

Rolamentos de Precisão









Índice

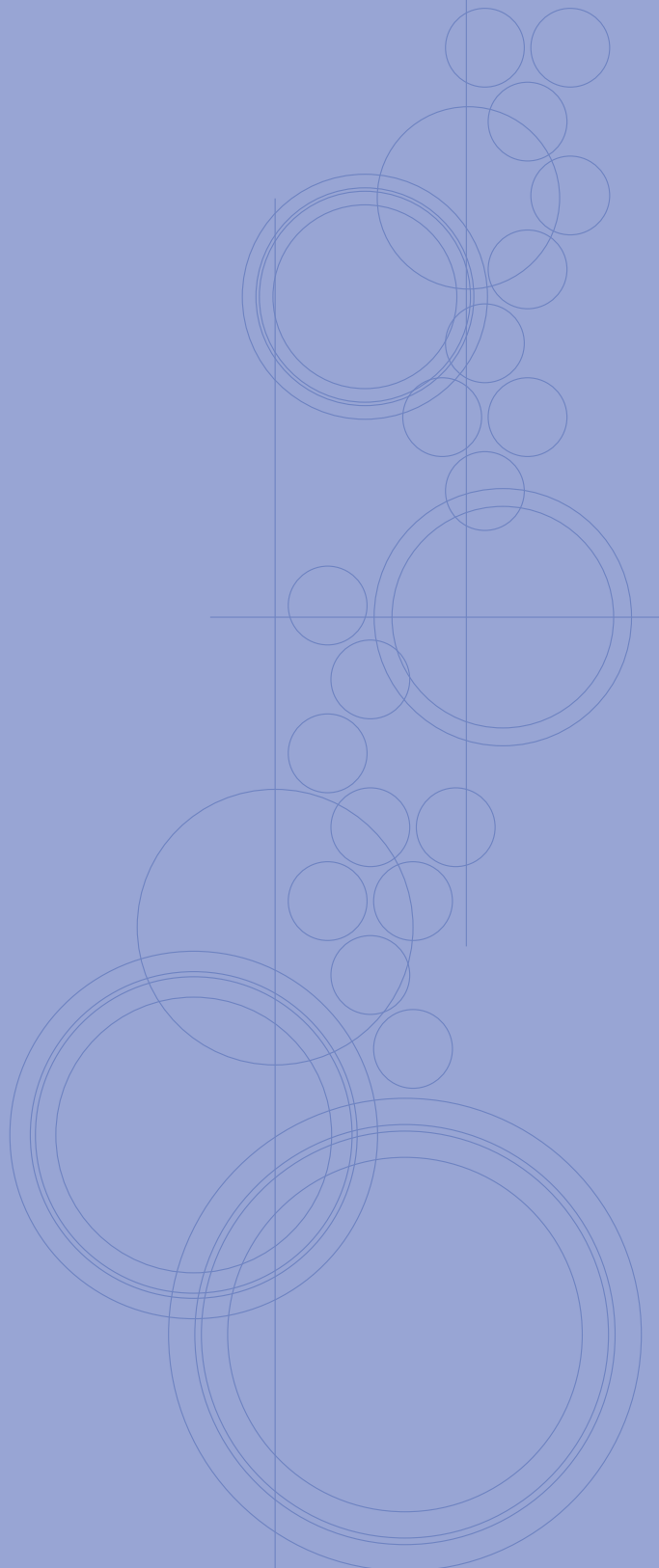
Descrição técnica

1 Seleção do rolamento		5 Pré-carga e rigidez	
1-1 Procedimento de seleção dos rolamentos.....	2	5-1 Objetivos da pré-carga.....	14
1-2 Seleção do tipo de rolamento.....	3	5-2 Métodos de pré-carga.....	14
2 Vida dos rolamentos		5-3 Medindo a pré-carga.....	14
2-1 Capacidade de carga dinâmica e vida nominal.....	4	5-4 Efeito da pré-carga.....	15
2-2 Carga dinâmica equivalente.....	4	5-5 Rigidez axial e pré-carga padrão.....	16
2-3 Carga no rolamento de esferas de contato angular.....	5	6 Lubrificação	
2-4 Capacidade de carga estática básica e carga estática equivalente ...	6	6-1 Finalidade da lubrificação.....	22
3 Tolerância dos rolamentos		6-2 Métodos de lubrificação.....	22
3-1 Tolerâncias do rolamento radial.....	7	7 Limites de velocidade	
3-2 Tolerâncias e valores admissíveis para rolamentos axiais de esferas de contato angular (Série TAH/TBH).....	9	7-1 Correção do limite de rotação.....	26
3-3 Tolerâncias de rolamentos de rolos cônicos cruzados.....	9	8 Seleção do eixo e alojamento	
3-4 Tolerância dos rolamentos para suporte de fusos (Série TAB).....	10	8-1 Ajustes do eixo e do alojamento.....	27
3-5 Tolerância dos rolamentos para suporte de fusos (Série TAF).....	11	8-2 Precisão recomendada para o eixo e alojamento.....	28
3-6 Tolerâncias para furos cônicos (rolamentos de rolos cilíndricos)	11	8-3 Limites da dimensão do chanfro.....	29
4 Disposição do rolamento		9 Manuseio dos rolamentos	
4-1 Características dos rolamentos duplex.....	12	9-1 Armazenar e transportar os rolamentos.....	30
4-2 Montagem e símbolos de montagem.....	13	9-2 Montagem de rolamentos.....	30
4-3 Rolamentos de esferas de contato angular com disposição universal ...	13	9-3 Teste.....	34
		9-4 Remoção de rolamentos.....	34

Tabelas de dimensão

Tipos e formas dos rolamentos de precisão.....	37
 Rolamentos de esferas de contato angular Tipo padrão	38
Série 7900C/7900AC.....	40
Série 7000C/7000AC.....	42
Série 7200C/7200AC.....	44
 Rolamentos de esferas de contato angular de alta velocidade	46
Série BNH.....	48
 Rolamentos axiais de esferas de contato angular	50
Série TAH.....	52
Série TBH.....	54
 Rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras	56
Série NN3000.....	58
Série NNU4900.....	60
 Rolamentos de rolos cônicos cruzados	62
Série XRN.....	64
Série XRG.....	66
 Rolamentos para suporte de fusos	68
Série TAB.....	70
Série TAF.....	72

Descrição técnica



Descrição técnica

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

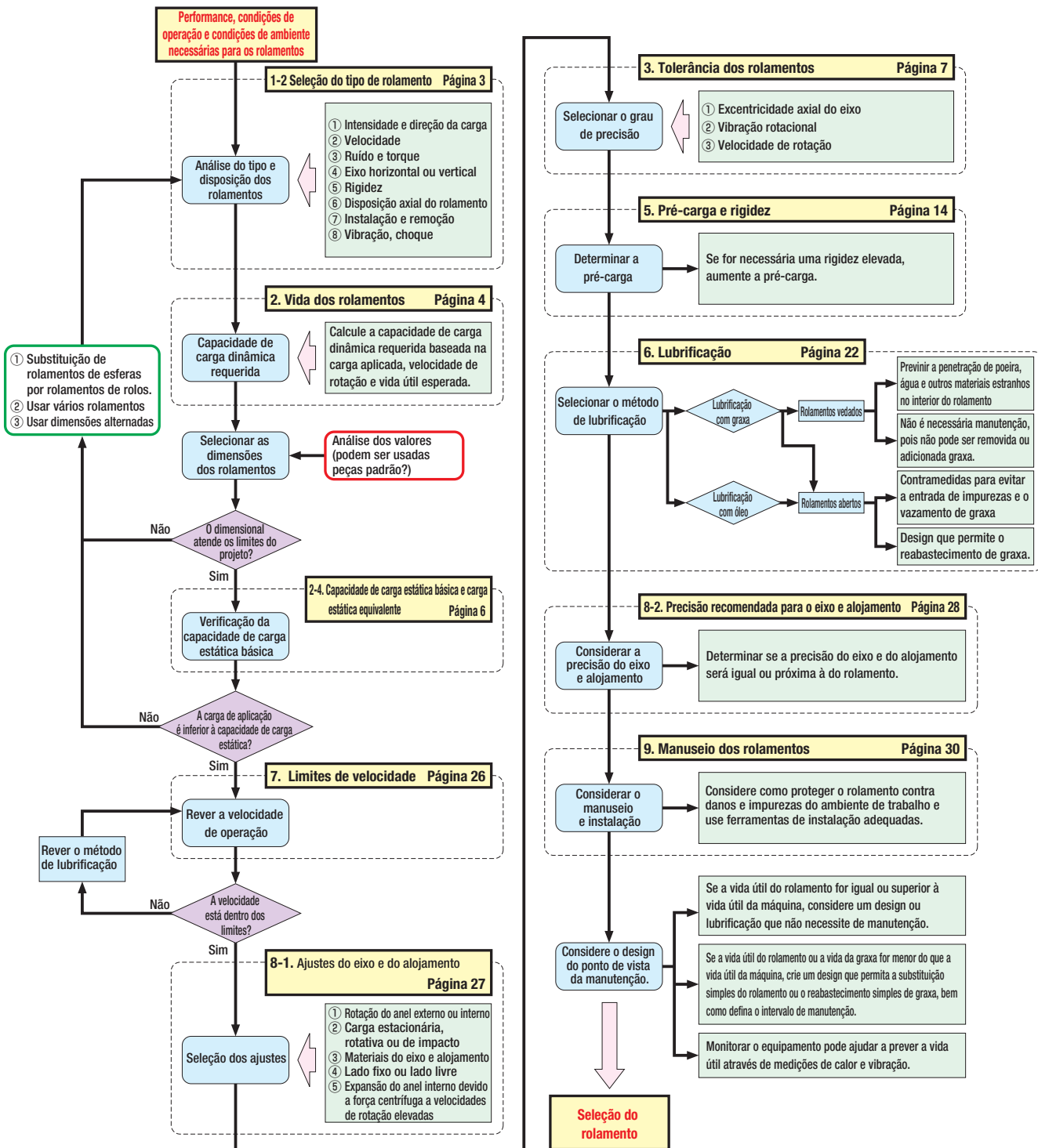
1

Seleção do rolamento

1-1 Procedimento de seleção dos rolamentos

Apesar de não ser fácil a escolha do tipo e combinação adequada dos rolamentos, a eficiente seleção dos rolamentos é essencial para obter alta performance e vida útil satisfatória do conjunto. Embora existam vários procedimentos diferentes para selecionar o

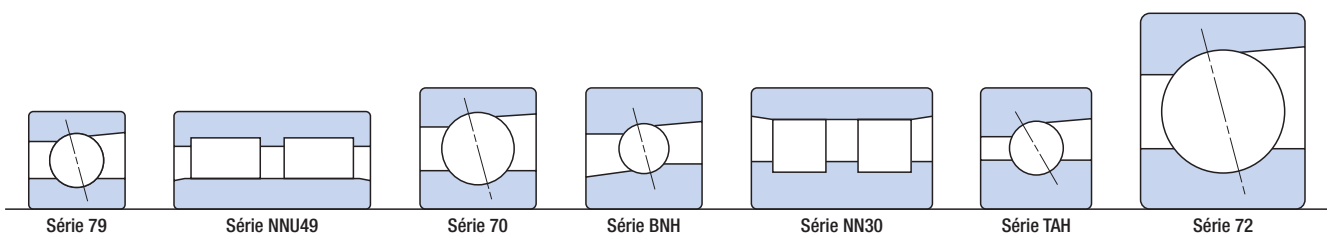
rolamento ideal, o desenvolvimento deve priorizar os requisitos mais críticos da aplicação. A **Figura 1.1** exemplifica um procedimento para estabelecer prioridades durante a seleção das características dos rolamentos.



● **Figura 1.1** Procedimento de seleção do rolamento

1-2 Seleção do tipo de rolamento

Fatores	Diretrizes de seleção
Espaço permissível para rolamentos	<ul style="list-style-type: none"> ● Durante a concepção de um sistema de eixos, a rigidez e resistência do eixo são fatores importantes. O primeiro passo é determinar o diâmetro do eixo e o diâmetro do furo. ● A Figura 1.2 apresenta as diretrizes para os principais tamanhos e tipos de rolamentos de precisão aplicados em máquinas operatrizes.
Carga (tipo, direção, magnitude)	<ul style="list-style-type: none"> ● Selecione o tipo de rolamento ideal de acordo com a magnitude de carga radial e axial, direção da carga (numa ou em ambas as direções) e tipo (vibração e choque). ● Em geral, um rolamento de rolos tem uma maior capacidade de carga nominal do que um rolamento de esferas.
Velocidade de rotação	<ul style="list-style-type: none"> ● Selecione o tipo de rolamento de acordo com a velocidade máxima de rotação especificada para a máquina onde o rolamento é usado. ● Os limites de velocidade dos rolamentos dependem em grande parte da magnitude da carga aplicada, precisão de funcionamento, material e design da gaiola. ● Assim, é necessário analisar minuciosamente os requisitos. ● Em geral, os rolamentos de contato angular de esferas ou rolamentos de rolos cilíndricos, que demonstram um aumento mínimo da temperatura, são usados em aplicações de alta velocidade.
Rigidez	<ul style="list-style-type: none"> ● Para aumentar a rigidez do conjunto, do eixo e do alojamento, a rigidez dos rolamentos é essencial. ● Em geral, a rigidez de um rolamento de rolos é superior à de um rolamento de esferas. ● A rigidez de uma combinação de rolamentos de esferas de contato angular aumenta aplicando pré-carga no conjunto.
Montagem e desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> ● Selecionar um rolamento separável aumenta a eficiência de funcionamento durante a montagem e desmontagem para inspeção periódica, etc.



● **Figura 1.2** Principais rolamentos de precisão aplicados em máquinas operatrizes



Vida dos rolamentos

2-1 Capacidade de carga dinâmica e vida nominal

Ainda que os requisitos dos rolamentos de precisão variem ligeiramente para cada aplicação, os principais requisitos são:

- Capacidades de carga elevada
- Baixo atrito
- Baixo nível de ruído
- Elevada precisão
- Elevada rigidez

O requisito de confiabilidade define o período de tempo dentro do qual todos os outros requisitos devem atender. O requisito de confiabilidade (vida em sentido abrangente) inclui período de lubrificação e ruído, bem como a vida de fadiga. A confiabilidade será reduzida devido à vários tipos de danos e degradação.

Embora existam vários tipos de danos, como quebra e superaquecimento, estes são considerados separadamente da vida útil dos rolamentos. Manuseio indevido, falha de montagem, lubrificação incorreta e problemas de ajuste são as maiores causas que levam a uma vida útil inferior à calculada.

Independentemente de quão bem manuseados, montados e mantidos, os rolamentos irão inevitavelmente falhar devido à fadiga do material originada pela tensão repetitiva decorrente das cargas de trabalho. A vida útil do rolamento pode ser observada sobre duas perspectivas: 1) Se, na inspeção, forem verificados indícios de fadiga, o rolamento deve ser considerado inadequado para o uso; ou 2) A duração de vida do rolamento em horas ou revoluções pode ser definida como limite no qual o rolamento deve ser automaticamente substituído. Uma vez que a vida de fadiga varia devido ao tamanho e tipo de rolamentos submetidos à esforços de trabalho idênticos, a análise das condições de cargas aplicadas e a escolha definitiva dos rolamentos devem ser cuidadosamente realizadas de modo a atender aos requisitos da aplicação.

A fadiga de cada rolamento é distinta. Assim, quando um grupo de rolamentos idênticos opera sob as mesmas condições de trabalho, o fenômeno estatístico da dispersão surge. Portanto, a vida útil média não é um critério adequado para selecionar um rolamento de contato angular. O mais apropriado é considerar o limite (em horas ou revoluções) que

uma grande porcentagem dos rolamentos alcançam em operação. Assim, a vida nominal e a capacidade de carga dinâmica Cr ou Ca são determinadas usando a seguinte definição:

● Vida nominal básica

Número total de revoluções que 90% de um grupo de rolamentos idênticos trabalhando individualmente sob as mesmas condições atingem sem apresentar avarias decorrentes da fadiga de trabalho.

● Capacidade de carga dinâmica (Cr ou Ca)

Carga aplicada, com magnitude e direção constantes, que determina o término da vida do rolamento após um milhão de revoluções.

A vida nominal dos rolamentos é calculada através da **Fórmula 2.1** e da **Fórmula 2.2**.

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^p \text{ ————— } \text{ (Fórmula 2.1)}$$

$$Lh = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} \text{ ————— } \text{ (Fórmula 2.2)}$$

- L : Vida nominal básica (10⁶ revoluções)
- Lh : Vida nominal básica (horas)
- C : Capacidade de carga dinâmica (N) (Cr para rolamentos radiais, Ca para rolamentos axiais)
- P : Carga no rolamento (carga dinâmica equivalente) (N) (Pr para rolamentos radiais, Pa para rolamentos axiais)
- p : 3 (rolamentos de esferas), 10/3 (rolamentos de rolos)
- n : RPM: (min⁻¹)

No caso de disposições com vários rolamentos, a capacidade de carga dinâmica é calculada utilizando os fatores abaixo.

Disposição de 2 carreiras	Disposição de 3 carreiras	Disposição de 4 carreiras
1,62	2,16	2,64

2-2 Carga dinâmica equivalente

A carga no rolamento P nas Fórmulas 2.1 e 2.2 é especificamente radial (ou axial) com direção e intensidade constantes. Sob condições normais de aplicação, existem muitos casos onde as cargas radial e axial são aplicadas simultaneamente. Nesses casos, a vida teórica do rolamentos deve ser calculada convertendo as cargas radial e axial em carga dinâmica equivalente.

A carga dinâmica equivalente é calculada usando a **Fórmula 2.3**. Carga aplicada, com magnitude e direção constantes, que determina o término da vida do rolamento após um milhão de revoluções.

A vida nominal dos rolamentos é calculada através da Fórmula 2.1 e da Fórmula 2.2.

$$Pr = XFr + YFa \text{ ou } Pa = XFr + YFa \text{ ————— } \text{ (Fórmula 2.3)}$$

- Pr : Carga radial dinâmica equivalente (N)
- Pa : Carga axial dinâmica equivalente (N)
- Fr : Carga radial (N)
- Fa : Carga axial (N)
- X : Fatores da carga radial (**Tabela 2.1**)
- Y : Fatores da carga axial (**Tabela 2.1**)

● Tabela 2.1 Fatores de carga

	Ângulo de contato nominal	iFa/Cor	e	Rolamento de uma carreira/unidirecional		Rolamento de múltiplas carreiras/múltiplas direções						
				Fa/Fr > e		Fa/Fr ≤ e		Fa/Fr > e				
				X	Y	X	Y	X	Y			
Rolamentos radiais de esferas	15°	0,015	0,38	0,44	1,47	1,65	0,72	2,39	1,46			
		0,029	0,40							1,40	1,57	2,28
		0,058	0,43							1,30	1,46	2,11
		0,087	0,46							1,23	1,38	2,00
		0,12	0,47							1,19	1,34	1,93
		0,17	0,50							1,12	1,26	1,82
		0,29	0,55							1,02	1,14	1,66
		0,44	0,56							1,00	1,12	1,63
		0,58	0,56							1,00	1,12	1,63
		25°	—							0,68	0,41	0,87
30°	—	0,80	0,39	0,76	0,78	0,63	1,24					
40°	—	1,14	0,35	0,57	0,55	0,57	0,93					
Rolamentos axiais de esferas	50°	—	1,49	0,73	1	1,37	0,57	0,73	1			
55°	—	1,79	0,81	1	1,6	0,56	0,81	1				
60°	—	2,17	0,92	1	1,9	0,55	0,92	1				

- Nota 1) i = 2 para DB ou DF, i = 1 para individual ou DT.
- Nota 2) Para individual ou DT, use Pr=Fr quando Fa/Fr ≤ e.
- Nota 3) Quando o ângulo de contato nominal é 15°, utilizar interpolação linear para determinar os valores de e, X e Y para cada iFa/Cor não incluído na tabela.
- Nota 4) Para uso a alta velocidade (valor dmn > 800.000), a força centrífuga do rolo também deve ser considerada além da carga externa. Nestes casos, consulte o Departamento de Engenharia de Aplicação (DEA).

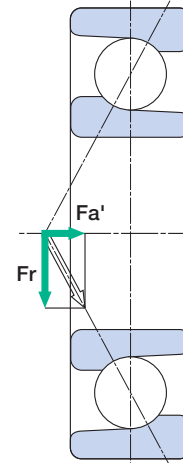
2-3 Carga no rolamento de esferas de contato angular

No caso dos rolamentos de esferas de contato angular, o ponto de interseção da linha de contato da esfera com a linha de centro do eixo, mostrados na **Figura 2.1**, deve ser utilizado como ponto de suporte do rolamento (centro de carga).

Por este motivo, os rolamentos de esferas de contato angular mostrados nas tabelas dimensionais indicam o respectivo centro de carga com a dimensão “a”. Esta informação é particularmente importante quando uma carga de momento está agindo no rolamento. Esforços componentes axiais são originados pela aplicação da carga radial em um rolamento de esferas de contato angular. Pode-se calcular os esforços componentes axiais utilizando a **Fórmula 2.4**.

$$Fa' = \frac{Fr}{2Y} \quad \text{(Fórmula 2.4)}$$

Fa' : Carga axial induzida (N)
 Fr : Carga radial (N)
 Y : Fator de carga axial



● **Figura 2.1** Carga axial inferida para rolamentos de esferas de contato angular

Devidos aos esforços componentes, a carga axial e a carga radial dinâmica equivalente atuantes no rolamentos são mostradas na **Tabela 2.2**.

