

9-1 Armazenar e transportar os rolamentos

Os rolamentos de esferas de contato angular são componentes de precisão. Por isso, é importante manuseá-los com cuidado para evitar danos por impacto, bem como atentar ao correto armazenamento e transporte dos rolamentos para evitar problemas de impurezas ou oxidação.

- Ao armazenar rolamentos, selecione uma localização fresca e seca que não esteja exposta à luz direta solar ou à umidade.
- Não deixe os rolamentos no chão. Armazene-os a uma altura de pelo menos 30 cm e evite a exposição à poeira.

- O sistema de armazenamento PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai) deve ser usado no gerenciamento de estoque de rolamentos, dispondo os rolamentos de modo que os mais antigos possam ser usados primeiramente.
- Tenha cuidado para que os rolamentos a serem transportados não sejam esmagados nem deixados cair, etc., proteja-os de danos e deformação devido ao impacto e garanta que não sejam expostos a impurezas devido a embalagem danificadas.

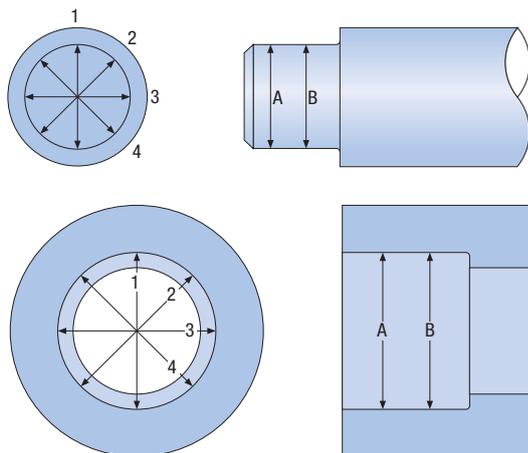
9-2 Montagem de rolamentos

A qualidade da instalação do rolamento influencia a precisão, vida útil, desempenho e outros fatores dos rolamento, portanto, recomenda-se cuidado especial neste processo. Segue o procedimento para o trabalho de montagem.

- 1 Inspeção do eixo e do alojamento
- 2 Desembalagem e limpeza
- 3 Montagem
- 4 Verificação pós-montagem

9.2.1 Inspeção do eixo e do alojamento

- Limpe completamente o eixo e o alojamento e remova qualquer impureza e sujeira. Além disso, confirme se não existem rebarbas.
- Confirme se o eixo e o alojamento têm acabamento adequado com os desenhos e verifique e registre as dimensões, perpendicularidade e o raio de encosto. Conforme mostrado na **Figura 9.1**, meça o diâmetro do eixo e o furo do alojamento em duas localizações na direção axial e quatro localizações radialmente.



● **Figura 9.1** Localizações de medição dos diâmetros do eixo e do alojamento

9.2.2 Desembalagem e limpeza

- Desembale um rolamento imediatamente antes da instalação. Utilizar luvas de vinil quando manusear os rolamentos. O não cumprimento destas recomendações pode ocasionar oxidação ou outros problemas.
- Aplique óleo protetivo na superfície do rolamento desembalado. Limpe os rolamentos com desengraxante, em dois locais, um para lavagem primária e outro para lavagem de acabamento.

- Após a lavagem, retire o excesso de óleo e então proteja-o. Nunca gire um rolamento sem lubrificante.

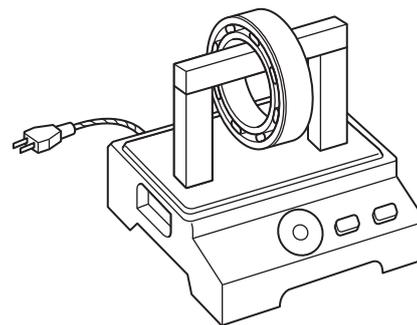
9.2.3 Montagem

Geralmente a maioria dos rolamentos montados nas máquinas-ferramentas tem ajuste interferente no eixo e ajuste folgado no alojamento. Os métodos usados para montagem de rolamentos nos eixos são ajustes por contração e por pressão.

