up da SKF) 57–61
 - tipos e projetos 13
 - valores da folga interna radial 392
 - valores de drive-up axial 402
 - valores para o Método Drive-up da SKF 392
- rolamentos autocompensadores de rolos
 - ângulos de aperto da porca de segurança 403
 - montagem 90
 - montagem (método de injeção óleo) 62–66
 - montagem (Método Drive-up da SKF) 57–61
 - projetos 17
 - valores da folga interna radial 397–398
 - valores de drive-up axial 403
 - valores de redução da folga 403
 - valores para o Método Drive-up da SKF 407–411
- rolamentos axiais 18–19
- rolamentos de alta precisão
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - tipos e projetos 12, 18
- rolamentos de duas carreiras de rolos cônicos
 - montagem 89
 - projetos 17
- rolamentos de esferas de contato angular de duas carreiras
 - montagem 78
 - projetos 12
 - valores da folga interna axial 390
- rolamentos de esferas de contato angular
 - ajustes de disposições em O 76–77
 - ajustes de disposições em X 74–75
 - com um anel interno de duas peças 78
 - condições problemáticas 243, 245, 247
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - montagem 74–78
- rolamentos independentes 74
- rolamentos para acoplamento universal 76
- tipos e projetos 12–13
- valores da folga interna axial 389
- valores de pré-carga axial 389
- rolamentos de esferas de quatro pontos de contato
 - condições problemáticas 244
 - montagem 78
 - projetos 13
 - valores da folga interna axial 391
- rolamentos de forno 182
- rolamentos de inserção Consulte rolamentos Y
- rolamentos de leva e de apoio 19–20
- rolamentos de quatro carreiras de rolos cônicos
 - montagem 89
 - projetos 17
- rolamentos de rolos cilíndricos
 - desmontagem 258–259
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - fixação axial 37
 - montagem 80–84
 - tipos e projetos 13–14
 - valores da folga interna axial 394–395
 - valores da folga interna radial 393
- rolamentos de rolos cilíndricos de quatro carreiras
 - montagem 82–84
 - projetos 14
- rolamentos de rolos cônicos
 - ajustes de disposições em O 86–88
 - ajustes de disposições em X 84–85
 - condições problemáticas 245
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - montagem 84–89
 - tipos e projetos 16–17
 - valores da folga interna axial 396
- rolamentos de rolos cônicos de diversas carreiras Consulte rola-
mentos de rolos cônicos de quatro carreiras
- rolamentos de rolos de agulhas
 - desmontagem 255, 258
 - montagem 80–81
 - tipos e projetos 15–16
 - valores da folga interna radial 393
- rolamentos de rolos toroidais CARB
 - ângulos de aperto da porca de segurança 404
 - condições problemáticas 240
 - dimensões do encosto 38
 - em caixas de mancal 132
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - fixação axial 37
 - montagem 90–91
 - montagem (método de injeção óleo) 62–66
 - montagem (Método Drive-up da SKF) 57–61
 - tipos e projetos 17
 - valores da folga interna radial 399–400
 - valores de drive-up axial 404
 - valores de redução da folga 404
 - valores para o Método Drive-up da SKF 412–413
- rolamentos de super precisão
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - tipos e projetos 12, 18
- rolamentos não separáveis 190
- rolamentos para acoplamento universal
 - montagem 76
 - valores da folga interna axial 389
 - valores de pré-carga axial 389
- rolamentos para munhões de cilindros 259
- rolamentos radiais 12–17
- rolamentos rígidos de esferas
 - engraxamento na instalação inicial 191
 - tipos e projetos 12
 - valores da folga interna radial 388
 - vedações integrais de rolamento 40
- rolamentos rolantes Consulte rolamentos
- rolamentos selados 40
- aquecimento 68
- condições problemáticas 238
- lavagem 189
- prazo de validade 41

Índice

relubrificação 192
rolamentos autocompensadores de esferas 79
rolamentos autocompensadores de rolos 90
rolamentos rígidos de esferas 40
rolamentos separáveis
engraxamento na instalação inicial 190
montagem 80
Rolamentos Y
montagem 121
valores da folga interna radial 401
rotação do anel externo
ajuste do intervalo de relubrificação 195
aplicação em rodas 87–88
condições de carga 32
padrões de trajetória 293
rugosidade superficial 36
valores médios 387
ruído
monitoramento de condições 221
solução de problemas 233

S
sabão de cálcio 185
sabão de lítio 185
sabões 183, 185
sabões complexos 183
SensorMount 67
separação de óleo Consulte eliminação de óleo
série de diâmetro 22–23
Serviço de monitoramento de energia SKF 329–330
serviços de manutenção mecânica 330
serviços de recondição de eixo-árvore 331
sistemas de lubrificação
centralizados 213–215
óleo 207–209
sistemas de lubrificação centralizados 213–215
sistemas de lubrificação com óleo 207–209
sistemas de lubrificação de perda total 214
SKF @ptitude Decision Support 327
SKF @ptitude Exchange 327
SKF Certified Rebuilder de motores elétricos 331
SKF CircOil 215
SKF DuoFlex 215
SKF Duralife 145
SKF Duralip 145
SKF Lubrication Planner 180
SKF LubriLean 215
SKF Machine Condition Advisor 223
SKF Monoflex 215
SKF Multiflex 215
SKF ProFlex 215
SKF Reliability Maintenance Institute 326–327
SKF SPEEDI-SLEEVE 225
instalação 152–153
SKF Springcover 144–145
SKF SYSTEM 24 198–199
sobrecarga 298–299
causada por práticas de montagem inadequadas 305
causada por transporte ou armazenagem incorretas 308
soldagem 172
solução de problemas 228–251
soluções de manutenção integrada 329
solventes
manuseio 225
para limpar rolamentos 224
tipos 254
sondas ultrassônicas 221
SPEEDI-SLEEVE Consulte SKF SPEEDI-SLEEVE
Springcover Consulte SKF Springcover
superaquecimento 233
superfície de apoio da vedação 142
inspeção 226–227
reparo 151–154
requisitos 146
superfícies de apoio
para caixas de mancal 130
para unidades de rolamento 101
suporte à manutenção 324–331