● **Tabela 2.2** Carga axial e carga dinâmica equivalente dos rolamentos esferas de contato angular

Disposição do rolamento	Condições de carga	Carga axial	Carga radial dinâmica equivalente
	$Fa \geq 0.5 \left(\frac{FrI}{YI} - \frac{FrII}{YII} \right)$	$FaI = FaII + Fa$ $FaII = 0.5 \frac{FrII}{YII}$	$PrI = XI FrI + YI (FaII + Fa)$ $PrII = FrII$
	$Fa < 0.5 \left(\frac{FrI}{YI} - \frac{FrII}{YII} \right)$	$FaI = 0.5 \frac{FrI}{YI}$ $FaII = FaI - Fa$	$PrI = FrI$ $PrII = XII FrII + YII (FaI - Fa)$
	$Fa \geq 0.5 \left(\frac{FrII}{YII} - \frac{FrI}{YI} \right)$	$FaI = 0.5 \frac{FrI}{YI}$ $FaII = FaI + Fa$	$PrI = FrI$ $PrII = XII FrII + YII (FaI + Fa)$
	$Fa < 0.5 \left(\frac{FrII}{YII} - \frac{FrI}{YI} \right)$	$FaI = FaII - Fa$ $FaII = 0.5 \frac{FrII}{YII}$	$PrI = XI FrI + YI (FaII - Fa)$ $PrII = FrII$

FrI, FrII : Carga radial (N) aplicada aos rolamentos I e II Fa : Carga axial externa (N)
 Yi, YII : Fatores de carga axial dos rolamentos I e II Xi, XII : Fatores de carga radial dos rolamentos I e II
 PrI, PrII : Carga radial dinâmica equivalente (N) dos rolamentos I e II

Vida dos rolamentos

2-4 Capacidade de carga estática básica e carga estática equivalente

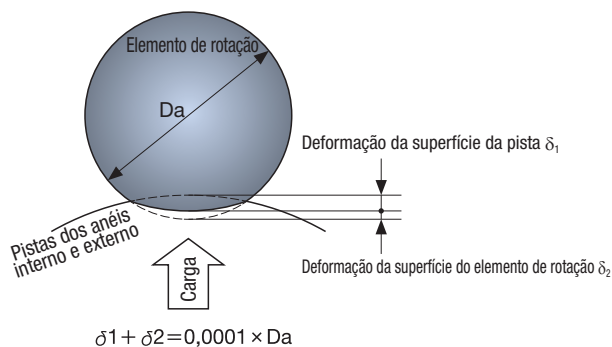
2.4.1 Capacidade de carga estática

A carga aplicada em rolamentos parados pode originar marcas de afundamento na região atuante da carga. Embora alguma deformação elástica das superfícies é aceitável, uma deformação plástica pode gerar elevado nível de ruído e vibração durante o funcionamento, tornando-o inutilizável. O termo capacidade de carga estática (Cor ou Coa) se refere ao valor de tensão superficial máximo entre pistas e elementos rolantes devido a atuação de carga estática.

Rolamentos de esferas — 4200 MPa

Rolamentos de rolos — 4000 MPa

Com estas referências de tensão superficial, a resultante das deformações elástica é aproximadamente 1/10.000 do diâmetro do elemento rolante (Figura 2.2).



● Figura 2.2 Deformação permanente

2.4.2 Carga estática equivalente

A carga estática equivalente é resultante das condições de aplicação de carga na seção de contato dos elementos rolantes e pistas que suportam a tensão superficial máxima.

Para os rolamentos radiais, uma carga radial de direção e magnitude constantes é denominada de carga radial estática equivalente e, para os rolamentos axiais, uma carga axial de direção e magnitude constantes é denominada de carga axial estática equivalente.

Para calcular a carga radial estática equivalente, deve ser usado o maior valor dos dois valores obtidos da **Fórmula 2.5** e da **Fórmula 2.6**.

$$P_{or} = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{(Fórmula 2.5)}$$

$$P_{or} = F_r \quad \text{(Fórmula 2.6)}$$

A carga axial estática equivalente é calculada usando a **Fórmula 2.7**.

$$P_{oa} = X_o F_r + Y_o F_a \quad \text{(Fórmula 2.7)}$$

P_{or} : Carga radial estática equivalente (N)

P_{oa} : Carga axial estática equivalente (N)

F_r : Carga radial (N)

F_a : Carga axial (N)

X_o : Fatores da carga radial estática (Tabela 2.3)

Y_o : Fatores da carga axial estática (Tabela 2.3)

● Tabela 2.3 Fatores de carga estática

	Ângulo de contato nominal	Individual ou DT		DB ou DF	
		X_o	Y_o	X_o	Y_o
Rolamentos radiais de esferas	15°	0,5	0,46	1	0,92
	25°	0,5	0,38	1	0,76
	30°	0,5	0,33	1	0,66
	40°	0,5	0,26	1	0,52
Rolamentos axiais de esferas	50°	2,74	1	2,74	1
	55°	3,28	1	3,28	1
	60°	3,98	1	3,98	1

2.4.3 Fatores de segurança

A capacidade de carga estática básica é considerada como o fator limitador para as aplicações gerais.

Uma aplicação pode exigir um fator de segurança superior a 1.

A **Fórmula 2.8** e a **Tabela 2.4** mostram a fórmula de cálculo e os fatores de segurança (diretrizes).

$$P_o \max = \frac{C_o}{S_o} \quad \text{(Fórmula 2.8)}$$

$P_o \max$: Carga estática equivalente permissível (N)

C_o : Capacidade de carga estática básica (N)

S_o : Fatores de segurança (Tabela 2.4)

● Tabela 2.4 Fatores de segurança S_o

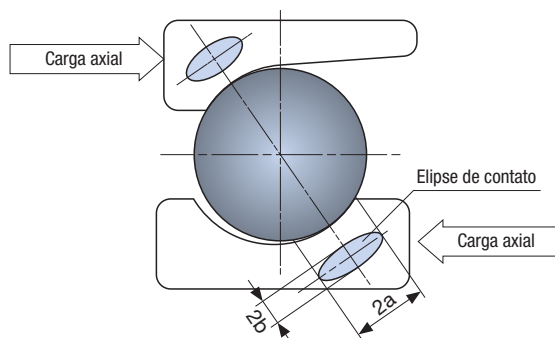
Condições da aplicação	S_o	
	Rolamentos de esferas	Rolamentos de rolos
É necessária elevada precisão de rotação	2	3
Presença de vibração e/ou impacto	1,5	2
Condições normais de funcionamento	1	1,5

2.4.4 Carga axial permissível

Uma carga axial permissível é atuante apenas em rolamentos que podem suportar carga axial, tal qual os rolamentos de esferas de contato angular.

Para rolamentos de esferas, a carga permissível é a menor dos dois seguintes valores.

- 1 Carga axial quando o valor da pressão superficial na seção de contato entre pistas e esferas é igual ou inferior a 4.200 MPa.
- 2 Carga axial que origine uma elipse de contato formada entre esferas e superfícies das pistas cujos limites excedam as bordas das pistas de rolagem (Figura 2.3)



● Figura 2.3 Elipse de contato



Tolerância dos rolamentos

Descrição técnica

3-1 Tolerâncias do rolamento radial

As tolerâncias dos rolamentos de esferas de contato angular abrangem a precisão dimensional e a precisão de giro. As tolerâncias são classificadas pela ISO 492 e JIS B1514 (Rolling Bearing –

Tolerances), em conformidade com as classes 5, 4 e 2. As tolerâncias para o rolamento radial são apresentadas na **Tabela 3.1** e na **Tabela 3.2** (página 8).

● **Tabela 3.1** Tolerâncias do anel interno (Classe 5, Classe 4, Classe 2 da norma JIS)

Unidade: μm

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Variação média do diâmetro do furo em um plano (1) Δd_{mp}						Desvio do diâmetro do furo (1) Δd_s				Diferença do furo em um plano (1) V_{dsp}				Diferença média do diâmetro do furo em um plano (1) V_{dmp}		
Acima de	Inclusive	Classe 5		Classe 4		Classe 2		Classe 4		Classe 2		Classe 5		Classe 4		Classe 5	Classe 4	Classe 2
		Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Série de diâmetro				Série de diâmetro				Máx.	Máx.	Máx.
								0,2				9 0,2 9 0,2						
						Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.			
2.5	10	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4	0	-2,5	5	4	4	3	3	2	1,5
10	18	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4	0	-2,5	5	4	4	3	3	2	1,5
18	30	0	-6	0	-5	0	-2,5	0	-5	0	-2,5	6	5	5	4	3	2,5	1,5
30	50	0	-8	0	-6	0	-2,5	0	-6	0	-2,5	8	6	6	5	4	3	1,5
50	80	0	-9	0	-7	0	-4	0	-7	0	-4	9	7	7	5	5	3,5	2
80	120	0	-10	0	-8	0	-5	0	-8	0	-5	10	8	8	6	5	4	2,5
120	150	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7	13	10	10	8	7	5	3,5
150	180	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7	13	10	10	8	7	5	3,5
180	250	0	-15	0	-12	0	-8	0	-12	0	-8	15	12	12	9	8	6	4

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

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Excentricidade radial do anel interno do rolamento montado K_{ia}			Excentricidade da face de referência do anel interno em relação ao furo S_d			Excentricidade da face de referência do anel interno do rolamento montado em relação à pista de rolagem (2) S_{ia}			Desvio da largura de um anel ΔB_s					Variação da largura do anel interno V_{Bs}			
Acima de	Inclusive	Classe 5	Classe 4	Classe 2	Classe 5	Classe 4	Classe 2	Classe 5	Classe 4	Classe 2	Classe 5	Classe 4/Classe 2		Classe 5/Classe 4/Classe 2		Classe 5	Classe 4	Classe 2	
		Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Rolamento Individual			Rolamento - Duplex (3)		Máx.	Máx.	Máx.	
											Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior			
2.5	10	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	0	-40	0	-40	0	-250	5	2,5	1,5
10	18	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	0	-80	0	-80	0	-250	5	2,5	1,5
18	30	4	3	2,5	8	4	1,5	8	4	2,5	0	-120	0	-120	0	-250	5	2,5	1,5
30	50	5	4	2,5	8	4	1,5	8	4	2,5	0	-120	0	-120	0	-250	5	3	1,5
50	80	5	4	2,5	8	5	1,5	8	5	2,5	0	-150	0	-150	0	-250	6	4	1,5
80	120	6	5	2,5	9	5	2,5	9	5	2,5	0	-200	0	-200	0	-380	7	4	2,5
120	150	8	6	2,5	10	6	2,5	10	7	2,5	0	-250	0	-250	0	-380	8	5	2,5
150	180	8	6	5	10	6	4	10	7	5	0	-250	0	-250	0	-380	8	5	4
180	250	10	8	5	11	7	5	13	8	5	0	-300	0	-300	0	-500	10	6	5

Nota 1) Aplicável para rolamentos com furo cilíndrico.

Nota 2) Aplicável para rolamentos de esferas.

Nota 3) Aplicável aos anéis de cada rolamento ajustado para montagem combinada.

Observação: o desvio máximo do diâmetro do furo do rolamento dos rolamentos de furo cilíndrico na Tabela 3.1 não se aplica a uma distância da face do anel de $1,2 \times r$ (máx.) do chanfro.

Tolerância dos rolamentos

● **Tabela 3.2** Tolerâncias do anel externo (Classe 5, Classe 4, Classe 2 da norma JIS)

Unidade: μm

Diâmetro externo nominal do rolamento D (mm)		Variação média do diâmetro externo do anel externo em um plano ΔD_{mp}						Desvio do diâmetro externo ΔD_s				Variação do diâmetro externo em um plano radial (1) $V D_{sp}$					Variação média do diâmetro externo $V D_{mp}$		
		Classe 5		Classe 4		Classe 2		Classe 4		Classe 2		Classe 5		Classe 4		Classe 2	Classe 5	Classe 4	Classe 2
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Série de diâmetro				Série de diâmetro					Máx.	Máx.	Máx.
								0,2				9	0,2	9	0,2	0,2			
								Superior	Inferior	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.			
18	30	0	-6	0	-5	0	-4	0	-5	0	-4	6	5	5	4	4	3	2,5	2
30	50	0	-7	0	-6	0	-4	0	-6	0	-4	7	5	6	5	4	4	3	2
50	80	0	-9	0	-7	0	-4	0	-7	0	-4	9	7	7	5	4	5	3,5	2
80	120	0	-10	0	-8	0	-5	0	-8	0	-5	10	8	8	6	5	5	4	2,5
120	150	0	-11	0	-9	0	-5	0	-9	0	-5	11	8	9	7	5	6	5	2,5
150	180	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10	0	-7	13	10	10	8	7	7	5	3,5
180	250	0	-15	0	-11	0	-8	0	-11	0	-8	15	11	11	8	8	8	6	4
250	315	0	-18	0	-13	0	-8	0	-13	0	-8	18	14	13	10	8	9	7	4
315	400	0	-20	0	-15	0	-10	0	-15	0	-10	20	15	15	11	10	10	8	5

Unidade: μm

Diâmetro externo nominal do rolamento D (mm)		Excentricidade radial do anel externo do rolamento montado K_{ea}			Variação da inclinação da geratriz da superfície externa em relação à referência do anel externo S_D			Excentricidade da face de referência do anel externo do rolamento montado em relação à pista de rolagem (2) S_{ea}			Desvio da largura de um anel ΔC_s	Variação da largura do anel externo $V C_s$		
		Classe 5	Classe 4	Classe 2	Classe 5	Classe 4	Classe 2	Classe 5	Classe 4	Classe 2		Classe 5	Classe 4	Classe 2
Acima de	Inclusive	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.		Máx.	Máx.	Máx.
18	30	6	4	2,5	8	4	1,5	8	5	2,5	Corresponde aos valores de ΔB_s indicados para o anel interno do mesmo.	5	2,5	1,5
30	50	7	5	2,5	8	4	1,5	8	5	2,5		5	2,5	1,5
50	80	8	5	4	8	4	1,5	10	5	4		6	3	1,5
80	120	10	6	5	9	5	2,5	11	6	5		8	4	2,5
120	150	11	7	5	10	5	2,5	13	7	5		8	5	2,5
150	180	13	8	5	10	5	2,5	14	8	5		8	5	2,5
180	250	15	10	7	11	7	4	15	10	7		10	7	4
250	315	18	11	7	13	8	5	18	10	7		11	7	5
315	400	20	13	8	13	10	7	20	13	8	13	8	7	

Nota 1) Aplicável para rolamentos de tipo aberto.

Nota 2) Aplicável para rolamentos de esferas.

Observação: o desvio mínimo do diâmetro externo dos rolamentos na Tabela 3.2 não se aplica a uma distância da face do anel de $1,2 \times r$ (máx.) do chanfro.

3-2 Tolerâncias e valores admissíveis para rolamentos axiais de esferas de contato angular (Série TAH/TBH)

Exceto para o diâmetro externo do anel externo, a precisão dos rolamentos axiais de esferas de contato angular está em conformidade com a classe 4 da JIS. As tolerâncias do diâmetro externo do anel externo são mostradas na [Tabela 3.3](#).

● **Tabela 3.3** Tolerância do diâmetro externo Unidade: μm

Diâmetro externo nominal do rolamento D (mm)		Desvio do diâmetro externo ΔD_s	
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior
50	80	-30	-49
80	120	-36	-58
120	180	-43	-68
180	250	-50	-79
250	315	-56	-88

3-3 Tolerâncias de rolamentos de rolos cônicos cruzados

As tolerâncias para rolamentos de rolos cônicos cruzados são apresentadas na [Tabela 3.4](#) e na [Tabela 3.5](#).

● **Tabela 3.4** Tolerância dos anéis interno e externo da série XRN Unidade: μm

Código do rolamento	Variação média do diâmetro do furo em um plano Δd_{mp}		Variação média do diâmetro externo do anel externo em um plano ΔD_{mp}		Variação da altura total Ts		Excentricidade do anel externo (máx.)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Excentricidade radial	Excentricidade da face lateral
150XRN23	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
200XRN28	0	-15	0	-18	+350	-250	7	7
250XRN33	0	-15	0	-18	+350	-250	7	7
250XRN35	0	-10	0	-13	+350	-250	9	9
300XRN40	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
310XRN42	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
0330XRN045	+25	0	+25	0	+350	-250	8	8
350XRN47	0	-13	0	-15	+350	-250	9	9
375XRN49	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
400XRN55	0	-13	0	-18	+350	-250	9	9
0457XRN060	+25	0	+25	0	+380	-380	9	9
580XRN76	+25	0	+38	0	+406	-406	10	10
0685XRN091	+38	0	+38	0	+508	-508	12	12
950XRN117	0	-75	0	-75	+750	-750	14	14

● **Tabela 3.5** Tolerâncias dos anéis interno e externo da série XRG (XRGV) Unidade: μm

Código do rolamento	Variação média do diâmetro do furo em um plano Δd_{mp}		Variação média do diâmetro externo do anel externo em um plano ΔD_{mp}		Variação da altura total Ts		Excentricidade do anel interno (máx.)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Excentricidade radial	Excentricidade da face lateral
130XRG23	0	-10	0	-15	+350	-250	6	7
140XRGV20	0	-13	0	-15	+350	-350	5	5
150XRG23	0	-13	0	-15	+350	-250	6	7
200XRGV028	0	-15	0	-18	+350	-350	7	7
320XRG43	0	-13	0	-15	+350	-250	7	7
480XRGV66	0	-45	-70	-100	+450	-450	11	11

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

Tolerância do rolamento

3-4 Tolerância dos rolamentos para suporte de fusos (Série TAB)

As tolerâncias dos rolamentos para suporte de fusos (Série TAB) são apresentadas na [Tabela 3.6](#) e na [Tabela 3.7](#).

● **Tabela 3.6** Tolerâncias para anel interno (incluindo largura do anel externo e excentricidade da face lateral do anel externo em relação à pista de rolagem) Unidade: μm

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Variação do furo e desvio médio do furo em um plano. $\Delta d_{mp}, \Delta d_s$				Variação do diâmetro do furo em um plano radial V_{dp}		Variação média do diâmetro do furo V_{dmp}		Desvio na largura do anel interno (ou anel externo) $\Delta B_s, \Delta C_s$		Desvio na largura do anel interno V_{Bs}		Excentricidade radial do anel interno do rolamento montado K_{ia}		Excentricidade da face lateral S_{ia} em relação ao furo		Excentricidade da face lateral em relação à pista de rolagem do anel interno do rolamento montado S_{ie} e do anel externo do rolamento montado S_{ea}	
		Classe 5		Classe 4		Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5/Classe 4		Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
10	18	0	-5	0	-4	4	3	3	2	0	-80	5	2,5	4	2,5	7	3	4	2
18	30	0	-6	0	-5	5	4	3	2,5	0	-120	5	2,5	4	3	8	4	5	2,5
30	50	0	-8	0	-6	6	5	4	3	0	-120	5	3	5	4	8	4	6	2,5
50	80	0	-9	0	-7	7	5	5	3,5	0	-150	6	4	5	4	8	5	7	2,5

● **Tabela 3.7** Tolerâncias do anel externo Unidade: μm

Diâmetro externo nominal do rolamento D (mm)		Variação média do diâmetro externo do anel externo em um plano $\Delta D_{mp}, \Delta D_s$				Variação do diâmetro externo em um plano radial V_{Dp}		Variação média do diâmetro externo V_{Dmp}		Variação da inclinação da geratriz da superfície externa em relação ao anel externo V_{Cs}		Excentricidade radial do anel externo do rolamento montado K_{ea}		Inclinação externa do anel externo S_D	
		Classe 5		Classe 4		Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4	Classe 5	Classe 4
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	
30	50	0	-7	0	-6	5	5	4	3	5	2,5	7	5	8	
50	80	0	-9	0	-7	7	5	5	3,5	6	3	8	5	8	
80	120	0	-10	0	-8	8	6	5	4	8	4	10	6	9	

Para os rolamentos da série TAB para suporte de fusos, tolerâncias restritas são estabelecidas para diâmetro externo e diâmetro do furo de modo a minimizar as diferenças entre rolamentos pareados. ([Tabela 3.8](#) e [Tabela 3.9](#))

● **Tabela 3.8** Tolerâncias para diâmetro do furo do anel interno (Classe 4) Unidade: μm

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Variação média do diâmetro do furo em um plano $\Delta d_{mp}, \Delta d_s$	
		Classe 4	
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior
10	18	0	-4
18	30	0	-4
30	50	0	-4
50	80	0	-5

As tolerâncias para outros diâmetros que não os diâmetros de furo estão em acordo com a classe 4 da Tabela 3.6.

● **Tabela 3.9** Tolerâncias para o diâmetro externo do anel externo (Classe 4) Unidade: μm

Diâmetro externo nominal do rolamento D (mm)		Variação média do diâmetro externo do anel externo em um plano $\Delta D_{mp}, \Delta D_s$	
		Classe 4	
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior
30	50	0	-4
50	80	0	-5
80	120	0	-6

As tolerâncias para outros diâmetros que não os diâmetros externos estão em acordo com a classe 4 da Tabela 3.7.