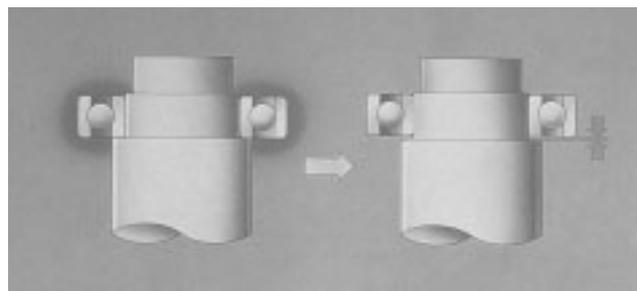
Ajustes por contração

Com este método de montagem, o rolamento é aquecido até o diâmetro do furo do rolamento ficar maior do que o eixo, sendo possível deslizar o anel interno no eixo. Um aquecedor indutivo de rolamentos (**Figura 9.2**) evita tensão indevida no anel interno, enquanto um forno ajuda a reduzir o tempo do processo. A temperatura de aquecimento não deve ser superior a 120 °C. Temperaturas superiores a 120 °C podem diminuir a dureza do rolamento e sua vida útil.

Após a instalação de um rolamento aquecido no eixo, o rolamento contrai axialmente inclusive à medida que refrigera, o que pode causar uma folga entre o anel interno e o encosto do eixo (**Figura 9.3**), sendo que o posicionamento pode ser alcançado usando uma porca, etc.



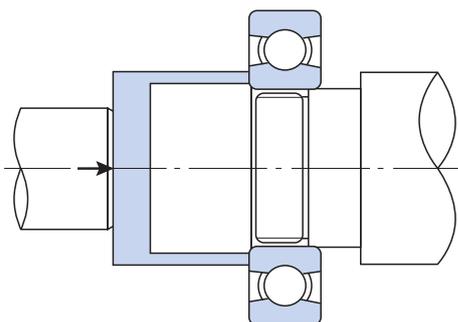
● **Figura 9.2** Aquecedor por indução



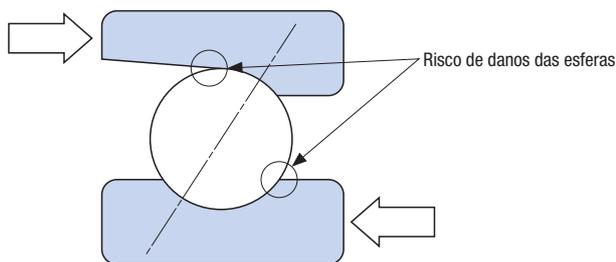
● **Figura 9.3** Folga no encosto do eixo após refrigeração

Ajustes por pressão

Com este método, é colocada uma ferramenta na superfície lateral do anel interno e é usado uma prensa para a instalação (Figura 9.4). Quando estiver instalando por pressão o anel interno em um eixo não aplique força no anel externo ou na gaiola. No caso de um rolamento de contato angular de esferas, a aplicação de força na direção oposta da direção do ângulo de contato deve ser evitada, pois danificará o ressalto da pista (Figura 9.5).