sustentabilidade 329–330
SYSTEM 24 Consulte SKF SYSTEM 24

T

tabela de conversão de unidades 437
tabelas de tolerâncias
desvios modificados para rolamentos em pulegadas 382–383
para caixas de mancal (métrico) 350–359
para caixas de mancal (pulegada) 372–381
para eixos (métrico) 338–349
para eixos (montagem com bucha) 384
para eixos (pulegada) 360–371
tábua de lavar 322
tampas de fechamento 133
temperatura
ambiente 161
condições problemáticas 233
monitoramento de condições 221
operação 186–187
referência 203
temperatura ambiente
considerações sobre o alinhamento de máquinas 161
considerações sobre relubrificação 195–196
temperatura de operação
ajuste do intervalo de relubrificação 195
da graxa 186–187
de rolamentos 187, 204
monitoramento de condições 221
solução de problemas 190, 202, 233
temperatura de referência 203
tensão 307
tensores de parafuso 166
terminologia 10–11
termômetros 221
teste de corrosão do cobre 188
teste de crepitação 211
teste de funcionamento 174
teste de proteção contra corrosão 188
teste VKA 188
tinta
em superfícies de apoio 130, 161, 165
proteção da vedação 150
tipos e projetos 21
torque de aperto 166
valores para fixação de parafusos/porcas 105, 131
valores para parafusos da tampa 131
valores para unidades de rolamento 102–103
treinamento 326–327
trinca 298–299
trincas
causadas por ajustes incorretos 300–301
causadas por assentos defeituosos 303
microtrincas 309–312
trincas térmicas 298–299
causadas por ajustes incorretos 301

U

umedecimento superficial 202
umidade
ao armazenar lubrificantes 43
ao armazenar rolamentos e unidades 41
ao armazenar vedações de elastômero 42
unidades Consulte unidades de rolamento
unidades compensadoras
desmontagem 270–277
montagem 104–120
unidades de caixas de mancal
desmontagem 270–277
montagem 104–120
tipos e projetos 96–100
unidades de rolamento
armazenagem 41
designações 96, 100
desmontagem 270–277
identificação 27
métodos de fixação no eixo 94–96
montagem 92–121
tipos e projetos 96–100

unidades de rolamento de esferas SKF ConCentra
desmontagem 275
montagem 111–114

Unidades de rolamento de rolos SKF ConCentra
desmontagem 276–277
montagem 114–118

unidades de rolamento Y Consulte unidades de rolamento

unidades de rolamentos de esferas
designações 96, 100
desmontagem 272–275
métodos de fixação no eixo 94–96
montagem 104–114
montagem 121
tipos e projetos 96–100

unidades de rolamentos de rolos
designações 96, 100
desmontagem 276–277
métodos de fixação no eixo 94–96
montagem 114–120
tipos e projetos 96–100

unidades flangeadas 100
desmontagem 270–277
montagem 104–120
tipos e projetos 96–100

usinagem no local 330

V

vazamento de graxa 182
solução de problemas 202, 236, 238–239
testes de desempenho da graxa 188

vazamento de óleo 182
em caixas de mancal SONL 137–139
intervalo de troca do óleo 209
solução de problemas 236

vazamentos 222
solução de problemas 236, 238–239, 245

vedações
condições problemáticas 233, 235
instalação 140–157
para caixas de mancal 128–129
para unidades de rolamento 96
prazo de validade 42
remoção 284–286
terminologia 11
vedações externas 39
vedações integrais de rolamento 40
vedações radiais 143–145
vida útil 28

vedações bipartidas 133, 154–155

vedações de contato
condições problemáticas 238
remoção 284–286
vedações externas 39
vedações integrais de rolamento 40

vedações de duplo lábio
abastecimento de graxa 196
engraxamento na instalação inicial 149, 190

vedações de elastômero

armazenagem 42
instalação 140–157
vedações de feltro 238
vedações de labirinto 39
abastecimento de graxa 196
condições problemáticas 238
engraxamento na instalação inicial 190
instalação em caixas de mancais 136

vedações de quatro lábios
abastecimento de graxa 196
engraxamento na instalação inicial 190

vedações de taconite 128–129
vedações externas 39
condições problemáticas 238
vedações integrados
condições problemáticas 237–238, 251
para rolamentos 40
para unidades de rolamento 96
vedações inteiriças
instalação 133, 149

tipos e projetos 144–145
vedações radiais
instalação em uma caixa de mancal 146–149
instalação sobre um eixo 150
limpeza 146
substituição 151
tipos e projetos 143–145
vedações sem contato
remoção 284
vedações externas 39
vedações integrais de rolamento 40
vedantes
para evitar vazamento de óleo 137
para instalar vedações 148, 152
vibração
ajuste do intervalo de relubrificação 195
dano por resistência à medição do falso Brinell 308, 319
solução de problemas 234
teste de desempenho da graxa 188
vida Consulte vida do rolamento
vida do rolamento
vida nominal 27–28
vida útil 28–29
vida nominal 27–28
vida nominal básica 27
vida nominal SKF 27–28
vida útil 28–29
fatores que afetam 230–231
viscosidade cinemática Consulte viscosidade

X

XNBR Consulte borrachas de acrilonitrila-butadieno

Z

zonas de carga 292–297