3-5 Tolerância dos rolamentos para suporte de fusos (Série TAF)

As tolerâncias dos rolamentos para suporte de fusos (Série TAF) são apresentadas na Tabela 3.10 e na Tabela 3.11.

● Tabela 3.10 Tolerâncias para anel interno (incluindo largura do anel externo, Classe 5 da norma JIS)

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Variação média do diâmetro do furo em um plano Δd_{mp}		Variação do diâmetro do furo em um plano radial V_{dp}	Variação média do diâmetro do furo V_{dmp}	Variação da largura dos anéis interno e externo $\Delta B_s, \Delta C_s$		Desvio de largura do anel interno V_{Bs}	Excentricidade radial do anel interno do rolamento montado K_{ia}	Excentricidade da face lateral em relação ao furo S_d	Excentricidade da face lateral em relação à pista de rolagem do anel interno do rolamento montado S_{ia}
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
18	30	0	-6	5	3	0	-120	5	4	8	8
30	50	0	-8	6	4	0	-120	5	5	8	8
50	80	0	-9	7	5	0	-150	6	5	8	8
80	120	0	-10	8	5	0	-200	7	6	9	9

Unidade: μm

● Tabela 3.11 Tolerâncias para anel externo (Classe 5 da norma JIS)

Diâmetro externo nominal do rolamento D (mm)		Variação média do diâmetro externo do anel externo em um plano ΔD_{mp}		Variação do diâmetro externo em um plano radial V_{Dp}	Variação média do diâmetro externo V_{Dmp}	Variação da largura do anel externo V_{Cs}	Excentricidade radial do anel externo do rolamento montado K_{ea}	Variação da inclinação da geratriz da superfície externa em relação à referência do anel externo S_D	Excentricidade da face de referência do anel externo do rolamento montado em relação à pista de rolagem S_{ea}
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
50	80	0	-9	7	5	6	8	8	10
80	120	0	-10	8	5	8	10	9	11
120	150	0	-11	8	6	8	11	10	13
150	180	0	-13	10	7	8	13	10	14
180	250	0	-15	11	8	10	15	11	15
250	315	0	-18	14	9	11	18	13	18

Unidade: μm

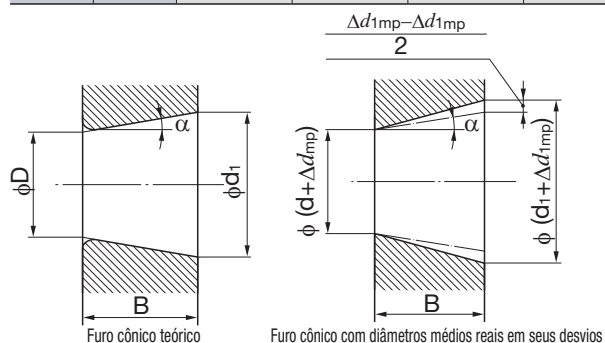
3-6 Tolerâncias para furos cônicos (rolamentos de rolos cilíndricos)

As tolerâncias para furos cônicos (rolamentos de rolos cilíndricos) são especificadas em normas. Como as tolerâncias das normas JIS são muito abrangentes, a NACHI define seu intervalo mais limitado para tais rolamentos de precisão.

● Tabela 3.12 Tolerâncias para furos cônicos (rolamentos de rolos cilíndricos)

Diâmetro externo nominal do rolamento d (mm)		Desvio médio do diâmetro do furo na extremidade teórica menor de um furo cônico								Variação do diâmetro do furo em um plano radial	
		Δd_{mp}				$\Delta d_{1mp} - \Delta d_{mp}$				V_{dp}	
		Classe 5		Classe 4		Classe 5		Classe 4		Classe 5	Classe 4
Acima de	Inclusive	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Máx.	Máx.
18	30	+10	0	+6	0	+5	0	+3	0	3	3
30	50	+12	0	+8	0	+5	0	+4	0	4	3
50	80	+15	0	+9	0	+6	0	+4	0	5	4
80	120	+20	0	+10	0	+7	0	+5	0	5	4
120	180	+25	0	+13	0	+10	0	+7	0	7	5
180	250	+30	0	+15	0	+12	0	+9	0	8	6
250	315	+35	0	+18	0	+15	0	+11	0	9	9
315	400	+40	0	+23	0	+16	0	+12	0	12	12

Unidade: μm



● Figura 3.1 Furos cônicos dos rolamentos de rolos cilíndricos

- D : Diâmetro nominal do furo do rolamento
- d_1 : Diâmetro básico na extremidade teórica maior do furo cônico
- $d_1 = d + \frac{1}{12} B$
- Δd_{mp} : Desvio médio do diâmetro do furo na extremidade teórica menor do furo cônico
- Δd_{1mp} : Desvio médio do diâmetro do furo na extremidade teórica maior do furo cônico
- B : Largura nominal do anel interno do rolamento
- α : Ângulo de entrada nominal (metade do ângulo de conicidade)

4

Disposição do rolamento

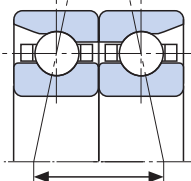



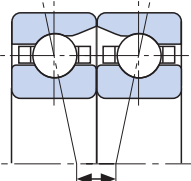



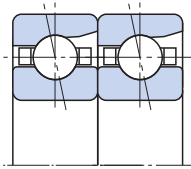



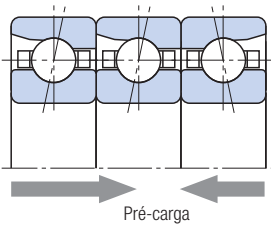



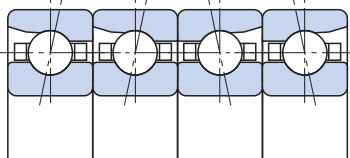



4-1 Características dos rolamentos duplex

Além da montagem duplex, os rolamentos para suporte de fusos podem ser montados em triplex e quadriplex. Os rolamentos nestas combinações são produzidos com pré-carga e variação dimensional dos diâmetros externos e internos controlados para o conjunto individualmente.

Por este motivo, evite trocar os rolamentos dúplex em um conjunto por outros rolamentos.

A **Tabela 4.1** mostra as principais combinações e descreve suas características.

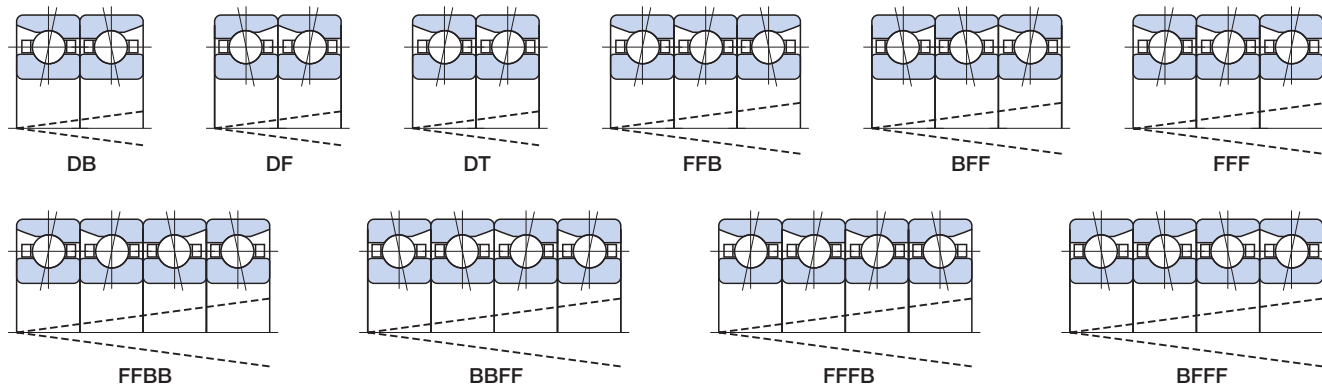
● **Tabela 4.1** Principais combinações e características

Principais combinações	Seção transversal	Capacidade de carga	Rigidez da carga de momento	Velocidade	Características
Costa a Costa (DB)	 Distância do centro de carga				<ul style="list-style-type: none"> ● Podem ser aplicadas cargas radiais e cargas axiais em ambas as direções. ● A distância do centro de carga é longa, então a capacidade de carga de momento é alta. ● O desalinhamento ou outro erro de montagem aumenta a carga interna e tende a gerar escamamento prematuro.
Face a face (DF)	 Distância do centro de carga				<ul style="list-style-type: none"> ● A distância do centro de carga é curta, então a capacidade de carga de momento é baixa. ● Sendo a capacidade de carga de momento baixa, o aumento da carga interna devido ao desalinhamento pode ser mantido sobre controle. Por isto, esta combinação é adequada quando o desalinhamento não é permitido ou quando a flexão do eixo pela atuação da carga é grande.
Tandem (DT)					<ul style="list-style-type: none"> ● Podem ser aplicadas cargas radiais e cargas axiais numa direção. ● Sendo a capacidade de carga axial o dobro quando comparado a uma carreira apenas, esta combinação é adequada para aplicações com carga axial pesada aplicada em uma direção.
Triplex	 Pré-carga				<ul style="list-style-type: none"> ● Podem ser aplicadas cargas radiais e cargas axiais em ambas as direções. ● A capacidade de carga axial é o dobro de uma carreira apenas, mas a pré-carga não é distribuída uniformemente para cada rolamento e uma única carreira apresenta o dobro que outras duas. Esta distribuição da pré-carga não uniforme torna difícil o ajuste da pré-carga em altas rotações.
Quadriplex					<ul style="list-style-type: none"> ● Podem ser aplicadas cargas radiais e cargas axiais em ambas as direções. ● Comparada com a disposição Costa a Costa, sob as mesmas condições de montagem, a pré-carga é duplicada e a rigidez do conjunto é maior.

4-2 Montagem e símbolos de montagem

Os símbolos usados para cada tipo de combinação são apresentados na Tabela 4.1. A sequência de disposição e a direção da carga são importantes para rolamentos combinados. Por este motivo, na superfície do anel externo dos rolamentos combinados (Figura

4.1) tem uma marca de combinação (\llcorner) que pode ser usada para verificar a sequência de disposição. Se os rolamentos estiverem dispostos na sequência correta, as marcas aparecem como " \llcorner " na superfície externa do conjunto montado.



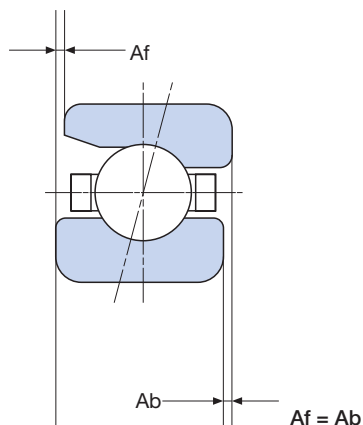
● Figura 4.1 Combinações de conjuntos e marcas de combinação do anel externo

4-3 Rolamentos de esferas de contato angular com disposição universal

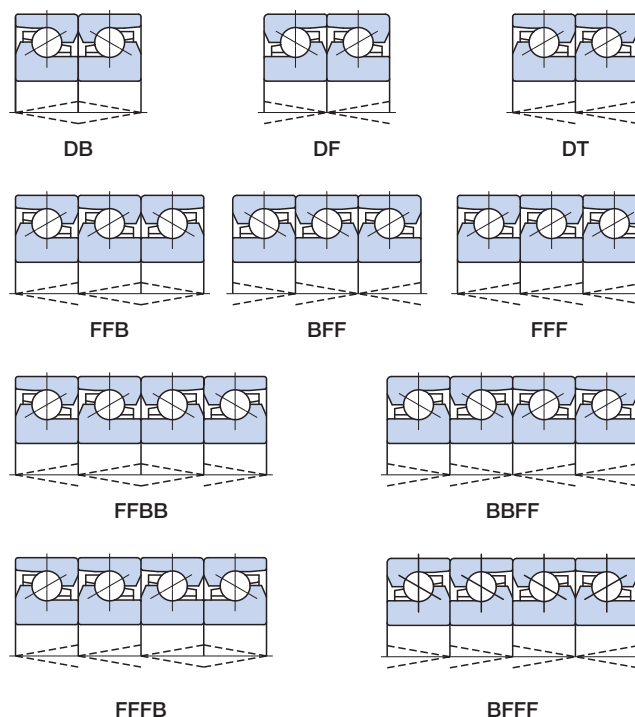
Para rolamentos de esferas de contato angular com disposição universal, a largura frontal entre faces (A_f) e a largura traseira entre faces do rolamento são controladas para serem idênticas. Deste modo, a pré-carga estimada será obtida para quaisquer tipos de combinação (Figura 4.2).

Os rolamentos de esferas de contato angular com disposição universal são fornecidos individualmente (Sufixo U) ou pareados (Sufixo DU). As combinações pareadas (Duplex) tem pequena variação dimensional nos diâmetros externos e nos furos. Do uso da disposição U em uma combinação, selecione os rolamentos com a menor variação possível dos diâmetros externos e internos.

Para o rolamento para suporte de fusos com disposição universal da série TAB, será gravada uma marca de combinação (\llcorner) na superfície externa do anel externo. Para obter informações sobre as combinações possíveis e as marcas de combinação, consulte a Figura 4.3.



● Figura 4.2 Rolamento de esferas de contato angular com disposição universal



● Figura 4.3 Marcas de combinação e combinações do conjunto dos rolamentos com disposição universal

5-1 Objetivos da pré-carga

Os rolamentos de esfera de contato angular normalmente apresentam uma folga interna para determinadas condições de aplicação. Entretanto em certas aplicações, estes rolamentos podem ser instalados com uma folga interna negativa (pré-carregamento axial). Esta condição de carregamento é denominada "pré-carga". É necessário ser extremamente cuidadoso ao determinar as condições de pré-carga, visto que condições de pré-carga inadequadas podem resultar em aumento do torque de giro, aumento da temperatura de trabalho, aumento dos níveis de ruído, redução na vida útil do rolamento entre outros problemas.

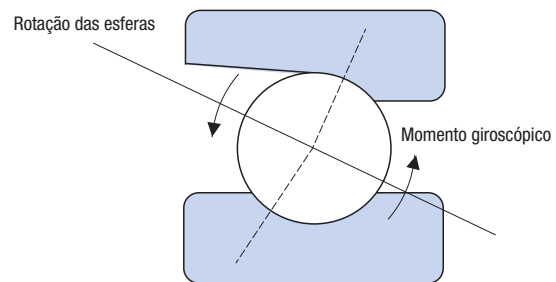
A seguir são apresentadas algumas condições favoráveis quando aplicada a pré-carga apropriada:

- Menor deslocamento axial devido a força externa e maior rigidez axial
- Prevenção da vibração e ruído e maior velocidade devido a uma maior rigidez axial
- Menor risco de avarias devido a vibração externa
- Rotação suave
- Menores níveis de ruído e temperatura decorrentes da força centrífuga e momento giroscópico.

Momento giroscópico

As esferas de um rolamento de esferas de contato angular giram em torno de um eixo de rotação enquanto realizam o giro em torno de um eixo orbital (linha do eixo). Surge então um ângulo entre o eixo de rotação e o eixo orbital, onde se verifica um momento resultante

da tentativa de giro das esferas no centro de dois eixos diferentes. Este momento é denominado "momento giroscópico" (Figura 5.1). A intensidade do momento giroscópico é proporcional à velocidade angular de rotação e à velocidade angular orbital. O momento giroscópico será suficientemente desprezível quando o rolamento estiver submetido a baixas rotações. Contudo o aumento da temperatura resultante do atrito entre as superfícies, provocado por esse momento giroscópico em aplicações de alta rotação não pode ser ignorado. Visando suprimir o deslizamento provocado pelo momento giroscópico, o atrito (carga nas esferas x coeficiente de atrito) entre as esferas e a superfície da pista deve ser controlado. Isto significa que por vezes pode ser escolhida a pré-carga mínima.

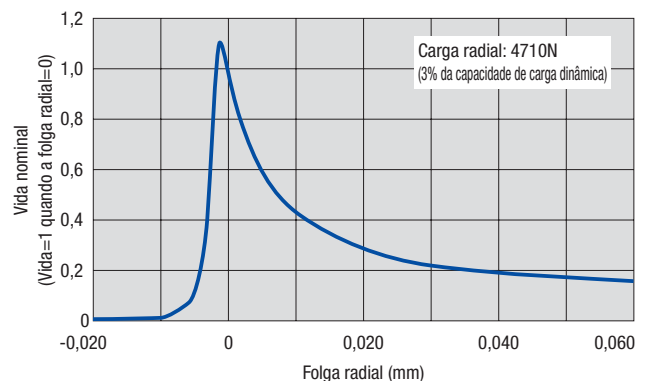


● Figura 5.1 Momento giroscópico

5-2 Métodos de pré-carga

Os rolamentos submetidos a condição de pré-carga estão amplamente divididos entre pré-carga fixa e pré-carga constante. A Tabela 5.1 (página 15) mostra exemplos gráficos e descreve as características de cada tipo de pré-carga.

Um rolamento de rolos cilíndricos com furo cônico também pode ser usado com pré-carga radial (folga radial negativa) aplicada. No entanto, é necessário ter cuidado porque uma pré-carga radial muito elevada reduz significativamente a vida útil do conjunto (Figura 5.2).



● Figura 5.2 Folga radial e vida útil dos rolamentos de rolos cilíndricos (NN3020)

5-3 Medindo a pré-carga

① Método de medição da carga axial

Para pré-carga por mola (pré-carga constante), a pré-carga será determinada através do deslocamento da mola.

Para pré-carga através de porca de fixação (pré-carga fixa), a pré-carga pode ser determinada com base na relação entre o torque de aperto da porca e a força de aperto. No entanto, é necessário ter esse cuidado porque existe uma grande variação na relação entre o torque de aperto da porca e a força de aperto devido à precisão e rugosidade da rosca.

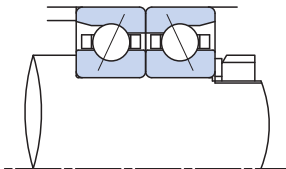
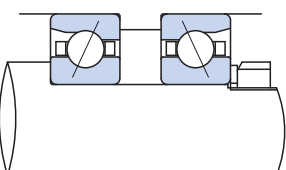
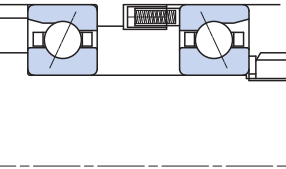
② Método de medição da deslocação axial

A pré-carga pode ser determinada com base na relação entre a carga axial no rolamento e o deslocamento axial.

③ Método de medição do torque de partida do rolamento

Para realizar esta medição, primeiro é necessário criar um gráfico da carga e torque de partida do próprio rolamento. No entanto, é necessário ter cuidado devido as variações decorrentes do tipo de rolamento, condições de lubrificação, etc.

● Tabela 5.1 Métodos de pré-carga

Métodos de pré-carga	Exemplo de configurações	Características
Pré-carga fixa	 <p>Método utilizando uma combinação de rolamentos duplex com carga axial pré-ajustada ou um espaçador ajustado dimensionalmente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Uma vez que é usado afastamento do rolamento, a pré-carga prescrita pode ser garantida simplesmente na fixação da porca. ● A instalação provoca inconsistência da pré-carga. ● O aumento de temperatura provoca inconsistência da pré-carga ● A aplicação de uma carga axial excessiva pode provocar perda da pré-carga
	 <p>Método de ajuste da pré-carga usando aperto da porca</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Pré-carga uniforme, mesmo que a instalação seja inconsistente ● Maior aperto possível ● O aumento de temperatura provoca inconsistência da pré-carga ● A aplicação de uma carga axial excessiva pode provocar perda da pré-carga
Pré-carga constante	 <p>Método utilizando mola</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Pré-carga uniformemente constante durante o funcionamento ● Sem perda de pré-carga ● Adequado para velocidades elevadas ● Inicialmente pode ser aplicada uma carga axial numa direção ● Rigidez inferior quando em comparação com o método de pré-carga fixa, sob as mesmas condições de carga.

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

5-4 Efeito da pré-carga

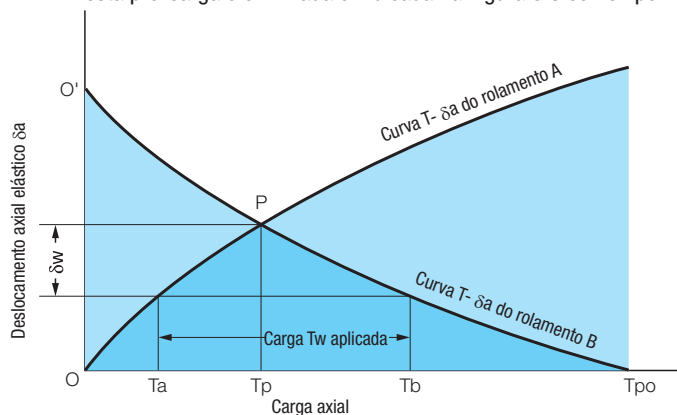
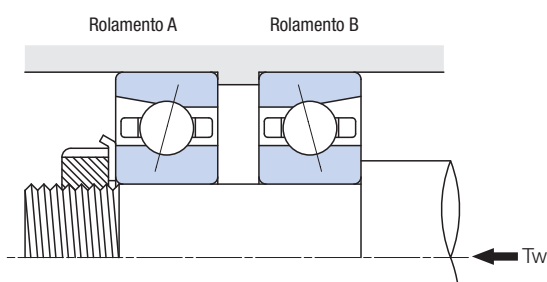
A análise gráfica de distribuição da carga e deslocamento axial em dois rolamentos quando aplicada pré-carga através de carga externa, (conforme ilustrado na Figura 5.3), é executada conforme descrito a seguir:

- 1 Trace a curva de Carga Axial T–Deflexão Axial δ_a do rolamento A.
- 2 Localizando o ponto de pré-carga T_p no eixo T, determine o ponto de interseção para a curva do rolamento A e, em seguida, trace a curva T– δ_a do rolamento B.
- 3 Una as duas curvas paralelamente ao eixo de carga axial T num comprimento que corresponda ao valor de carga externa T_w .
- 4 As cargas T_a e T_b , que correspondem aos pontos de interseção das linhas, são as cargas de cada rolamento sob condição de carga externa.