● Figura 9.4 Encaixe por pressão do anel interno

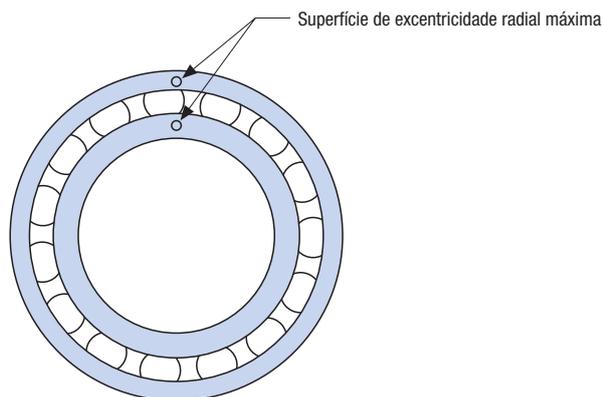


● Figura 9.5 Direção de montagem do rolamento de esferas de contato angular

Referência: localizações de excentricidade radial máxima

As localizações de excentricidade radial máxima dos anéis interno e externo são indicadas pelas marcas "○" na face do anel. A excentricidade radial pode ser minimizada alinhando a localização de excentricidade radial mínima do eixo com a marca "○" no anel interno. O anel externo também deve ser montado de modo a que sua marca "○" fique alinhada com as localizações de excentricidade mínima do alojamento.

Note que não existe qualquer relação entre a posição da marca "○" do anel externo e a posição da marca de montagem "<" do diâmetro externo.



● Figura 9.6 Localizações da excentricidade radial máxima

Referência: força de encaixe por pressão e força de remoção

Embora a força necessária para o encaixe por pressão de um anel interno de rolamento e sua remoção do eixo dependa das tolerâncias e do acabamento da superfície do eixo, os valores gerais podem ser obtidos usando a **Fórmula 9.1**.

$$K_a = f_k \cdot \Delta d_e \cdot B \cdot \left(1 - \left\{ \frac{d}{d_i} \right\}^2\right) \quad \text{--- (Fórmula 9.1)}$$

- K_a : Força de encaixe por pressão (força de remoção) (kN)
 - f_k : Coeficiente da condição de instalação/remoção (Tabela 9.1)
 - Δd_e : Interferência efetiva (mm)
 - B : Largura nominal do anel interno (mm)
 - d : Diâmetro nominal do furo do rolamento (mm)
 - d_i : Diâmetro médio externo do anel interno (mm)
- Rolamento de rolos cilíndricos
 $d_i = (D + 3d) / 4$
 Outros rolamentos
 $d_i = (3D + 7d) / 10$
 Aqui, D = diâmetro externo nominal do rolamento (mm)

● Tabela 9.1 Coeficiente da condição de instalação/remoção

Condições	f _k (valor médio)
Encaixe por pressão do anel interno no eixo sólido cilíndrico	39
Remoção do anel interno do eixo sólido cilíndrico	59

(Nota) Valores quando o furo do eixo e o eixo estão ligeiramente oleados.

Seleção do rolamento

Vida dos rolamentos

Tolerância dos rolamentos

Disposição do rolamento

Pré-carga e rigidez

Lubrificação

Limites de velocidade

Seleção do eixo e alojamento

Manuseio dos rolamentos

Manuseio dos rolamentos

Montagem em um eixo

Normalmente é usada uma porca de eixo para fixar o anel interno do rolamento ao eixo. É necessário garantir que a superfície lateral da porca de eixo está no ângulo correto relativamente à rosca. Se as superfícies não estiverem perpendiculares, o aperto da porca do eixo pode resultar na curvatura do eixo.

Além disso, o ajuste da porca de eixo é necessário no aperto devido ao contato da borda provocado pela folga na superfície de contato entre a porca e o eixo.

O aperto com porca possibilita a aplicação de força de aperto específica controlando o torque de aperto. Embora haja uma discrepância na relação entre o torque de aperto da porca e a força de aperto devido à precisão e rugosidade da rosca, pode ser expressa como **Fórmula 9.2**.