- 5 O deslocamento axial é fornecido como deslocamento δ_w do rolamento B.

(O deslocamento do rolamento B é o deslocamento ocasionado por T_p subtraído do deslocamento ocasionado por T_b).

Isso ocorre porque os deslocamentos de dois rolamentos pré-carregados não são uniformes dentro da faixa que a pré-carga não se torna nula devido à pré-carga externa. (A Figura 5.3 é uniforme). Em outras palavras, o rolamento A é deslocado apenas pelo deslocamento do rolamento B devido à carga externa. Após o aumento da carga externa e a eliminação da pré-carga, a carga T_b do rolamento B ficará igual à carga T_w externa e a carga do rolamento A será eliminada. A magnitude da carga externa quando esta pré-carga é eliminada é indicada na Figura 5.3 como T_{po} .



● Figura 5.3 Pré-carga fixa

Pré-carga e rigidez

5-5 Rigidez axial e pré-carga padrão

5.5.1 Rolamento de esferas de contato angular

As pré-cargas e rigidez axial para montagem duplex Face-à-Face ou Costa-à-Costa, são apresentadas na **Tabela 5.3**, de **1** a **6** (páginas 16 a 18). As pré-cargas para disposições de várias carreiras podem ser obtidas multiplicando os coeficientes da **Tabela 5.2**.

● **Tabela 5.2** Fatores de pré-carga para disposições em várias carreiras

Disposição Triplex	Disposição Quadriplex	
FFB·BFF	FFFB·BFFF	FFBB·BBFF
1,36	1,57	2

● **Tabela 5.3**

1 - Série 7900C (Ângulo de contato de 15°)

Código do diâmetro interno do rolamento	E (pré-carga extra leve)		L (pré-carga leve)		M (pré-carga média)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	5	10	15	15	30	20
01	7	12	20	18	40	24
02	8	13	25	21	50	28
03	8	13	25	21	50	28
04	15	19	40	27	80	36
05	15	19	50	33	100	43
06	15	21	50	36	100	48
07	25	28	70	41	140	56
08	25	28	80	44	155	60
09	35	35	100	53	195	70
10	35	35	100	56	195	72

2 - Série 7900AC (Ângulo de contato de 25°)

Código do diâmetro interno do rolamento	L (pré-carga leve)		M (pré-carga média)		H (pré-carga pesada)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	20	33	88	59	196	82
01	20	33	98	65	216	90
02	29	42	108	67	235	94
03	29	42	118	74	255	102
04	59	65	235	107	490	149
05	69	69	265	120	560	169
06	78	78	294	134	628	190
07	88	88	323	147	785	212
08	88	98	412	165	1.000	244
09	98	109	470	188	1.040	260
10	118	118	520	208	1.140	284

3 - Série 7000C (Ângulo de contato de 15°)

Código do diâmetro interno do rolamento	E (pré-carga extra leve)		L (pré-carga leve)		M (pré-carga média)		H (pré-carga pesada)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	20	13	50	20	100	29	145	37
01	20	14	50	21	100	31	145	39
02	20	15	50	23	100	34	145	42
03	20	16	50	25	100	35	145	43
04	50	23	100	33	195	48	295	59
05	50	26	100	36	195	50	295	63
06	50	27	100	38	195	53	390	75
07	70	33	145	46	295	64	390	75
08	70	34	145	49	295	68	590	98
09	70	34	145	49	295	68	590	98
10	70	36	145	51	295	70	590	100
11	100	43	195	56	390	78	785	112
12	100	43	195	58	390	82	785	115
13	100	47	195	61	390	85	785	123
14	145	57	295	75	590	105	1170	149
15	145	57	295	77	590	107	1170	153
16	145	57	295	75	590	105	1170	149
17	195	65	390	89	785	125	1470	171
18	195	65	390	87	785	121	1470	165
19	195	68	390	91	785	125	1470	171
20	195	70	390	93	785	127	1470	173

4 - Série 7000AC (Ângulo de contato de 25°)

Código do diâmetro interno do rolamento	L (pré-carga leve)		M (pré-carga média)		H (pré-carga pesada)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	39	39	118	62	314	95
01	39	44	127	67	343	104
02	49	49	157	83	353	118
03	59	59	216	98	520	144
04	59	59	274	110	608	152
05	108	83	392	140	804	187
06	118	91	441	158	892	208
07	127	98	539	174	1.156	236
08	147	113	617	193	1.176	256
09	216	135	745	213	1.646	300
10	225	141	784	224	1.744	317
11	314	157	1.040	254	2.078	341
12	333	167	1.098	268	2.205	362
13	363	191	1.225	299	2.450	402
14	392	196	1.460	332	3.010	443
15	412	206	1.530	348	3.155	464
16	529	230	1.900	373	3.880	504
17	549	239	1.990	390	4.080	530
18	676	260	2.185	405	4.600	555
19	706	272	2.300	427	4.810	580
20	745	287	2.400	445	5.050	608

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

Pré-carga e rigidez

5 - Série 7200C (Ângulo de contato de 15°)

Código do diâmetro interno do rolamento	E (pré-carga extra leve)		L (pré-carga leve)		M (pré-carga média)		H (pré-carga pesada)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	30	16	70	24	145	36	195	42
01	30	16	70	24	145	36	195	42
02	30	17	70	25	145	38	195	44
03	30	17	70	25	145	37	195	44
04	70	25	145	37	295	53	490	71
05	70	29	145	41	295	58	490	77
06	70	29	145	41	295	58	590	83
07	100	35	195	47	490	74	590	82
08	100	36	195	49	490	77	785	98
09	100	36	195	50	490	77	785	98
10	100	39	195	52	490	80	785	102
11	145	46	295	63	590	88	980	114
12	145	46	295	61	590	84	980	109
13	145	47	295	64	590	88	980	113
14	195	54	390	73	785	102	1470	139
15	195	56	390	75	785	105	1470	144
16	195	58	390	77	785	105	1470	143
17	295	68	490	85	980	117	1960	166
18	295	67	490	83	980	114	1960	161
19	295	68	490	85	980	114	1960	159
20	295	68	490	85	980	115	1960	159

6 - Série 7200AC (Ângulo de contato de 25°)

Código do diâmetro interno do rolamento	L (pré-carga leve)		M (pré-carga média)		H (pré-carga pesada)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
00	39	44	186	78	412	108
01	39	44	196	78	421	111
02	69	57	265	95	530	129
03	78	60	274	98	628	143
04	118	74	420	120	853	164
05	147	92	430	139	922	188
06	157	92	628	165	1.314	227
07	225	119	853	194	1.890	270
08	255	127	950	216	1.960	288
09	333	145	1.200	241	2.470	321
10	353	153	1.295	259	2.655	345
11	460	177	1.500	278	3.145	379
12	540	186	1.600	280	3.410	383
13	600	206	2.069	328	4.175	440
14	610	210	2.108	335	4.260	444
15	650	223	2.255	358	4.310	464
16	800	241	2.725	389	5.730	531
17	940	262	2.970	407	6.090	549
18	1.200	285	3.745	441	7.620	591
19	1.235	294	3.870	450	8.140	612
20	1.588	324	4.930	503	9.950	677

5.5.2 - Rolamentos de esferas de contato angular de alta velocidade

● Tabela 5.4 Série BNH000 (Ângulo de contato de 15°)

Código do diâmetro interno do rolamento	Diâmetro interno do rolamento (mm)	L (pré-carga padrão)	
		Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
07	35	78,5	44
08	40	98,1	49
09	45	98,1	52
10	50	98,1	54
11	55	147	61
12	60	147	64
13	65	147	67
14	70	245	88
15	75	245	91
16	80	294	98
17	85	294	98
18	90	392	115
19	95	392	119
20	100	392	123
21	105	490	136
22	110	588	144
24	120	588	147
26	130	785	163
28	140	834	174
30	150	1080	200
32	160	1180	206
34	170	1370	221

5.5.3 Rolamentos axiais de esferas de contato angular.

● Tabela 5.5

1 - Série TAH (Ângulo de contato de 30°)

Diâmetro nominal do furo (mm)	M (pré-carga média)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
50	294	226
55	392	262
60	392	280
65	392	280
70	588	327
75	588	327
80	686	361
85	686	361
90	1080	449
95	1080	449
100	1080	469
105	1180	490
110	1370	528
120	1470	566
130	1860	621
140	1960	654
150	2450	721
160	2650	779
170	3040	800

2 - Série TBH (Ângulo de contato de 40°)

Diâmetro nominal do furo (mm)	M (pré-carga média)	
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)
50	539	415
55	686	458
60	686	490
65	686	528
70	1080	599
75	1080	599
80	1270	671
85	1270	671
90	1860	776
95	1860	810
100	1860	847
105	2060	858
110	2450	943
120	2550	1.020
130	3330	1.111
140	3530	1.177
150	4310	1.269
160	4510	1.367
170	5300	1.431

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

Pré-carga e rigidez

5.5.4 Rolamentos para suporte de fusos

● Tabela 5.6

1 - Série TAB com ângulo de contato de 60° e pré-carga padrão média (M)

Código do rolamento	Disposição duplex			Disposição triplex			Disposição quadriplex					
	DB/DF			BFF/FFB			BBFF/FFBB			BFFF/FFFBB		
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)
15TAB04	2160	735	15	2940	1080	20	4310	1470	30	3430	1320	25
17TAB04	2160	735	15	2940	1080	20	4310	1470	30	3430	1320	25
20TAB04	2160	735	15	2940	1080	20	4310	1470	30	3430	1320	25
25TAB06	3330	981	20	4510	1470	27	6670	1960	40	5200	1910	30
30TAB06	3330	981	20	4510	1470	27	6670	1960	40	5200	1910	30
35TAB07	3920	1230	25	5300	1770	35	7840	2350	50	6180	2300	40
40TAB07	3920	1230	25	5300	1770	35	7840	2350	50	6180	2300	40
40TAB09	5200	1320	50	7060	1910	68	10400	2550	100	8140	2500	80
45TAB07	4120	1270	30	5590	1910	40	8240	2550	60	6470	2500	45
45TAB10	5980	1470	60	8140	2160	82	12000	2890	120	9410	2790	95
50TAB10	6280	1520	65	8530	2260	88	12600	3040	130	9810	2940	100
55TAB10	6280	1520	65	8530	2260	88	12600	3040	130	9810	2940	100
55TAB12	7060	1770	70	9610	2550	95	14100	3480	140	11100	3380	110
60TAB12	7060	1770	70	9610	2550	95	14100	3480	140	11100	3380	110

Nota) O torque inicial apresenta valores para rolamentos abertos ou com vedação do tipo sem contato e lubrificação a graxa.

2 - Série TAF com ângulo de contato de 50° ou 55° e pré-carga padrão média (M)

Código do rolamento	Disposição duplex			Disposição triplex			Disposição quadriplex					
	DB/DF			BFF/FFB			BBFF/FFBB			BFFF/FFFBB		
	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)	Pré-carga (N)	Rigidez axial (N/μm)	Torque inicial (N-cm)
25TAF06	1670	555	20	2270	805	27	3340	1110	40	2620	1060	30
30TAF07	1860	642	20	2530	944	27	3720	1284	40	2920	1180	30
35TAF09	3700	908	55	5030	1340	75	7400	1816	110	5810	1680	85
40TAF09	3700	908	55	5030	1340	75	7400	1816	110	5810	1680	85
40TAF11	4600	1020	80	6250	1530	110	9200	2040	160	7220	1960	125
45TAF11	4600	1020	80	6250	1530	110	9200	2040	160	7220	1960	125
50TAF11	4600	1020	80	6250	1530	110	9200	2040	160	7220	1960	125
60TAF13	5200	1130	105	7070	1680	145	10400	2260	210	8160	2140	165
60TAF17	8300	1440	215	11300	2110	290	16600	2880	430	13000	2660	340
80TAF17	8300	1440	215	11300	2110	290	16600	2880	430	13000	2660	340
100TAF21	13200	1970	485	17900	2940	660	26400	3940	970	20700	4160	760
120TAF03	19600	2550	700	26600	3810	950	39200	5100	1400	30800	4810	1100

Nota) O torque inicial apresenta valores com lubrificação a graxa.

5.5.5 Folga radial interna para Rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras

A folga radial interna para rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras é especificada pela norma JIS. A NACHI define seu próprio intervalo mais limitado para maximizar a precisão

de rotação. As folgas radiais internas para rolamentos de furos cilíndricos e rolamentos de furos cônicos são apresentadas na Tabela 5.7 (1 e 2, respectivamente). É necessário cuidado durante o manuseio e instalação de rolamentos com folgas não intercambiáveis, pois não existe similaridade entre os anéis externos ou internos de outro rolamento, de modo que estes não podem ser trocados entre si.

● Tabela 5.7

1 - Folga não intercambiável dos rolamentos com furo cilíndrico

Unidade: µm

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Folga dos rolamentos com furo cilíndrico (não intercambiável)							
		C1na		C2na		Cna		C3na	
Acima de	Inclusive	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
24	30	0	10	10	25	25	35	40	50
30	40	0	12	12	25	25	40	45	55
40	50	0	15	15	30	30	45	50	65
50	65	0	15	15	35	35	50	55	75
65	80	0	20	20	40	40	60	70	90
80	100	0	25	25	45	45	70	80	105
100	120	0	25	25	50	50	80	95	120
120	140	0	30	30	60	60	90	105	135
140	160	0	35	35	65	65	100	115	150
160	180	0	35	35	75	75	110	125	165
180	200	0	40	40	80	80	120	140	180
200	225	0	45	45	90	90	135	155	200
225	250	0	50	50	100	100	150	170	215
250	280	0	55	55	110	110	165	185	240
280	315	0	60	60	120	120	180	205	265
315	355	0	65	65	135	135	200	225	295

2 - Folga não intercambiável dos rolamentos com furo cônico

Unidade: µm

Diâmetro nominal do furo do rolamento d (mm)		Folga dos rolamentos com furo cônico (não intercambiável)					
		C9na		C1na		C2na	
Acima de	Inclusive	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
24	30	5	10	15	25	25	35
30	40	5	12	15	25	25	40
40	50	5	15	17	30	30	45
50	65	5	15	20	35	35	50
65	80	10	20	25	40	40	60
80	100	10	25	35	55	45	70
100	120	10	25	40	60	50	80
120	140	15	30	45	70	60	90
140	160	15	35	50	75	65	100
160	180	15	35	55	85	75	110
180	200	20	40	60	90	80	120
200	225	20	45	60	95	90	135
225	250	25	50	65	100	100	150
250	280	25	55	75	110	110	165
280	315	30	60	80	120	120	180
315	355	30	65	90	135	135	200

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

6-1 Finalidade da lubrificação

A principal finalidade da lubrificação dos rolamentos é reduzir o atrito e o desgaste por contato, bem como evitar o superaquecimento. Os métodos apropriados de lubrificação e o tipo de lubrificante influenciam consideravelmente o desempenho e vida útil dos rolamentos de esferas de contato angular.

A seguir são exibidos os propósitos da lubrificação.

① Lubrificação da superfície de contato

- 1) Reduz o atrito rolante entre os rolos e as pistas, bem como reduz o atrito deslizante entre os elementos rolantes e a guia de rolagem nos rolamentos de rolos.

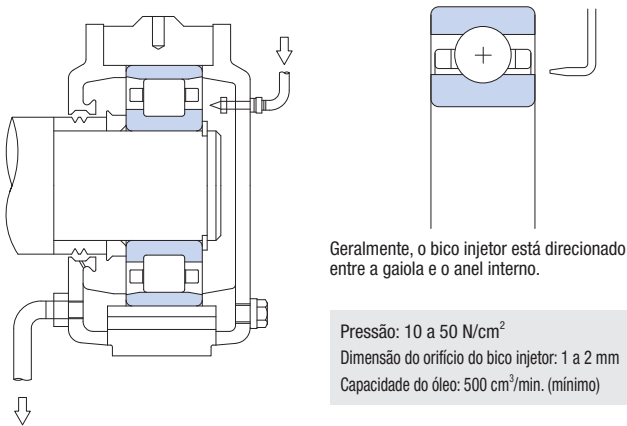
- 2) Reduz o atrito deslizante entre o elemento rolante e a gaiola
- 3) Reduz o atrito deslizante entre a gaiola e a guia de rolagem da pista do anel
- ② Dissipação do calor resultante do atrito e/ou do calor transmitido por outros mecanismos externos
- ③ Proteção contra impurezas e prevenção contra oxidação
- ④ Redução da concentração de tensão
 - 1) Distribuição uniforme da tensão nos pontos (esferas) ou linhas (rolos) de contato.
 - 2) Amortecimento da carga de impacto

6-2 Métodos de lubrificação

6.2.1 Lubrificação a óleo

① Lubrificação forçada (lubrificação por jato)

- A lubrificação forçada é utilizada quando a refrigeração é necessária para aplicações com velocidades de rotação relativamente elevadas ou em ambientes com temperatura elevada.
- A lubrificação por jato lubrifica através da vaporização de óleo lubrificante, altamente pressurizado, que possui efeito refrigerante.
- A drenagem do óleo deve ser maior que o abastecimento, pois a agitação do óleo que se coleta no interior do alojamento aumenta a geração de calor e provoca perda de desempenho. Particularmente na lubrificação por jato, é necessária uma saída de dreno do óleo pelo menos 10 vezes maior que o bico injetor de abastecimento localizado em sentido oposto, devendo ser usada uma bomba para a drenagem forçada do óleo.
- A **Figura 6.1** mostra um exemplo de lubrificação por jato.

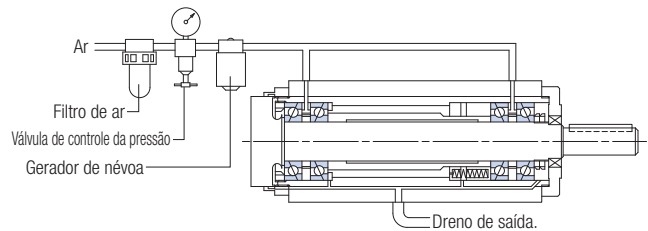


● **Figura 6.1** Exemplo de lubrificação por jato

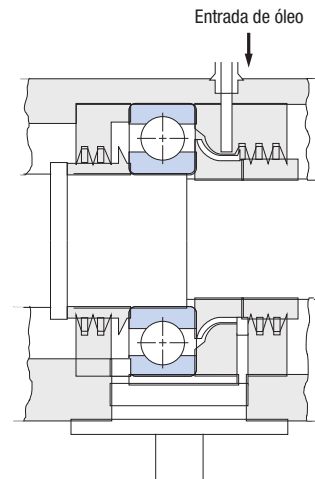
② Lubrificação a vapor (lubrificação por névoa de óleo)

- Com este método de lubrificação, o rolamento é refrigerado a ar e uma pequena quantidade de óleo necessário para lubrificação é vaporizado e pulverizado no interior do rolamento. A **Figura 6.2** mostra um exemplo de lubrificação por névoa de óleo.
- Através de uma válvula de controle de pressão, o ar enviado para um gerador de névoa é misturado com óleo, que é pulverizado no rolamento.

- O bico pulverizador pode atuar diretamente no rolamento ou esta prática pode ser realizada usando força centrífuga na parte cônica de um defletor instalado no eixo (**Figura 6.3**).
- Geralmente, a pressão da névoa é 5 a 15 N/cm², com algum volume de óleo misturado com 10 a 50ℓ/partes de ar por hora.
- A névoa de óleo usa somente uma pequena quantidade de óleo de modo que é adequada para uma operação a alta velocidade com pouca perda de desempenho do rolamento, mas como o calor do ar não é muito elevado e não apresenta consideráveis efeitos de aquecimento, este tipo de lubrificação é adequado para aplicações com carga relativamente baixa.



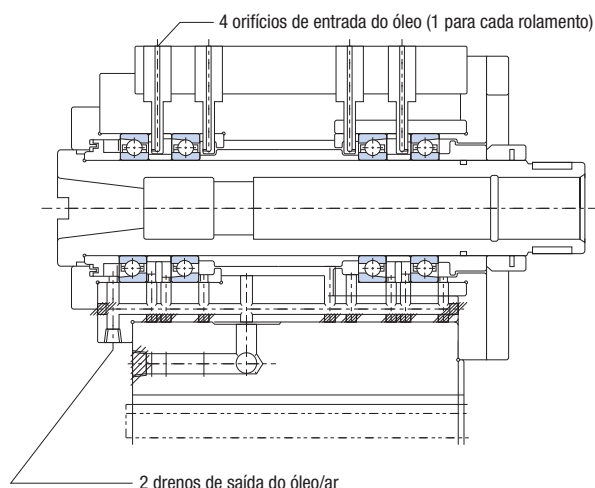
● **Figura 6.2** Exemplo de Spindle usando lubrificação a vapor



● **Figura 6.3** Exemplo de injeção da névoa de óleo através do defletor

③ Lubrificação com óleo e ar

- Com esse tipo de lubrificação uma pequena quantidade de óleo lubrificante é fornecida por um pistão de medição em intervalos fixos, onde o óleo lubrificante é injetado pela válvula de mistura por ar comprimido e, então, fornecido continuamente aos rolamentos.
- Como é constantemente fornecida uma pequena quantidade controlada de óleo lubrificante, este método é adequado para aplicações de alta velocidade nas quais é gerado pouco calor.
- A lubrificação com óleo e ar apresenta características ecologicamente viáveis, pois os requisitos de óleo são de proporção 1/10 do vapor gerado para lubrificação. Além disso, o óleo é fornecido em forma de gotas em vez de névoa.
- A **Figura 6.4** mostra um exemplo de lubrificação com óleo e ar.

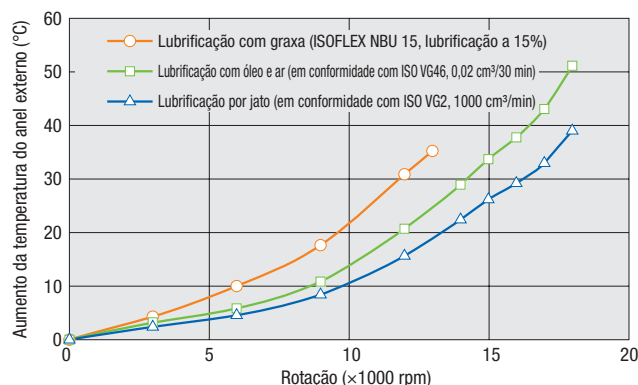


● **Figura 6.4** Exemplo de Spindle usando lubrificação com óleo e ar

6.2.2 Lubrificação com graxa

As seguintes precauções são altamente recomendadas quando a lubrificação for realizada com graxa.

- Selecione a graxa adequada. A **Tabela 6.1** apresenta exemplos dos principais tipos de graxa aplicados na lubrificação de rolamentos das máquinas-ferramenta.
- Certifique-se de que a quantidade de lubrificante na relubrificação está adequada. É recomendada uma quantidade de lubrificação entre 10 e 20% do volume do espaço vazio interno para rolamentos de alta velocidade. Contudo a quantidade necessária para um rolamento para suporte de fusos (tipo aberto) varia entre 40 e 50%.
- Excesso de graxa lubrificante pode resultar em aumento de temperatura e elevada perda de desempenho do conjunto, em função do atrito interno. Para obter mais informações sobre o volume do espaço interno dos rolamentos, consulte a **Tabela 6.2** (página 24 a 25).
- A **Figura 6.5** ilustra as diferenças de temperatura dos rolamentos devido ao método de lubrificação.



● **Figura 6.5** Comparação do aumento da temperatura causado pelos diferentes métodos de lubrificação

● **Tabelas 6.1** Principais graxas usadas para rolamentos de máquina-ferramenta

Nome da graxa	Fabricante	Óleo base	Espessante	Intervalo de temperatura de operação recomendada °C	Principais aplicações
ISOFLEX NBU15	NOK KLUBER	Óleo éster	Composto de bário	-40 ~ +130	Rolamento do fuso
ISOFLEX LDS18 Special A	NOK KLUBER	Óleo éster	Lítio	-60 ~ +130	Rolamento do fuso
Multemp LRL No. 3	Kyodo Yushi	Óleo éster polioli	Lítio	-50 ~ +150	Rolamento do fuso
Alvania Grease S No. 2	Showa Shell Oil	Óleo mineral	Lítio	-25 ~ +120	Rolamentos para Suporte de Fusos
Multemp PS No. 2	Kyodo Yushi	Óleo diéster + óleo de hidrocarboneto	Lítio	-55 ~ +130	Rolamentos para Suporte de Fusos

- 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

Lubrificação

● **Tabela 6.2** Volume do espaço interno do rolamento

1 Volume do espaço interno dos rolamentos de esferas de contato angular e rolamentos de rolos cilíndricos

Unidade: cm³/cada

Código do diâmetro do furo	Diâmetro do furo (mm)	Série						
		7900C 7900AC	7000C 7000AC	7200C 7200AC	BNH000	TAH TBH	NN3000	NNU4900
00	10	0,44	0,9	1,2	—	—	—	—
01	12	0,49	1,0	1,7	—	—	—	—
02	15	0,68	1,4	2,2	—	—	—	—
03	17	0,68	1,7	3,0	—	—	—	—
04	20	1,5	2,9	4,7	—	—	—	—
05	25	1,9	3,4	5,3	—	—	3,6	—
06	30	2,2	4,8	8,2	—	—	5,9	—
07	35	3,0	6,4	10,3	5,6	—	7,5	—
08	40	5,2	7,8	13,0	7,2	—	9,5	—
09	45	5,7	10,2	15,4	9,0	—	12,8	—
10	50	6,2	10,7	18,6	9,7	8,0	13,8	—
11	55	—	15,9	25,9	14,0	12,0	19,6	—
12	60	—	17,0	33,2	15,0	13,0	20,7	—
13	65	—	18,2	39,1	16,0	14,0	21,8	—
14	70	—	27,7	45,2	22,0	19,0	30,4	—
15	75	—	28,7	49,4	23,0	20,0	32,9	—
16	80	—	32,1	59,0	30,0	27,0	46,3	—
17	85	—	36,3	73,5	31,0	28,0	47,8	—
18	90	—	49,2	93,1	40,0	38,0	62,9	—
19	95	—	53,0	117	42,0	40,0	64,5	—
20	100	—	55,1	135	43,0	41,0	67,3	49,5
21	105	—	—	—	54,0	52,0	91,8	57,9
22	110	—	—	—	66,0	65,0	114	59,6
24	120	—	—	—	71,0	70,0	126	86,4
26	130	—	—	—	108	105	178	102
28	140	—	—	—	114	111	195	114
30	150	—	—	—	138	139	235	195
32	160	—	—	—	174	167	288	199
34	170	—	—	—	227	225	374	209
36	180	—	—	—	—	—	508	281
38	190	—	—	—	—	—	530	296
40	200	—	—	—	—	—	684	448

2 Volume do espaço interno do rolamento para suporte de fusos (série TAB)

Código do rolamento	Volume do espaço interno [cm³/cada]
15TAB04	3,8
17TAB04	3,8
20TAB04	3,8
25TAB06	4,8
30TAB06	4,8
35TAB07	5,8
40TAB07	5,8
40TAB09	14
45TAB07	6,5
45TAB10	15
50TAB10	16
55TAB10	16
55TAB12	19
60TAB12	19

3 Volume do espaço interno do rolamento para suporte de fusos (série TAF)

Código do rolamento	Volume do espaço interno [cm³/cada]
25TAF06	9,3
30TAF07	14
35TAF09	26
40TAF09	26
40TAF11	45
45TAF11	45
50TAF11	45
60TAF13	71
60TAF17	150
80TAF17	150
100TAF21	282
120TAF03	473

6.2.3 Vida da graxa

A vida da graxa é afetada pela temperatura de operação, tipo da graxa, velocidade de rotação, carga e outros fatores. As estimativas aproximadas da vida da graxa para um rolamento de esferas de contato angular, usada como um exemplo representativo, pode ser calculada usando a **Fórmula 5.1**.

$$\log L = -2.3 + \frac{2450}{273 + T} - 0.301 \times (S_G + S_N + S_W) \quad \text{(Fórmula 5.1)}$$

L : vida da graxa (horas)
 T : temperatura do rolamento (°C)
 S_G : fator de redução da vida baseado no tipo de graxa

Tipo de graxa	SG
Graxa de longa vida derivada de petróleo e graxa de silicone	0
Graxa de petróleo convencional	1,0
Graxa de diéster e de baixa temperatura	2,9

$$S_N = 0.864 \frac{d \cdot n}{(dn)_L}$$

S_N : fator de redução da vida baseado na velocidade de rotação
 d : Diâmetro nominal do furo (mm)
 n : velocidade do rolamento (rpm)
 (dn)_L : fator de velocidade devido ao tipo de rolamento

Tipo de rolamento	(dn) _L
Rolamentos de esfera de contato angular	400.000
Rolamentos de rolos cilíndricos	200.000

$$S_W = 2.714 \frac{n \cdot d \cdot w}{C^2}$$

S_W : fator de redução da vida devido a carga
 C : capacidade de carga dinâmica (N)
 w : carga no rolamento (N)

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



Limites de velocidade

7-1 Correção do limite de rotação

Submeter um rolamento à rotações acima de sua capacidade gera aumento excessivo da temperatura de trabalho devido ao atrito, podendo exceder os limites do rolamento. O limite empírico da velocidade de rotação que evita este tipo de problema é denominado de “limite de rotação”.

O limite de rotação depende do tipo do rolamento, dimensões, método de lubrificação, carga, etc. O limite de rotação de um rolamento vedado é determinado pela velocidade periférica da seção de contato da vedação com o anel do rolamento. As tabelas de dimensões deste catálogo apresentam os limites de rotação para

lubrificação à graxa e à óleo, mas estes valores assumem carga de aplicação leve, eixo operando horizontalmente e lubrificação adequada.

Como normalmente dois ou mais rolamentos de esferas de contato angular são utilizados em combinação o limite de rotação é reduzido, sendo necessária a aplicação de um fator de correção (**Tabela 7.1**) sobre o valor indicado para limite de rotação nas tabelas dimensionais. Quando um rolamento for submetido à rotações 75% ou mais de seu limite, deve-se selecionar o tipo e quantidade de graxa adequada ou o óleo e método de lubrificação mais indicado.

● **Tabela 7.1** Fatores de correção do limite de rotação de rolamentos combinados

N.º de rolamentos no conjunto	Pré-carga extra leve (E)	Pré-carga leve (L)	Pré-carga média (M)	Pré-carga pesada (H)
2 carreiras	0,83	0,78	0,63	0,54
3 carreiras	0,73	0,68	0,54	0,39
4 carreiras	0,78	0,73	0,59	0,44



Seleção do eixo e alojamento

Descrição técnica

8-1 Ajustes do eixo e do alojamento

De modo a se obter o máximo de desempenho de um rolamento, adequados ajustes entre eixo e anel interno e alojamento e anel externo são imprescindíveis. Ajustes com interferência insuficiente podem resultar em deslizamento dos anéis no eixo ou no alojamento. Esta ocorrência é denominada de “deslizamento” e pode ocasionar um colapso do sistema, vibração e outros problemas devido ao atrito excessivo e o desgaste anormal, inclusive da entrada de impurezas no rolamento. O ajuste adequadamente interferente deve ser aplicado para evitar o deslizamento, ajustando dimensionalmente o

eixo junto ao anel interno ou o alojamento junto ao anel externo (Não em ambos). Entretanto, isto não pode ser executado em determinadas condições, então o ajuste dos rolamentos precisam ser determinados após uma análise minuciosa da relação eixo, alojamento e outros fatores. Os ajustes recomendados para aplicações comuns (rotação do anel interno) dos rolamentos de precisão aplicados em máquinas-ferramentas são mostrados nas Tabelas 8.1 a 8.3 a seguir.

● Tabela 8.1 Eixos e ajustes recomendados

Unidade: μm

Tipo de rolamento	Diâmetro do eixo (mm)		Classe de precisão do rolamento			
			Classe 5		Classe 4/Classe 2	
	Acima de	Inclusive	Ajuste pretendido	Tolerância do eixo	Ajuste pretendido	Tolerância do eixo
Rolamentos de esferas de contato angular	10	18	0~2T	h4	0~2T	h3
	18	50	0~2,5T	h4	0~2,5T	h3
	50	80	0~3T	h4	0~3T	h3
	80	150	0~4T	js4	0~4T	js3
	150	200	0~5T	js4	0~5T	js3
Rolamentos de rolos cilíndricos (furo cilíndrico)	25	40	—	js4	—	js4
	40	140	—	k4	—	k3
	140	200	—	k4	—	k3
Rolamento axial para fuso	Para todos os diâmetros de eixo		0~6L	h4	0~6L	h4
Rolamentos para suporte de fusos	Para todos os diâmetros de eixo		0~10L	h5	0~10L	h5

● Tabela 8.2 Alojamentos e ajustes recomendados (Lado fixo)

Unidade: μm

Tipo de rolamento	Diâmetro do furo do alojamento (mm)		Classe de precisão do rolamento			
			Classe 5		Classe 4/Classe 2	
	Acima de	inclusive	Ajuste pretendido	Tolerância do alojamento	Ajuste pretendido	Tolerância do alojamento
Rolamentos de esferas de contato angular	18	50	0~3L	JS4	0~3L	JS3
	50	120	0~4L	JS4	0~4L	JS3
	120	180	0~5L	JS4	0~5L	JS3
	180	250	0~6L	JS4	0~6L	JS3
Rolamentos de rolos cilíndricos	Todos os diâmetros de alojamento		± 0	K5	± 0	K5
Rolamento axial para fuso	Todos os diâmetros de alojamento		30L~40L	K5	30L~40L	K5
Rolamentos para suporte de fusos	Todos os diâmetros de alojamento		10L~20L	H6	10L~20L	H6

● Tabela 8.3 Alojamentos e ajustes recomendados (Lado livre)

Unidade: μm

Tipo de rolamento	Diâmetro do furo do alojamento (mm)		Classe de precisão do rolamento			
			Classe 5		Classe 4/Classe 2	
	Acima de	inclusive	Ajuste pretendido	Tolerância do alojamento	Ajuste pretendido	Tolerância do alojamento
Rolamentos de esferas de contato angular	18	50	6L~10L	H4	6L~10L	H3
	50	120	8L~13L	H4	8L~13L	H3
	120	180	12L~18L	H4	12L~18L	H3
	180	250	15L~22L	H4	15L~22L	H3
Rolamentos de rolos cilíndricos	Todos os diâmetros de alojamento		± 0	K5	± 0	K4
Rolamentos para suporte de fusos	Todos os diâmetros de alojamento		10L~20L	H6	10L~20L	H6

Nota) Nas tabelas 8.1 a 8.3, a letra L após o valor referenciado indica ajuste folgado, enquanto T indica ajuste interferente.

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

Seleção do eixo e alojamento

8-2 Precisão recomendada para o eixo e alojamento

De modo a garantir o desempenho mecânico do eixo-árvore de uma máquina-ferramenta, a precisão dos componentes deve ser igual ou superior à precisão do rolamento.

A precisão dos componentes e a rugosidade superficial são apresentadas nas **Tabelas 8.4 a 8.7**.

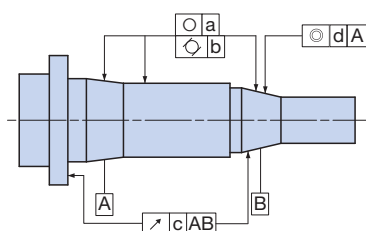
● **Tabela 8.4** Precisão do eixo

Unidade: μm

Item de precisão	Diâmetro do eixo		Classe de precisão do rolamento		
	Acima de	Inclusive	Classe 5	Classe 4	Classe 2
Circularidade \bigcirc, a	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Cilindricidade \diamond, b	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Vibração \nearrow, c	—	10	2,0	2,0	1,3
	10	18	2,5	2,5	1,5
	18	30	3,0	3,0	2,0
	30	50	3,5	3,5	2,0
	50	80	4,0	4,0	2,5
	80	120	5,0	5,0	3,0
	120	180	6,0	6,0	4,0
Concentricidade \odot, d	—	10	4,0	4,0	2,5
	10	18	5,0	5,0	3,0
	18	30	6,0	6,0	4,0
	30	50	7,0	7,0	4,0
	50	80	8,0	8,0	5,0
	80	120	10,0	10,0	6,0
	120	180	12,0	12,0	8,0

● **Tabela 8.5** Rugosidade (R_a) da superfície de instalação do eixo

Diâmetro do eixo d	Classe de precisão do rolamento		
	Classe 5	Classe 4	Classe 2
$d \leq 80\text{mm}$	0,2	0,2	0,1
$d > 80\text{mm}$	0,4	0,4	0,2



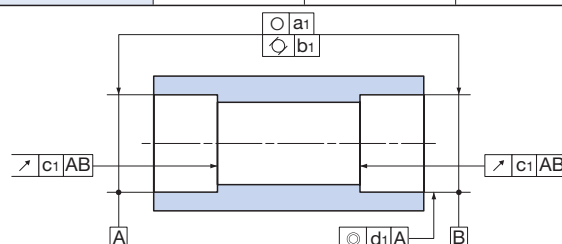
● **Tabela 8.6** Precisão do alojamento

Unidade: μm

Item de precisão	Diâmetro do furo do alojamento		Classe de precisão do rolamento		
	Acima de	Inclusive	Classe 5	Classe 4	Classe 2
Circularidade \bigcirc, a_1	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Cilindricidade \diamond, b_1	—	10	1,3	0,8	0,5
	10	18	1,5	1,0	0,6
	18	30	2,0	1,3	0,8
	30	50	2,0	1,3	0,8
	50	80	2,5	1,5	1,0
	80	120	3,0	2,0	1,3
	120	180	4,0	2,5	1,8
Vibração \nearrow, c_1	—	10	2,0	2,0	1,3
	10	18	2,5	2,5	1,5
	18	30	3,0	3,0	2,0
	30	50	3,5	3,5	2,0
	50	80	4,0	4,0	2,5
	80	120	5,0	5,0	3,0
	120	180	6,0	6,0	4,0
Concentricidade \odot, d_1	—	10	4,0	4,0	2,5
	10	18	5,0	5,0	3,0
	18	30	6,0	6,0	4,0
	30	50	7,0	7,0	4,0
	50	80	8,0	8,0	5,0
	80	120	10,0	10,0	6,0
	120	180	12,0	12,0	8,0

● **Tabela 8.7** Rugosidade (R_a) da superfície de instalação do alojamento

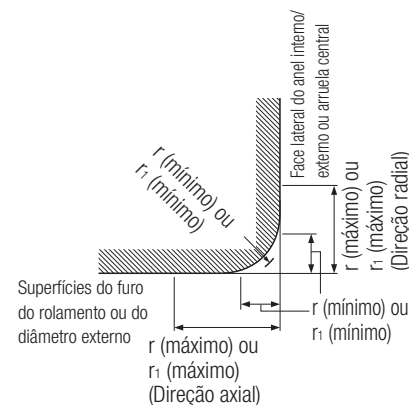
Diâmetro do furo do alojamento D	Classe de precisão do rolamento		
	Classe 5	Classe 4	Classe 2
$D \leq 80\text{mm}$	0,4	0,4	0,2
$80\text{mm} < D \leq 250\text{mm}$	0,8	0,8	0,4
$D > 250\text{mm}$	1,6	1,6	0,8



8-3 Limites da dimensão do chanfro

● Tabela 8.8 Dimensões do chanfro para rolamentos radiais (excluindo rolamentos de rolos cônicos) Unidade: mm

Menores dimensões admissíveis para chanfro dos anéis internos e externo r (mín.) ou r ₁ (mín.)	Diâmetro nominal do furo do rolamento		Menores dimensões admissíveis para chanfro dos anéis internos e externo r (máx.) ou r ₁ (máx.)		(Referência) Raio (ra) do filete do eixo ou alojamento
	Acima de	Inclusive	Direção radial	Direção axial	Máx,
0,05	—	—	0,1	0,2	0,05
0,08	—	—	0,16	0,3	0,08
0,1	—	—	0,2	0,4	0,1
0,15	—	—	0,3	0,6	0,15
0,2	—	—	0,5	0,8	0,2
0,3	—	40	0,6	1	0,3
	40	—	0,8	1	
0,6	—	40	1	2	0,6
	40	—	1,3	2	
1	—	50	1,5	3	1
	50	—	1,9	3	
1,1	—	120	2	3,5	1
	120	—	2,5	4	
1,5	—	120	2,3	4	1,5
	120	—	3	5	
2	—	80	3	4,5	2
	80	220	3,5	5	
	220	—	3,8	6	
2,1	—	280	4	6,5	2
	280	—	4,5	7	
2,5	—	100	3,8	6	2
	100	280	4,5	6	
	280	—	5	7	
3	—	280	5	8	2,5
	280	—	5,5	8	
4	—	—	6,5	9	3
5	—	—	8	10	4
6	—	—	10	13	5
7,5	—	—	12,5	17	6
9,5	—	—	15	19	8
12	—	—	18	24	10
15	—	—	21	30	12
19	—	—	25	38	15



r: Dimensões do chanfro do anel interno e anel externo
 r₁: Dimensões do chanfro do anel interno e anel externo (face frontal, etc.) ou do anel central do rolamento axial de esferas

Nota ① A forma exata do chanfro não é especificada. Os limites estão dentro do raio mínimo e máximo, nas direções radial e axial.
 ② Os valores r (mínimo) na direção axial de rolamentos com larguras nominais do rolamento de 2 mm ou menos r (máx.) são iguais aos da direção radial.

- 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

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.