A força de montagem recomendada para cada furo de rolamento é mostrada na **Tabela 9.2**.

$$F \approx \frac{M_n}{\frac{d_2}{2} \tan(\beta + \rho) + \frac{d_n}{2} \cdot \mu_m} \quad \text{(Fórmula 9.2)}$$

- F : Força de aperto (N)
- M_n : Torque de aperto (N·mm)
- d₂ : Diâmetro nominal da rosca (mm)
- β : Ângulo de inclinação

$$\tan \beta = \frac{P}{\pi d_2}$$

- P : Passo (mm)
- ρ : Ângulo de fricção da superfície da rosca

$$\tan \rho = \frac{\mu}{\cos \alpha}$$

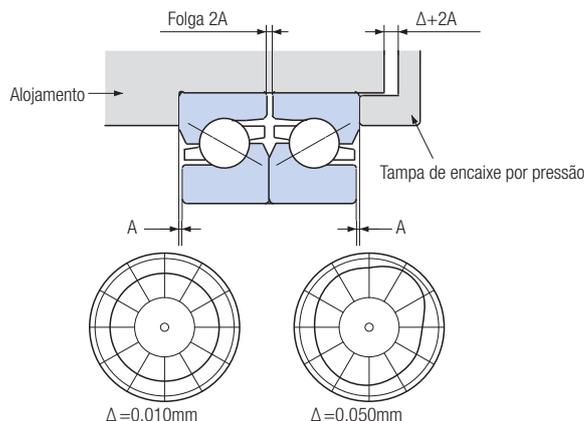
- α : Semiângulo da rosca
- d_n : Diâmetro médio da superfície do rolamento da porca (mm)
- μ_m : Coeficiente de atrito da superfície do rolamento na porca (≈ 0,15)
- μ : Coeficiente de atrito da superfície da rosca (≈ 0,15)

● **Tabela 9.2** Valores recomendados da força de aperto da porca de eixo

Diâmetro nominal do furo do rolamento (mm)	Força de aperto da porca do eixo (N)	Diâmetro nominal do furo do rolamento (mm)	Força de aperto da porca do eixo (N)
10	1500	80	19600
12	2500	85	19600
15	2500	90	19600
17	2500	95	19600
20	4900	100	19600
25	4900	105	19600
30	4900	110	19600
35	4900	120	19600
40	9800	130	19600
45	9800	140	29400
50	9800	150	29400
55	14700	160	29400
60	14700	170	29400
65	14700	180	29400
70	14700	190	29400
75	14700	200	29400

Montagem no alojamento

De modo a fixar o anel externo de um rolamento na direção axial, normalmente é mantida uma folga entre a tampa e o alojamento, sendo usado um parafuso para aperto. É necessário cuidado, pois pode ocorrer o desalinhamento e deformação do anel externo caso os parafusos não sejam apertados corretamente ou uniformemente (**Figura 9.7**). Geralmente é recomendado um intervalo de redução da folga do anel externo D de 0,010 a 0,020. Os valores recomendados do intervalo de redução da folga para rolamentos das séries TAB e TAF são apresentados nas **Tabelas 9.3 e 9.4**.



● **Figura 9.7** Exemplo da deflexão dependendo do intervalo de redução da folga do anel externo

● **Tabela 9.3** Valores recomendados do intervalo de redução da folga para rolamentos da série TAB

Código do rolamento	Intervalo de redução da folga do anel externo Δ (mm)
15TAB04 DF	0,010 ~ 0,030
17TAB04 DF	
20TAB04 DF	
25TAB06 DF	0,010 ~ 0,040
30TAB06 DF	
35TAB07 DF	
40TAB07 DF	
40TAB09 DF	0,020 ~ 0,050
45TAB07 DF	
45TAB10 DF	
50TAB10 DF	
55TAB10 DF	
55TAB12 DF	0,020 ~ 0,060
60TAB12 DF	

● **Tabela 9.4** Valores recomendados do intervalo de redução da folga para rolamentos da série TAF

Código do rolamento	Intervalo de redução da folga do anel externo Δ (mm)
25TAF06 DF	0,020
30TAF07 DF	0,030
35TAF09 DF	
40TAF09 DF	
40TAF11 DF	0,040
45TAF11 DF	
50TAF11 DF	
60TAF13 DF	
60TAF17 DF	0,050
100TAF21 DF	
120TAF03 DF	

Ajuste da folga do rolamento de rolos cilíndricos com furo cônico

A folga interna de um rolamento de rolos cilíndricos com furo cônico pode ser ajustada na largura do espaçador usando o procedimento abaixo.