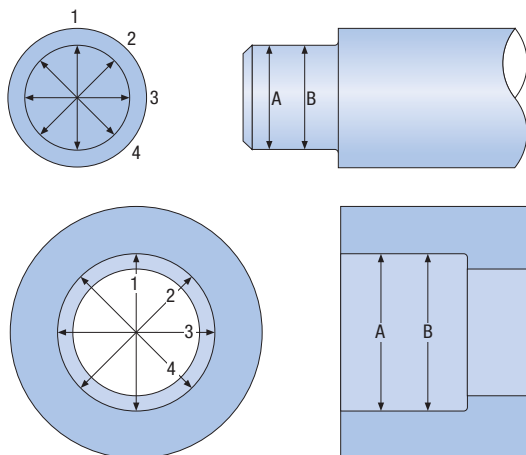
9-2 Montagem de rolamentos

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.

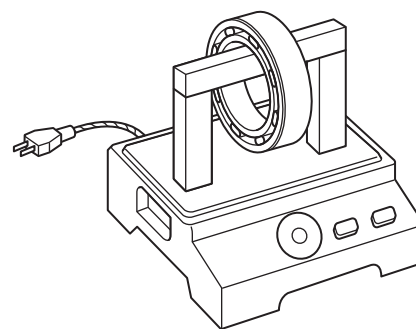
9.2.3 Montagem

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.

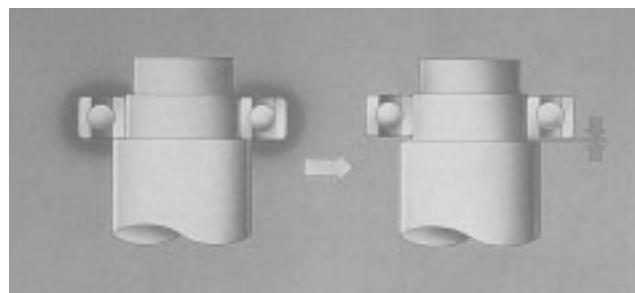
Ajustes por contração

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.



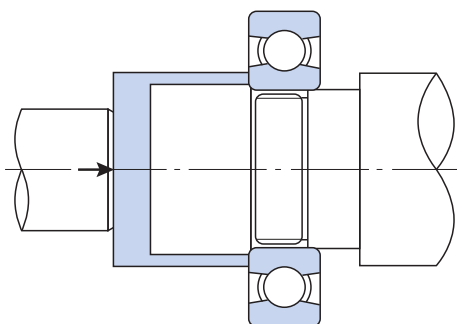
● **Figura 9.2** Aquecedor por indução



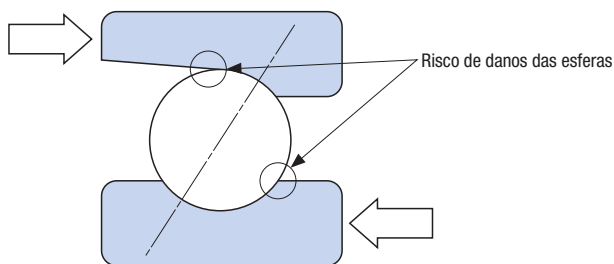
● **Figura 9.3** Folga no encosto do eixo após refrigeração

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

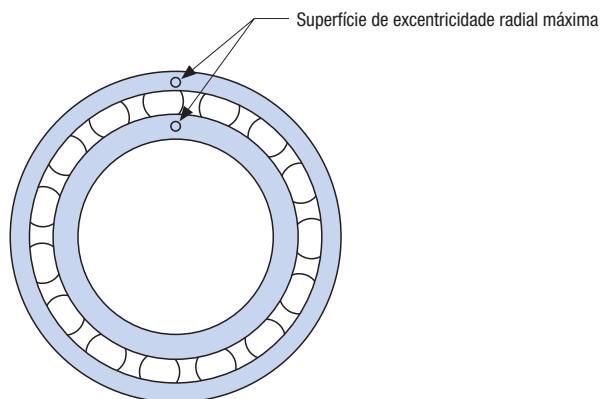


● Figura 9.5 Direção de montagem do rolamento de esferas de contato angular

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.

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)

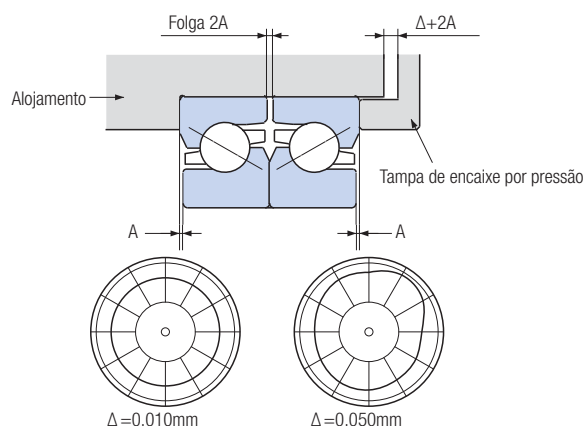
μ : Coeficiente de atrito da superfície da rosca (≈ 0,15)

● **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 correta 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)

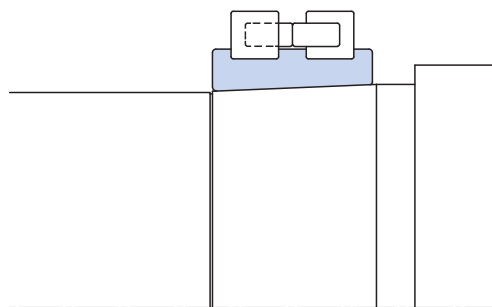
Dh : Furo do alojamento (mm)

δ : Interferência do anel externo

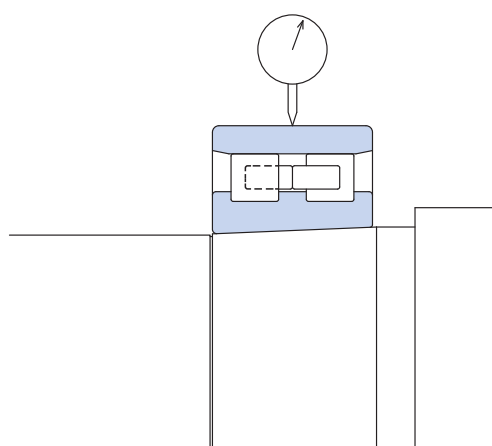
- ⑪ Corrija a largura do espaçador
- ⑫ Remova o anel interno do eixo cuidadosamente, evitando o emprego de força excessiva. Utilize uma ferramenta de remoção adequada para facilitar o processo.
- ⑬ Instale o espaçador corrigido e o rolamento no eixo
- ⑭ Novamente, meça a folga radial residual e confirme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

9.2.4 Verificação pós-montagem

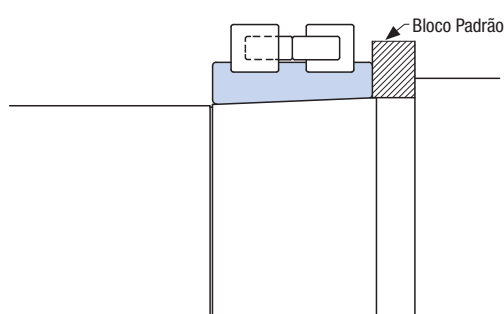
Utilize o procedimento em “5-3 Medindo a pré-carga” (Página 14) para confirmar se a pré-carga prescrita está sendo aplicada.



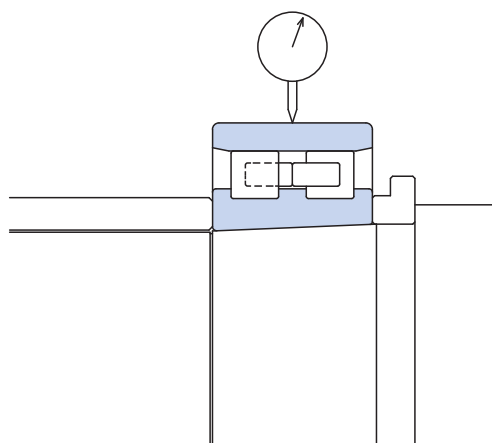
● Figura 9.8 Aperto temporário do anel interno



● 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

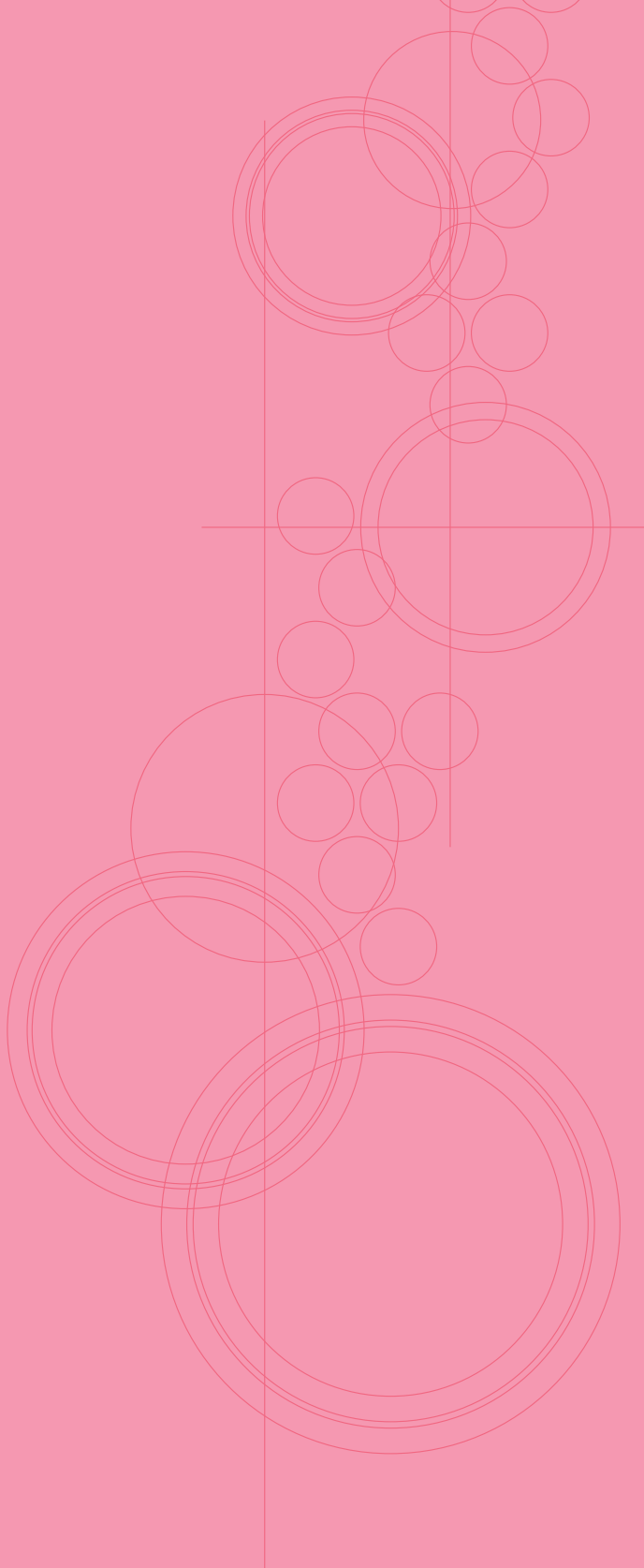
lubrificante (Recolha amostras)

- 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

Tabelas de dimensão



Tipos e
formas

7900
7000
7200

BNH

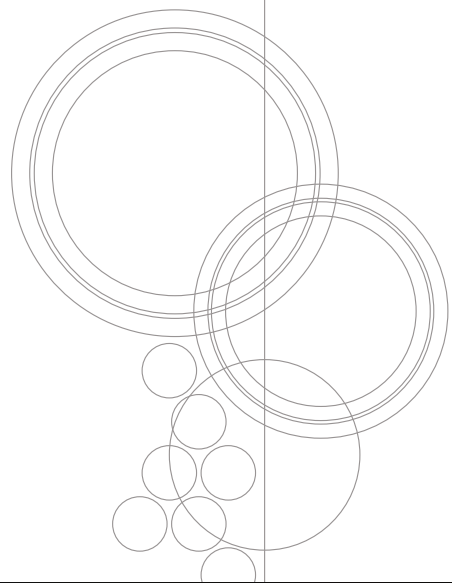
TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamentos de Precisão



Rolamentos de esferas de contato angular

Rolamentos de esferas de contato angular de alta velocidade

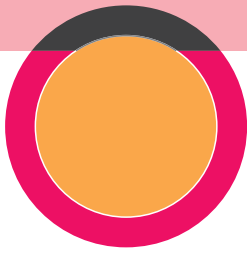
Rolamentos axiais de esferas de contato angular

Rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras

Rolamentos de rolos cônicos cruzados

Rolamentos para suporte de fusos





Tipos e formas dos rolamentos de precisão

Tipo	Seção transversal	Série de rolamentos	Ângulo de contato	Descrição
Rolamentos de esferas de contato angular		7900C	15°	<ul style="list-style-type: none"> As esferas e as pistas de rolagem dos anéis interno e externo foram concebidas para contato num ângulo específico, o que significa que este tipo de rolamento é adequado para cargas compostas (carga axial e carga radial). O ângulo de contato significa que os componentes de força axial são gerados quando é aplicada uma carga radial, sendo que estes rolamentos normalmente são usados em pares nas extremidades de um eixo. Um ângulo de contato de 15° é recomendado para velocidades elevadas, enquanto um ângulo de contato de 25° é mais adequado para suportar a ação de cargas axiais.
		7900AC	25°	
		7000C	15°	
		7000AC	25°	
		7200C	15°	
		7200AC	25°	
Rolamentos de esferas de contato angular de alta velocidade		BNH	15°	<ul style="list-style-type: none"> De modo a reduzir o deslizamento das esferas devido ao momento giroscópico sob alta rotação, o diâmetro das esferas deste tipo de rolamento é menor do que o de um rolamento de esferas de contato angular da série 7000. Este tipo de rolamento é compatível dimensionalmente com a Série 7000 e pode ser utilizado para a sua substituição.
Rolamentos axiais de esferas de contato angular		TAH	30°	<ul style="list-style-type: none"> O ângulo de contato deste tipo é menor do que o da Série TAD (Rolamentos de esferas de contato angular para cargas de dupla direção), para um menor momento giroscópico, ocasionado pelo deslizamento das esferas, e uma temperatura de operação mais baixa. Pode ser usado para substituir os rolamentos da Série TAD.
		TBH	40°	
Rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras do tipo NN		NN3000	—	<ul style="list-style-type: none"> Um maior número de rolos (cilíndricos) para uma rigidez mais elevada. O furo cônico permite o ajuste da folga interna residual. O canal e furo para lubrificação centralizado no anel externo também estão disponíveis.
Rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras do tipo NNU		NNU4900	—	
Rolamentos de rolos cônicos cruzados		XRN XRG	—	<ul style="list-style-type: none"> Concebida como uma alternativa aos rolamentos de rolos cônicos, esta série suporta carga axial pesada e rigidez da carga de momento. Os rolos têm centros de rotação e orbital adequados para rotação suave.
Rolamentos para suporte de fusos		TAB	60°	<ul style="list-style-type: none"> Principalmente usados em aplicações para suporte de fusos de máquinas-ferramenta. Tipos abertos e tipos vedados (vedação com contato ou sem contato) disponíveis.
		TAF	50° (55°)	

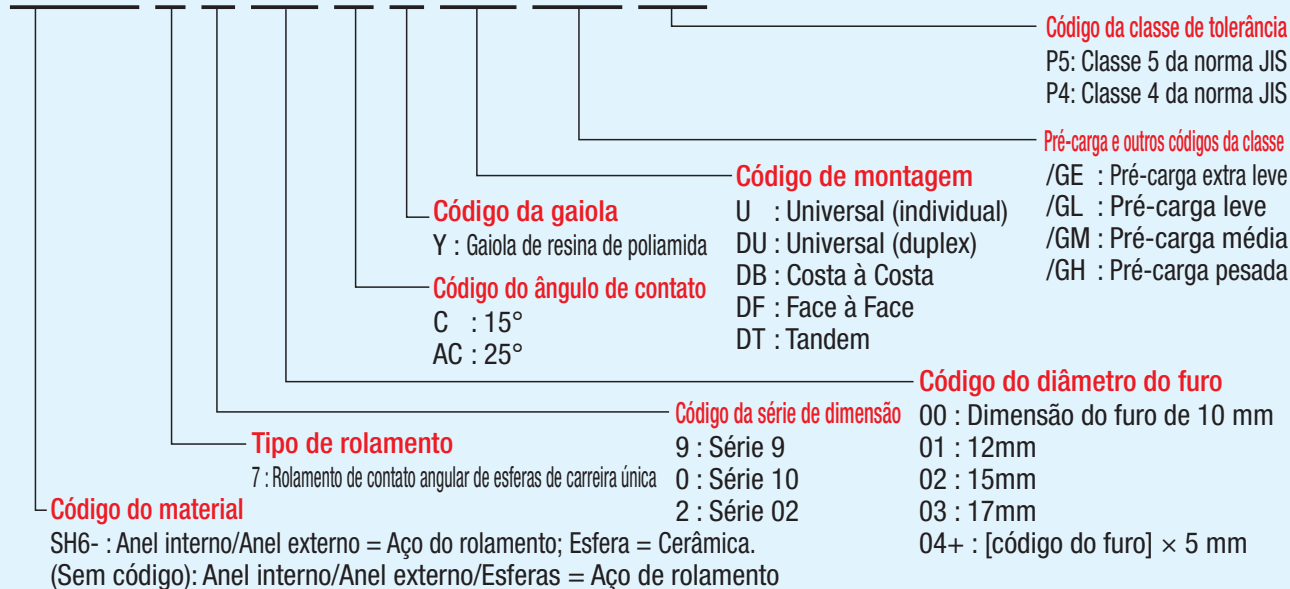
Rolamentos de esferas de contato angular

Tipo padrão



Nomenclatura dos rolamentos

SH6- 7 2 08 C Y DU /GL P4



Características

- Nos rolamentos de esferas de contato angular, as esferas e as pistas de rolagem dos anéis interno e externo formam um ângulo de contato específico. Quando usado em uma configuração individual, a carga axial é limitada a uma única direção, porém este tipo de rolamento suporta cargas compostas, ou seja, cargas radiais e axiais em um único sentido.
- Como este tipo de rolamento tem um ângulo de contato, são gerados componentes axiais quando é aplicada uma carga radial. Por este motivo, este tipo de rolamento normalmente é aplicado em pares nas extremidades de um eixo.
- Também está disponível com esfera de cerâmica.

Ângulo de contato

Estão disponíveis dois ângulos de contatos: 15° e 25°. O ângulo de 15° é utilizado para aplicações de alta velocidade. O de 25° para aplicações que requerem rigidez axial elevada.

Gaiola

A gaiola de poliamida é padrão para esta série de rolamentos. A gaiola de poliamida só deve ser submetida a temperaturas inferiores a 120°.

Precisão dimensional, precisão de rotação.

Em conformidade com a classe 5 ou classe 4 das normas japonesas JIS. Consulte a página 7 para obter maiores detalhes.

Pré-carga

- Estão disponíveis quatro tipos de ajustes de pré-carga padrão. Use a tabela a seguir para selecionar a pré-carga que atenda seus critérios.
- Consulte as páginas 16 a 18 para as pré-cargas disponíveis para cada série e tamanho.

Critérios de seleção de pré-carga

Código da pré-carga	Critérios de seleção
E (pré-carga extra leve)	Atenua a vibração mecânica e aumenta a precisão.
L (pré-carga leve)	Fornece rigidez para operações a alta velocidade (valor dmn ≥ 500.000).
M (pré-carga média)	Fornece mais rigidez que a pré-carga leve para operações a velocidade normal.
H (pré-carga pesada)	Fornece rigidez máxima para operações a baixa velocidade.

Montagem

Consulte as páginas 12 e 13 para disposições diversas.

Rolamentos com esferas de cerâmica

Quando submetidos à alta rotação, os rolamentos com esferas de cerâmicas apresentam menor força centrífuga que os rolamentos com esferas de aço, devido à densidade da cerâmica ser inferior à do aço.

- As características da cerâmica e do aço de rolamento são apresentadas na tabela abaixo.
- O código do rolamento de um rolamento que utiliza esferas cerâmicas tem o prefixo "SH6-".
- A pré-carga e a rigidez axial são aproximadamente 1,2 vezes superiores às dos rolamentos com esferas de aço.

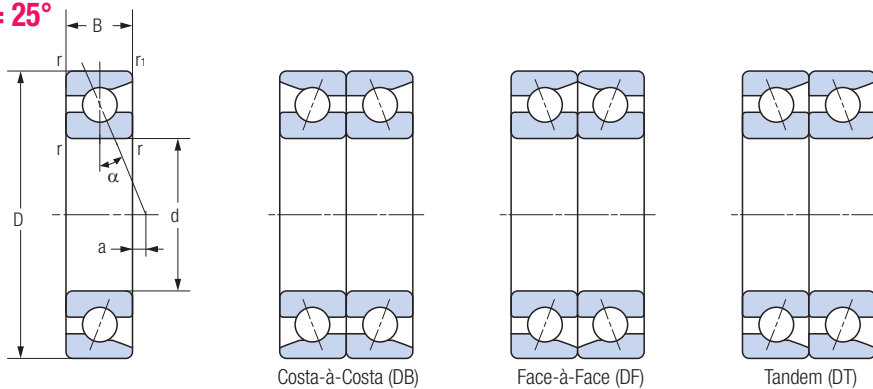
Comparação das características da cerâmica e do aço de rolamento

Características	Unidade	Cerâmica (Si ₃ N ₄)	Aço de rolamento (SUJ2)
Resistência ao calor	°C	800	180
Densidade	g/cm ³	3,2	7,8
Coefficiente de expansão linear	1/°C	3,2×10 ⁻⁶	12,5×10 ⁻⁶
Dureza	Hv	1400~1700	700~800
Coefficiente de elasticidade longitudinal	GPa	314	206
Coefficiente de Poisson	—	0,26	0,30
Resistência à corrosão	—	Boa	Ruim
Magnetismo	—	Substância não magnética	Substância fortemente magnética
Conductividade	—	Isolante	Condutor
Ligação química de cristais	—	Covalente	Metálica

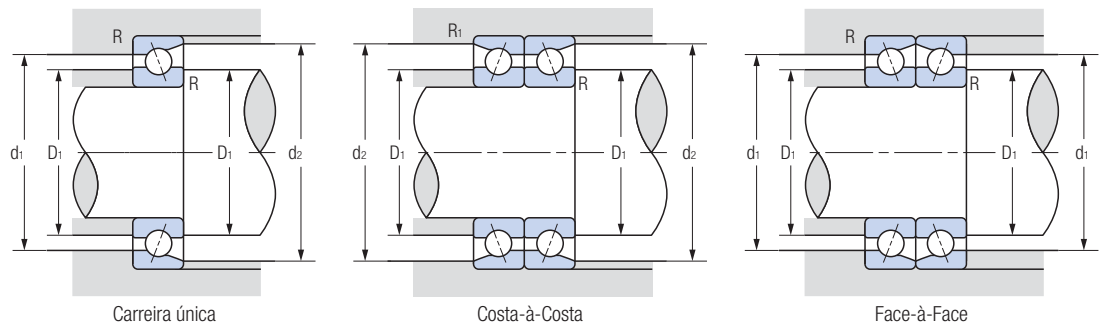
Rolamentos de esferas de contato angular

Série 7900C Ângulo de contato $\alpha = 15^\circ$

Série 7900AC Ângulo de contato $\alpha = 25^\circ$



Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidade de carga dinâmica Cr (kN)	Capacidade de carga estática Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
7900C	10	22	6	0,3	0,15	-0,9	3,00	1,52
7900AC	10	22	6	0,3	0,15	0,7	2,88	1,45
7901C	12	24	6	0,3	0,15	-0,6	3,20	1,72
7901AC	12	24	6	0,3	0,15	1,2	3,05	1,63
7902C	15	28	7	0,3	0,15	-0,6	4,75	2,64
7902AC	15	28	7	0,3	0,15	1,5	4,55	2,53
7903C	17	30	7	0,3	0,15	-0,3	5,00	2,95
7903AC	17	30	7	0,3	0,15	2,1	4,75	2,82
7904C	20	37	9	0,3	0,15	-0,7	7,30	4,55
7904AC	20	37	9	0,3	0,15	2,1	6,95	4,35
7905C	25	42	9	0,3	0,15	0,1	7,80	5,45
7905AC	25	42	9	0,3	0,15	3,5	7,40	5,15
7906C	30	47	9	0,3	0,15	0,7	8,30	6,25
7906AC	30	47	9	0,3	0,15	4,5	7,85	5,95
7907C	35	55	10	0,6	0,3	1,0	12,5	9,65
7907AC	35	55	10	0,6	0,3	5,5	11,9	9,20
7908C	40	62	12	0,6	0,3	0,8	15,7	12,4
7908AC	40	62	12	0,6	0,3	5,9	14,9	11,8
7909C	45	68	12	0,6	0,3	1,6	16,6	14,1
7909AC	45	68	12	0,6	0,3	7,2	15,7	13,3
7910C	50	72	12	0,6	0,3	2,2	17,7	15,5
7910AC	50	72	12	0,6	0,3	8,2	16,4	14,9



Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)					Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	D ₁ (Mín.)	d ₁ (Máx.)	d ₂ (Máx.)	R (Máx.)	R ₁ (Máx.)		
73000	100000	12,5	19,5	20,8	0,3	0,15	0,008	7900C
63500	85000	12,5	19,5	20,8	0,3	0,15	0,008	7900AC
64800	88800	14,5	21,5	22,8	0,3	0,15	0,010	7901C
56400	75500	14,5	21,5	22,8	0,3	0,15	0,010	7901AC
54300	74400	17,5	25,5	26,8	0,3	0,15	0,015	7902C
47200	63200	17,5	25,5	26,8	0,3	0,15	0,015	7902AC
49700	68000	19,5	27,5	28,8	0,3	0,15	0,016	7903C
43200	57800	19,5	27,5	28,8	0,3	0,15	0,016	7903AC
41000	56100	22,5	34,5	35,8	0,3	0,15	0,035	7904C
35600	47700	22,5	34,5	35,8	0,3	0,15	0,035	7904AC
34800	47700	27,5	39,5	40,8	0,3	0,15	0,041	7905C
30300	40600	27,5	39,5	40,8	0,3	0,15	0,041	7905AC
30300	41500	32,5	44,5	45,8	0,3	0,15	0,046	7906C
26300	35300	32,5	44,5	45,8	0,3	0,15	0,046	7906AC
25900	35500	39,5	50,5	52,5	0,6	0,3	0,074	7907C
22500	30200	39,5	50,5	52,5	0,6	0,3	0,074	7907AC
22900	31300	44,5	57,5	59,5	0,6	0,3	0,107	7908C
19900	26600	44,5	57,5	59,5	0,6	0,3	0,107	7908AC
20600	28300	49,5	63,5	65,5	0,6	0,3	0,127	7909C
18000	24000	49,5	63,5	65,5	0,6	0,3	0,127	7909AC
19100	26200	54,5	67,5	69,5	0,6	0,3	0,128	7910C
16600	22300	54,5	67,5	69,5	0,6	0,3	0,128	7910AC

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

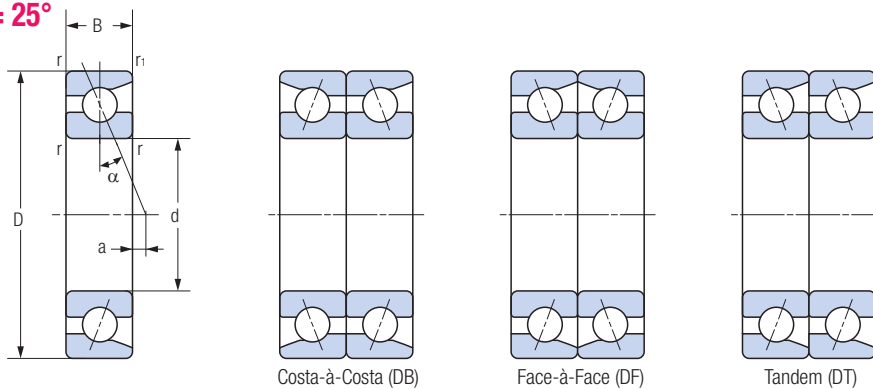
XRN
XRG

TAB
TAF

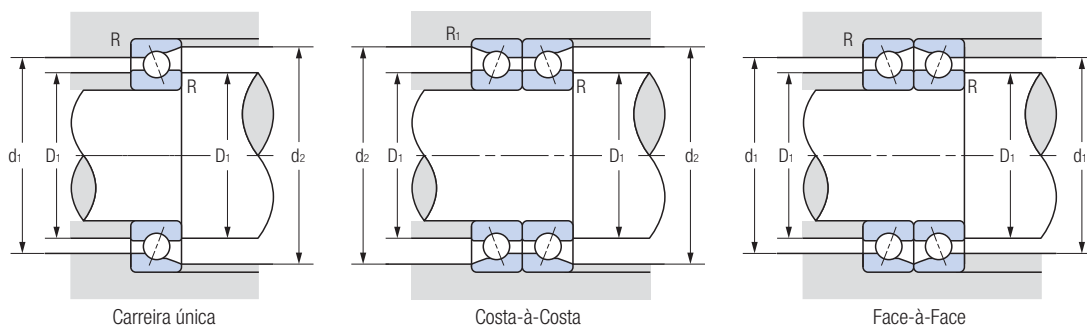
Rolamentos de esferas de contato angular

Série 7000C Ângulo de contato $\alpha = 15^\circ$

Série 7000AC Ângulo de contato $\alpha = 25^\circ$



Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidade de carga dinâmica Cr (kN)	Capacidade de carga estática Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
7000C	10	26	8	0,3	0,15	-1,9	5,35	2,50
7000AC	10	26	8	0,3	0,15	0,2	5,15	2,41
7001C	12	28	8	0,3	0,15	-1,7	5,80	2,91
7001AC	12	28	8	0,3	0,15	0,7	5,60	2,79
7002C	15	32	9	0,3	0,15	-1,8	6,65	3,70
7002AC	15	32	9	0,3	0,15	1,0	6,30	3,55
7003C	17	35	10	0,3	0,15	-2,0	7,00	4,15
7003AC	17	35	10	0,3	0,15	1,1	6,65	3,95
7004C	20	42	12	0,6	0,3	-2,4	11,2	6,60
7004AC	20	42	12	0,6	0,3	1,2	10,6	6,25
7005C	25	47	12	0,6	0,3	-1,8	12,9	8,65
7005AC	25	47	12	0,6	0,3	2,4	11,7	7,60
7006C	30	55	13	1	0,6	-1,6	16,0	11,1
7006AC	30	55	13	1	0,6	3,4	15,1	10,5
7007C	35	62	14	1	0,6	-1,4	19,3	13,7
7007AC	35	62	14	1	0,6	4,3	18,2	13,0
7008C	40	68	15	1	0,6	-1,3	20,7	16,0
7008AC	40	68	15	1	0,6	5,1	19,5	15,1
7009C	45	75	16	1	0,6	-1,1	24,6	19,4
7009AC	45	75	16	1	0,6	6,0	23,1	18,3
7010C	50	80	16	1	0,6	-0,5	26,2	22,0
7010AC	50	80	16	1	0,6	7,2	23,7	19,7
7011C	55	90	18	1,1	0,6	-0,6	34,5	28,8
7011AC	55	90	18	1,1	0,6	7,9	31,0	25,6
7012C	60	95	18	1,1	0,6	-0,1	35,5	30,5
7012AC	60	95	18	1,1	0,6	9,1	32,0	27,6
7013C	65	100	18	1,1	0,6	0,5	37,5	34,5
7013AC	65	100	18	1,1	0,6	10,2	34,0	31,0
7014C	70	110	20	1,1	0,6	0,4	47,0	43,0
7014AC	70	110	20	1,1	0,6	11,0	44,5	41,0
7015C	75	115	20	1,1	0,6	1,0	48,5	46,0
7015AC	75	115	20	1,1	0,6	12,2	45,5	43,0
7016C	80	125	22	1,1	0,6	0,8	59,0	55,5
7016AC	80	125	22	1,1	0,6	12,9	55,5	52,5
7017C	85	130	22	1,1	0,6	1,4	60,5	59,0
7017AC	85	130	22	1,1	0,6	14,1	57,0	55,5
7018C	90	140	24	1,5	1	1,3	72,0	69,5
7018AC	90	140	24	1,5	1	14,8	68,0	65,5
7019C	95	145	24	1,5	1	1,9	74,0	73,5
7019AC	95	145	24	1,5	1	16,0	69,5	69,5
7020C	100	150	24	1,5	1	2,4	76,0	77,5
7020AC	100	150	24	1,5	1	17,2	71,0	73,0



Carreira única

Costa-à-Costa

Face-à-Face

Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)					Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	D ₁ (Mín.)	d ₁ (Máx.)	d ₂ (Máx.)	R (Máx.)	R ₁ (Máx.)		
65000	89000	12	24	25	0,3	0,15	0,022	7000C
56500	75500	12	24	25	0,3	0,15	0,022	7000AC
58500	80000	14	26	27	0,3	0,15	0,024	7001C
51000	68000	14	26	27	0,3	0,15	0,026	7001AC
49500	68000	17	30	31	0,3	0,15	0,035	7002C
43000	58000	17	30	31	0,3	0,15	0,035	7002AC
45000	61500	19	33	34	0,3	0,15	0,045	7003C
39000	52500	19	33	34	0,3	0,15	0,045	7003AC
37500	51500	24	38	40	0,6	0,3	0,079	7004C
32500	44000	24	38	40	0,6	0,3	0,079	7004AC
32500	44500	29	43	45	0,6	0,3	0,091	7005C
28200	37500	29	43	45	0,6	0,3	0,091	7005AC
27400	37500	35	50	52	1	0,6	0,135	7006C
23900	32000	35	50	52	1	0,6	0,135	7006AC
24100	33000	40	57	59	1	0,6	0,170	7007C
21000	28000	40	57	59	1	0,6	0,170	7007AC
21600	29600	45	63	65	1	0,6	0,210	7008C
18800	25200	45	63	65	1	0,6	0,210	7008AC
19500	26700	50	70	72	1	0,6	0,265	7009C
16900	22700	50	70	72	1	0,6	0,265	7009AC
18000	24600	55	75	77	1	0,6	0,285	7010C
15600	20900	55	75	77	1	0,6	0,285	7010AC
16100	22100	61	84	86	1	0,6	0,420	7011C
14000	18800	61	84	86	1	0,6	0,420	7011AC
15000	20600	66	89	91	1	0,6	0,450	7012C
13100	17500	66	89	91	1	0,6	0,450	7012AC
14200	19400	71	94	96	1	0,6	0,470	7013C
12300	16500	71	94	96	1	0,6	0,470	7013AC
13000	17800	76	104	106	1	0,6	0,660	7014C
11300	15100	76	104	106	1	0,6	0,660	7014AC
12300	16800	81	109	111	1	0,6	0,695	7015C
10700	14300	81	109	111	1	0,6	0,695	7015AC
11400	15600	86	119	121	1	0,6	0,925	7016C
9900	13300	86	119	121	1	0,6	0,925	7016AC
10900	14900	91	124	126	1	0,6	0,960	7017C
9400	12700	91	124	126	1	0,6	0,960	7017AC
10100	13900	97	133	135,6	1,5	1	1,26	7018C
8800	11800	97	133	135,6	1,5	1	1,26	7018AC
9700	13300	102	138	140,6	1,5	1	1,36	7019C
8400	11300	102	138	140,6	1,5	1	1,36	7019AC
9300	12800	107	143	145,6	1,5	1	1,37	7020C
8100	10900	107	143	145,6	1,5	1	1,37	7020AC

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

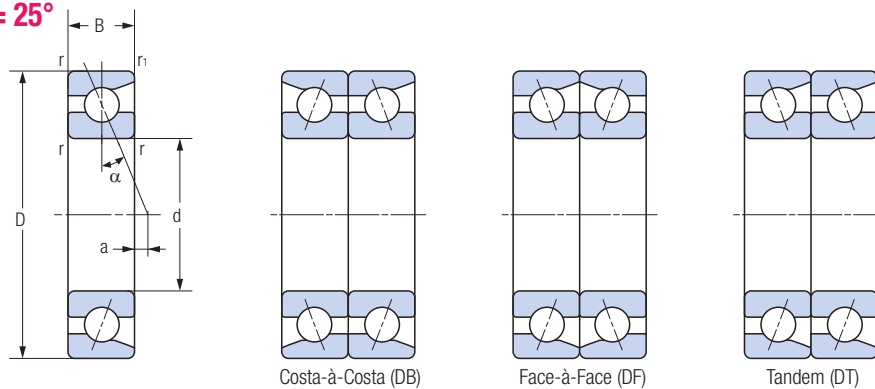
XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamentos de esferas de contato angular

Série 7200C Ângulo de contato $\alpha = 15^\circ$

Série 7200AC Ângulo de contato $\alpha = 25^\circ$

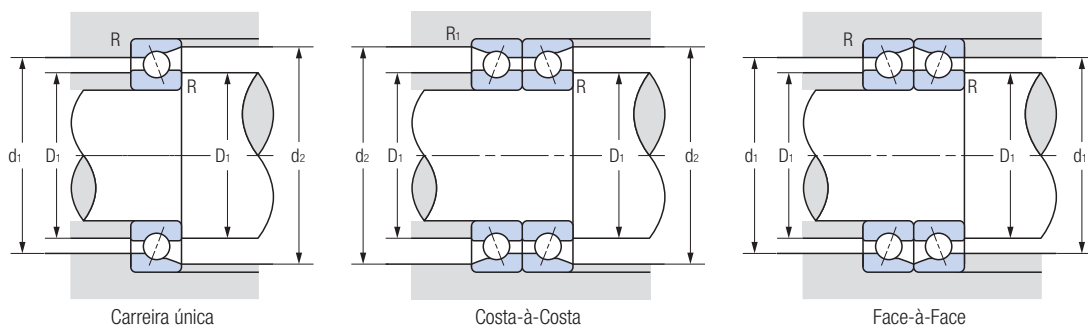


Costa-à-Costa (DB)

Face-à-Face (DF)

Tandem (DT)

Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidade de carga dinâmica Cr (kN)	Capacidade de carga estática Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
7200C	10	30	9	0,6	0,3	-2,2	6,95	3,30
7200AC	10	30	9	0,6	0,3	0,2	6,75	3,20
7201C	12	32	10	0,6	0,3	-2,5	7,95	3,90
7201AC	12	32	10	0,6	0,3	0,2	7,65	3,75
7202C	15	35	11	0,6	0,3	-2,6	8,70	4,55
7202AC	15	35	11	0,6	0,3	0,4	8,35	4,40
7203C	17	40	12	0,6	0,3	-2,7	10,9	5,90
7203AC	17	40	12	0,6	0,3	0,8	10,5	5,65
7204C	20	47	14	1	0,6	-3,1	14,7	8,15
7204AC	20	47	14	1	0,6	0,9	14,0	7,80
7205C	25	52	15	1	0,6	-3,1	16,7	10,3
7205AC	25	52	15	1	0,6	1,6	15,9	9,80
7206C	30	62	16	1	0,6	-2,7	23,2	14,9
7206AC	30	62	16	1	0,6	2,8	22,0	14,1
7207C	35	72	17	1,1	0,6	-2,3	30,5	20,1
7207AC	35	72	17	1,1	0,6	4	29,1	19,1
7208C	40	80	18	1,1	0,6	-2,1	36,5	25,4
7208AC	40	80	18	1,1	0,6	5	34,5	24,1
7209C	45	85	19	1,1	0,6	-2,0	41,0	29,0
7209AC	45	85	19	1,1	0,6	5,7	39,0	27,5
7210C	50	90	20	1,1	0,6	-1,9	43,0	32,0
7210AC	50	90	20	1,1	0,6	6,3	41,0	30,5
7211C	55	100	21	1,5	1	-1,6	53,0	40,0
7211AC	55	100	21	1,5	1	7,6	50,5	38,0
7212C	60	110	22	1,5	1	-1,2	64,5	49,5
7212AC	60	110	22	1,5	1	8,8	58,0	43,5
7213C	65	120	23	1,5	1	-0,8	73,5	59,0
7213AC	65	120	23	1,5	1	10,1	66,5	52,0
7214C	70	125	24	1,5	1	-0,7	80,0	65,0
7214AC	70	125	24	1,5	1	10,7	72,5	57,5
7215C	75	130	25	1,5	1	-0,7	83,5	70,0
7215AC	75	130	25	1,5	1	11,4	75,5	62,5
7216C	80	140	26	2	1	-0,3	93,5	78,0
7216AC	80	140	26	2	1	12,7	88,5	74,0
7217C	85	150	28	2	1	-0,4	100	85,0
7217AC	85	150	28	2	1	13,4	95,0	81,0
7218C	90	160	30	2	1	-0,6	124	105
7218AC	90	160	30	2	1	14,2	112	93,0
7219C	95	170	32	2,1	1,1	-0,7	133	115
7219AC	95	170	32	2,1	1,1	14,9	126	107
7220C	100	180	34	2,1	1,1	-0,8	150	128
7220AC	100	180	34	2,1	1,1	15,7	142	121



Carreira única

Costa-à-Costa

Face-à-Face

Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)					Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	D ₁ (Mín.)	d ₁ (Máx.)	d ₂ (Máx.)	R (Máx.)	R ₁ (Máx.)		
58500	80000	15	25	27,4	0,6	0,3	0,034	7200C
51000	68000	15	25	27,4	0,6	0,3	0,034	7200AC
53000	72500	17	27	29,4	0,6	0,3	0,040	7201C
46000	62000	17	27	29,4	0,6	0,3	0,040	7201AC
46500	64000	20	30	32,4	0,6	0,3	0,048	7202C
40500	54500	20	30	32,4	0,6	0,3	0,048	7202AC
41000	56000	22	35	37,4	0,6	0,3	0,070	7203C
35500	47500	22	35	37,4	0,6	0,3	0,070	7203AC
34500	47500	26	41	43,4	1	0,6	0,110	7204C
30500	40500	26	41	43,4	1	0,6	0,110	7204AC
30000	41500	31	46	48,4	1	0,6	0,135	7205C
26400	35500	31	46	48,4	1	0,6	0,135	7205AC
25200	34500	36	56	58,4	1	0,6	0,210	7206C
22000	29600	36	56	58,4	1	0,6	0,210	7206AC
21800	29900	42	65	67	1	0,6	0,295	7207C
19000	25400	42	65	67	1	0,6	0,295	7207AC
19500	26700	47	73	75	1	0,6	0,380	7208C
16900	22700	47	73	75	1	0,6	0,380	7208AC
18000	24600	52	78	80	1	0,6	0,430	7209C
15600	20900	52	78	80	1	0,6	0,430	7209AC
16700	22900	57	83	85	1	0,6	0,485	7210C
14500	19400	57	83	85	1	0,6	0,485	7210AC
15000	20600	64	91	94,6	1,5	1	0,635	7211C
13100	17500	64	91	94,6	1,5	1	0,635	7211AC
13700	18800	69	101	104,6	1,5	1	0,820	7212C
12000	16000	69	101	104,6	1,5	1	0,820	7212AC
12600	17300	74	111	114,6	1,5	1	1,02	7213C
11000	14700	74	111	114,6	1,5	1	1,02	7213AC
12000	16400	79	116	119,6	1,5	0,8	1,12	7214C
10400	13900	79	116	119,6	1,5	0,8	1,12	7214AC
11400	15600	84	121	124,6	1,5	1	1,23	7215C
9900	13300	84	121	124,6	1,5	1	1,23	7215AC
10600	14500	90	130	134	2	1	1,50	7216C
9200	12400	90	130	134	2	1	1,50	7216AC
9900	13600	95	140	144	2	1	1,87	7217C
8600	11600	95	140	144	2	1	1,87	7217AC
9300	12800	100	150	154	2	1	2,30	7218C
8100	10900	100	150	154	2	1	2,30	7218AC
8800	12100	107	158	163	2	1	2,78	7219C
7700	10300	107	158	163	2	1	2,78	7219AC
8300	11400	112	168	173	2	1	3,32	7220C
7200	9700	112	168	173	2	1	3,32	7220AC