- ① Verifique a seção cônica do eixo. Recubra a seção cônica com uma camada fina de óxido negro; é necessário um contato de 80% ou mais.
- ② Posicione cuidadosamente o anel interno na seção cônica do eixo (Figura 9.8).
- ③ Coloque o anel externo e fixe o eixo horizontalmente.
- ④ Posicione o relógio comparador no centro do anel externo.
- ⑤ Pressione o anel externo, girando-o para a esquerda e para a direita algumas vezes para que fique bem encaixado e zere o medidor.
- ⑥ Pressione o anel externo no sentido ascendente, a 180° de sua posição de simetria (diretamente abaixo), e gire-o ligeiramente para a esquerda e para direita para ler seu valor máximo (Figura 9.9).
- ⑦ Altere a posição do eixo em intervalos de aproximadamente 30°, meça o deslocamento axial e calcule a média das leituras como o valor de ΔR.
- ⑧ Utilize um bloco padrão para medir o distanciamento da face lateral do anel interno e do encosto do eixo (Figura 9.10).
- ⑨ Altere a posição e use a média de cinco ou seis localizações como o valor de L'.
- ⑩ Use a **Fórmula 9.3** para determinar a dimensão do espaçador necessário.

$$L=L' - 12(\Delta R - \Delta - \lambda e \cdot \delta) \quad \text{—————} \quad \text{(Fórmula 9.3)}$$

L' : Largura média do espaçador obtida no passo ⑨

ΔR : Folga radial medida

Δ : Folga radial pós-montagem desejada

λe : Relação de contração do anel externo

$$\lambda e = \frac{D_e}{D} - \frac{1 - \left(\frac{D}{D_h}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_e}{D_h}\right)^2}$$

D : Diâmetro externo do anel interno (mm)

De : Furo do anel interno (mm)

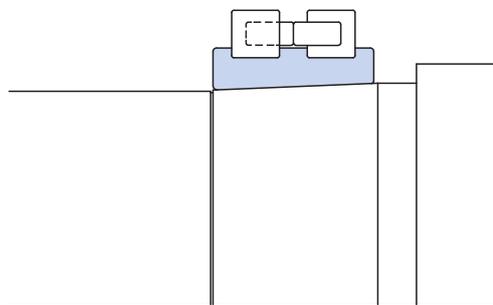
Dh : Furo do alojamento (mm)

δ : Interferência do anel externo

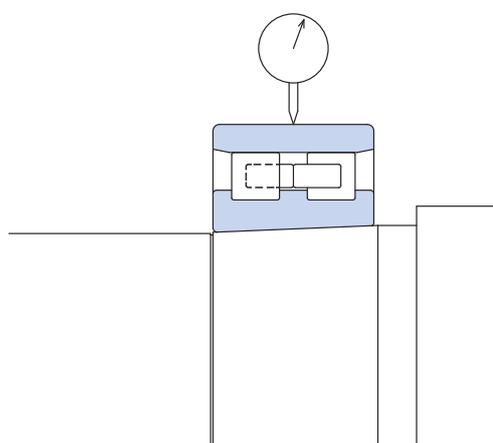
- ⑪ Corrija a largura do espaçador
- ⑫ Remova o anel interno do eixo cuidadosamente, evitando o emprego de força excessiva. Utilize uma ferramenta de remoção adequada para facilitar o processo.
- ⑬ Instale o espaçador corrigido e o rolamento no eixo
- ⑭ Novamente, meça a folga radial residual e confirme se está em acordo com a folga radial desejada (Figura 9.11).

9.2.4 Verificação pós-montagem

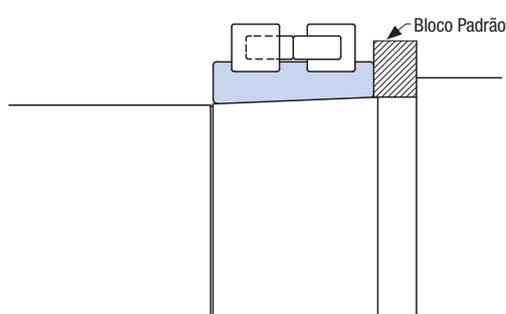
Utilize o procedimento em “5-3 Medindo a pré-carga” (Página 14) para confirmar se a pré-carga prescrita está sendo aplicada.



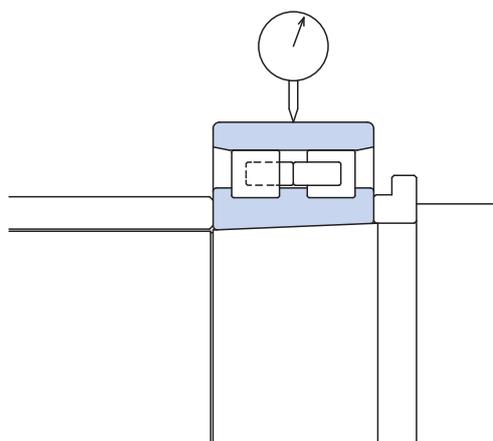
● Figura 9.8 Aperto temporário do anel interno



● Figura 9.9 Medição da folga radial



● Figura 9.10 Medição da largura do espaçador



● Figura 9.11 Verificação da folga radial de montagem final

- Seleção do rolamento
- Vida dos rolamentos
- Tolerância dos rolamentos
- Disposição do rolamento
- Pré-carga e rigidez
- Lubrificação
- Limites de velocidade
- Seleção do eixo e alojamento
- Manuseio dos rolamentos

Manuseio dos rolamentos

9-3 Teste

Após a instalação dos rolamentos, é efetuado um teste para confirmar se a operação está adequada. Particularmente quando estiver usando lubrificação com graxa, deve ser permitida a entrada de graxa no rolamento e é necessário tempo de adaptação suficiente. Segue-se o procedimento de teste geral.

- ① Certifique-se de que não existe folga entre o eixo e o alojamento, a tampa ou que todas as folgas são uniformes.
- ② Primeiro gire manualmente com cuidado o eixo e verifique ruído anormal e aderência.
- ③ Para grandes equipamentos onde não se pode girar manualmente, inicie o teste a uma velocidade tão baixa quanto

possível e, então, efetue as mesmas verificações do passo ② durante o amaciamento.

- ④ Caso não sejam detectadas anormalidades durante os primeiros três passos acima, aumente gradualmente a velocidade até à velocidade normal de funcionamento enquanto confirma que o aumento de temperatura ocorre em condições normais.
- ⑤ Para operações com regime extensivo, verifique a folga do parafuso e da porca, fugas de óleo ou graxa e ruído anormal. Se possível, após a conclusão do teste drene o lubrificante e verifique a presença de matérias estranhas.
- ⑥ A operação real pode ser iniciada após a conclusão do teste.

9-4 Remoção de rolamentos

Embora as principais razões para a remoção dos rolamentos sejam a manutenção periódica e a quebra mecânica, também deve ser usada como uma oportunidade para verificar o status atual de uma máquina e para a implantação de melhorias, etc. Particularmente em caso de avaria, as principais razões para a quebra podem ser detectadas normalmente após a desmontagem. Por este motivo, devem ser verificados os pontos seguintes quando estiver removendo rolamentos.

- ① Problemas com a instalação de rolamentos
- ② Óleo ou graxa insuficiente e a quantidade de contaminantes no

lubrificante (Recolha amostras)

- ③ Encaixe dos anéis interno e externo
- ④ Problemas no rolamento

Os itens seguintes também necessitam de ser estabelecidos antes de iniciar a remoção de rolamentos.

- ① Método de remoção de rolamentos
- ② Condições de encaixe
- ③ Ferramentas necessárias para remoção