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

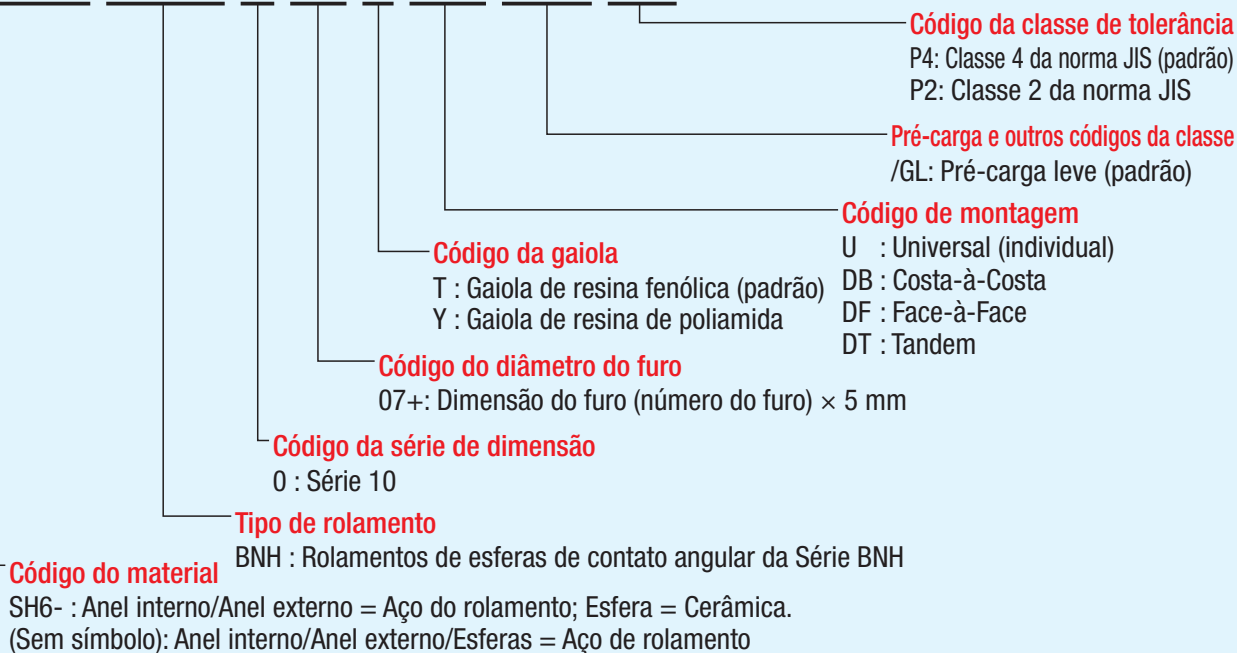
Rolamentos de esferas de contato angular de alta velocidade

Série BNH



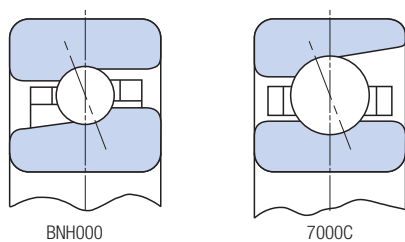
Nomenclatura dos rolamentos

SH6- BNH 0 10 T DB /GL P4



Características

- Esferas de aço menores, velocidades mais elevadas e temperaturas inferiores que os rolamentos de esferas de contato angular da série 7000. Aplicados principalmente em spindles de centros de usinagem de altas velocidades.
- Também está disponível com esferas de cerâmica.



Ângulo de contato

Ângulo de contato de 15° padrão.

Gaiola

Gaiola de resina fenólica guiada pelo anel exterior é o padrão de fabricação. Contudo, também está disponível como gaiola de resina de poliamida guiada pelas esferas.

Precisão dimensional, precisão de rotação.

Conformidade com a Classe 4 da norma JIS. Consulte a página 7 para obter maiores detalhes.

Pré-carga

Pré-carga leve padrão. Consulte a página 19 para obter informações sobre pré-cargas.

Rolamentos com esferas de cerâmica

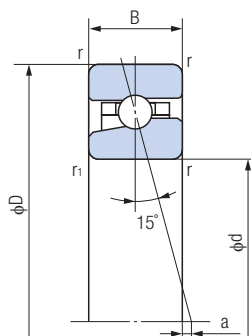
- Quando submetidos à alta rotação, os rolamentos com esferas de cerâmicas apresentam menor força centrífuga que os rolamentos com esferas de aço, devido à densidade da cerâmica ser inferior à do aço.
- As características da cerâmica e do aço de rolamento são apresentadas na tabela abaixo.
- O código do rolamento de um rolamento que utiliza esferas cerâmicas tem o prefixo "SH6-".
- A pré-carga e a rigidez axial são aproximadamente 1,2 vezes superiores às dos rolamentos com esferas de aço.

Comparação das características de cerâmica e aço de rolamento

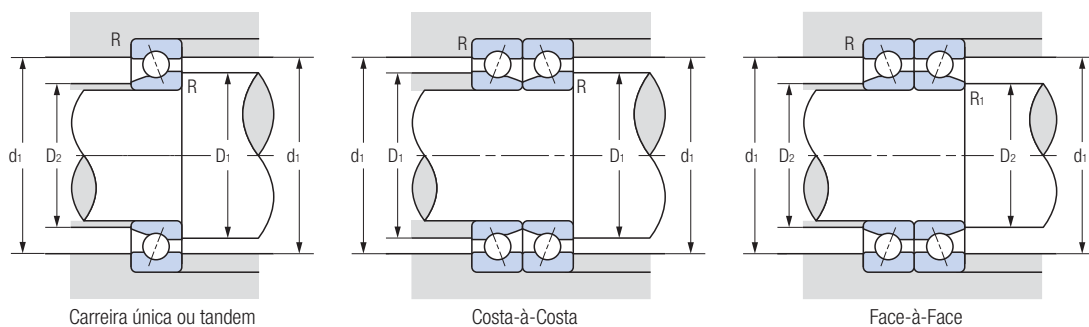
Características	Unidade	Cerâmica (Si ₃ N ₄)	Aços de rolamento (SUJ2)
Resistência ao calor	°C	800	180
Densidade	g/cm ³	3,2	7,8
Coefficiente de expansão linear	1/°C	3,2×10 ⁻⁶	12,5×10 ⁻⁶
Dureza	Hv	1400~1700	700~800
Coefficiente de elasticidade longitudinal	GPa	314	206
Coefficiente de Poisson	—	0,26	0,30
Resistência à corrosão	—	Boa	Ruim
Magnetismo	—	Substância não magnética	Substância fortemente magnética
Condutividade	—	Isolante	Condutor
Ligação química de cristais	—	Covalente	Metálica

Rolamentos de esferas de contato angular de alta velocidade da Série BNH

Ângulo de contato de 15°



Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidade de carga dinâmica Cr (kN)	Capacidade de carga estática Cor (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
BNH007	35	62	14	1	0,6	-0,5	11,6	9,95
BNH008	40	68	15	1	0,6	-0,3	14,8	12,9
BNH009	45	75	16	1	0,6	0	15,5	14,5
BNH010	50	80	16	1	0,6	0,7	16,1	15,9
BNH011	55	90	18	1,1	0,6	0,7	20,0	20,1
BNH012	60	95	18	1,1	0,6	1,4	20,8	21,9
BNH013	65	100	18	1,1	0,6	2,1	21,5	23,4
BNH014	70	110	20	1,1	0,6	2,1	29,4	31,5
BNH015	75	115	20	1,1	0,6	2,7	29,8	32,5
BNH016	80	125	22	1,1	0,6	2,7	35,0	39,0
BNH017	85	130	22	1,1	0,6	3,4	35,5	40,0
BNH018	90	140	24	1,5	1	3,4	46,5	53,0
BNH019	95	145	24	1,5	1	4,1	47,0	55,0
BNH020	100	150	24	1,5	1	4,7	48,0	56,5
BNH021	105	160	26	2	1	4,8	54,5	65,0
BNH022	110	170	28	2	1	4,8	61,0	74,0
BNH024	120	180	28	2	1	6,1	63,0	79,0
BNH026	130	200	33	2	1	5,6	83,5	105
BNH028	140	210	33	2	1	6,9	86,0	112
BNH030	150	225	35	2,1	1,1	7,6	102	132
BNH032	160	240	38	2,1	1,1	7,8	110	145
BNH034	170	260	42	2,1	1,1	7,8	129	173



Carreira única ou tandem

Costa-à-Costa

Face-à-Face

Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)					Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	D1 (Mín.)	D2 (Mín.)	d1 (Máx.)	R (Máx.)	R1 (Máx.)		
28900	39000	40	39	57	1	0,6	0,167	BNH007
26000	35000	45	44	63	1	0,6	0,200	BNH008
23400	31500	50	49,5	70	1	0,6	0,260	BNH009
21600	29200	55	54,5	75	1	0,6	0,280	BNH010
19400	26200	61	59,5	84	1	0,6	0,400	BNH011
18100	24500	66	64,5	89	1	0,6	0,433	BNH012
17000	23000	71	69,5	94	1	0,6	0,460	BNH013
15600	21100	76	74,5	104	1	0,6	0,650	BNH014
14800	20000	81	79,5	109	1	0,6	0,690	BNH015
13700	18500	86	84,5	119	1	0,6	0,930	BNH016
13100	17700	91	89,5	124	1	0,6	0,973	BNH017
12200	16500	97	95,5	133	1,5	1	1,27	BNH018
11700	15800	102	100,5	138	1,5	1	1,33	BNH019
11200	15200	107	105,5	143	1,5	1	1,39	BNH020
10600	14300	115	110,5	150	2	1	1,77	BNH021
10000	13600	120	115,5	160	2	1	2,18	BNH022
9400	12700	130	125,5	170	2	1	2,32	BNH024
8500	11500	140	135,5	190	2	1	3,46	BNH026
8000	10900	150	145,5	200	2	1	3,68	BNH028
7500	10100	161	156	213	2	1	4,55	BNH030
7000	9500	172	166	228	2	1	5,57	BNH032
6500	8800	182	176	248	2	1	7,50	BNH034

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

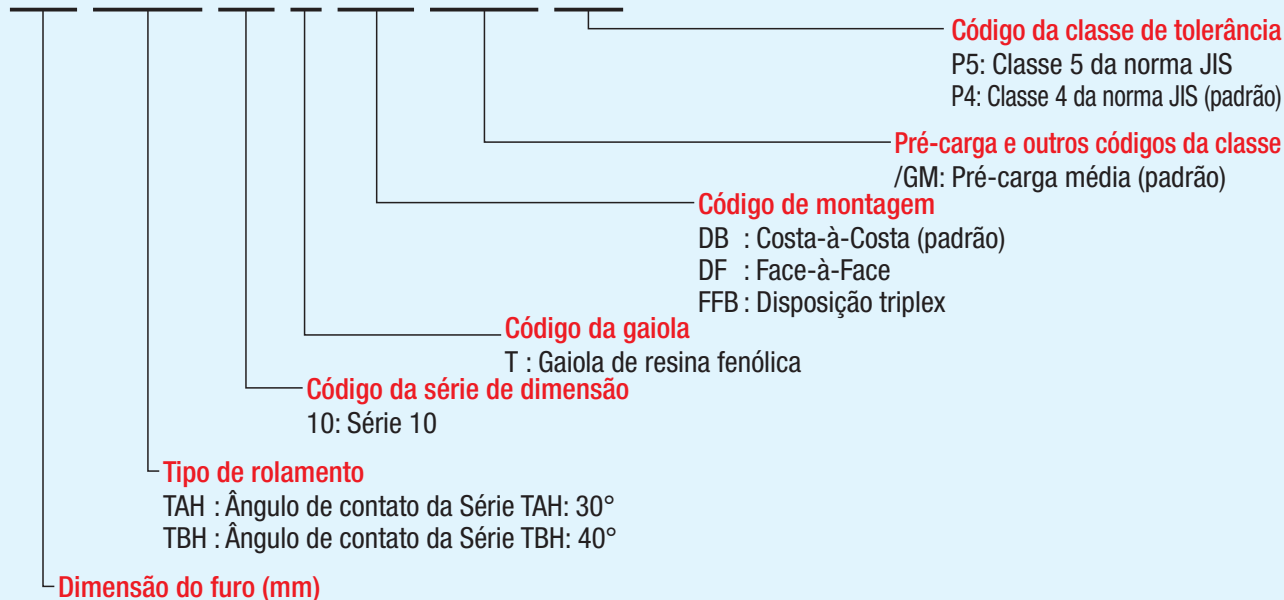
Rolamentos axiais de esferas de contato angular

Série TAH/TBH



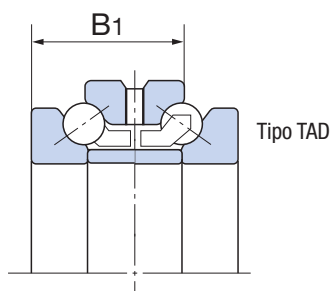
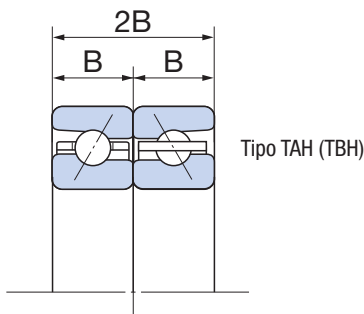
Nomenclatura dos rolamentos

90 TBH 10 T DB /GM P4



Características

- Mesmo número e diâmetro de esferas dos rolamentos de esferas de contato angular de dupla carreira da série TAD20, porém com ângulo de contato menor, de 30° (Série TAH) ou 40° (Série TBH), fornecendo um melhor desempenho a alta velocidade sem a presença do anel espaçador.
- Largura total 2B correspondente a uma montagem duplex (DB ou DF) que é equivalente à dimensão B1 do tipo TAD20. As Séries TAH/TBH são intercambiáveis alterando o método usado para fixá-las ao eixo.



Ângulo de contato

Ângulo de contato de 30° para a Série TAH, ângulo de contato de 40° para a Série TBH.

Gaiola

A gaiola de resina fenólica guiada pelo anel exterior é o padrão de fabricação.

Precisão dimensional, precisão de rotação.

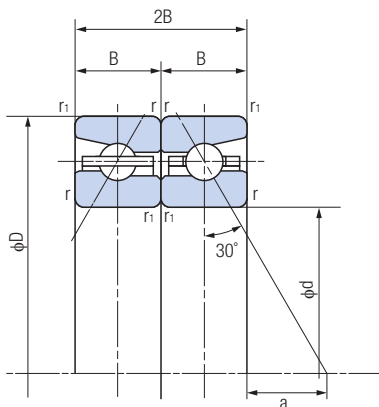
Conformidade com a Classe 4 da norma JIS, mas o diâmetro externo do anel externo tem tolerâncias menores em comparação com o rolamento radial comum. Consulte a página 9 para obter maiores detalhes.

Pré-carga

Pré-carga média padrão. Consulte a página 19 para obter informações sobre pré-cargas.

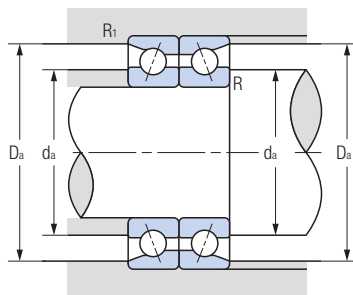
Rolamentos axiais de esferas de contato angular Série TAH

Ângulo de contato de 30°



1N=0,102kgf

Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidade de carga dinâmica Ca (kN)	Capacidade de carga estática Coa (kN)
	d	D	2B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
50TAH10DB	50	80	28,5	1	0,6	11,6	19,2	40,5
55TAH10DB	55	90	33	1,1	0,6	12,7	23,8	51,0
60TAH10DB	60	95	33	1,1	0,6	14,1	24,7	56,0
65TAH10DB	65	100	33	1,1	0,6	15,6	25,6	61,0
70TAH10DB	70	110	36	1,1	0,6	17,0	35,0	80,0
75TAH10DB	75	115	36	1,1	0,6	18,4	35,5	83,5
80TAH10DB	80	125	40,5	1,1	0,6	19,5	41,5	99,5
85TAH10DB	85	130	40,5	1,1	0,6	20,9	42,0	104
90TAH10DB	90	140	45	1,5	1	21,9	55,5	135
95TAH10DB	95	145	45	1,5	1	23,4	56,0	141
100TAH10DB	100	150	45	1,5	1	24,8	57,0	147
105TAH10DB	105	160	49,5	2	1	25,9	64,5	168
110TAH10DB	110	170	54	2	1	26,9	73,0	191
120TAH10DB	120	180	54	2	1	29,8	75,0	207
130TAH10DB	130	200	63	2	1	31,9	99,5	269
140TAH10DB	140	210	63	2	1	34,8	103	291
150TAH10DB	150	225	67,5	2,1	1,1	37,3	121	340
160TAH10DB	160	240	72	2,1	1,1	39,7	131	375
170TAH10DB	170	260	81	2,1	1,1	41,8	154	445



Tabelas de dimensão

Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)				Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	da (Mín.)	Da (Máx.)	R (Mín.)	R1 (Mín.)		
11500	14600	61	75	1	0,6	0,266	50TAH10DB
10300	13100	68	84	1	0,6	0,405	55TAH10DB
9700	12300	73	89	1	0,6	0,432	60TAH10DB
9100	11500	78	94	1	0,6	0,460	65TAH10DB
8300	10600	85	104	1	0,6	0,622	70TAH10DB
7900	10000	90	109	1	0,6	0,655	75TAH10DB
7300	9200	97	118	1	0,6	0,900	80TAH10DB
7000	8800	102	123	1	0,6	0,944	85TAH10DB
6500	8200	107,5	132	1,5	1	1,24	90TAH10DB
6200	7900	112,5	137	1,5	1	1,30	95TAH10DB
6000	7600	117,5	142	1,5	1	1,35	100TAH10DB
5600	7100	125	151	2	1	1,75	105TAH10DB
5300	6800	132	160	2	1	2,20	110TAH10DB
5000	6300	142	170	2	1	2,36	120TAH10DB
4500	5700	156	188	2	1	3,52	130TAH10DB
4200	5400	166	198	2	1	3,75	140TAH10DB
4000	5000	178	212	2	1	4,59	150TAH10DB
3700	4700	190	227	2	1	5,62	160TAH10DB
3400	4400	204	245	2	1	7,63	170TAH10DB

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

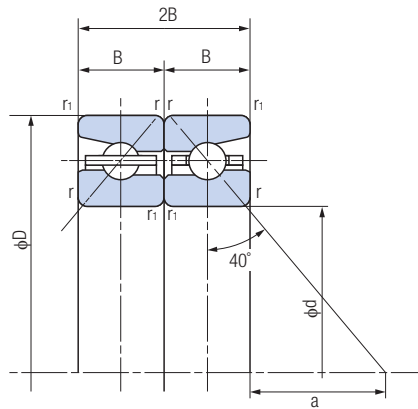
NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

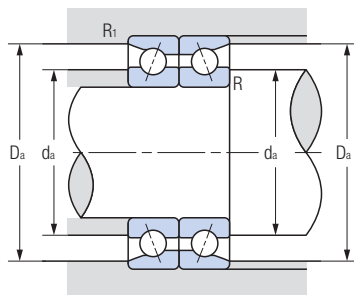
Rolamentos axiais de esferas de contato angular Série TBH

Ângulo de contato de 40°



1N=0,102kgf

Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Centro de carga a (mm)	Capacidade de carga dinâmica Ca (kN)	Capacidade de carga estática Coa (kN)
	d	D	2B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
50TBH10DB	50	80	28,5	1	0,6	20,2	22,8	53,0
55TBH10DB	55	90	33	1,1	0,6	22,2	28,2	67,0
60TBH10DB	60	95	33	1,1	0,6	24,3	29,3	73,0
65TBH10DB	65	100	33	1,1	0,6	26,4	30,0	79,5
70TBH10DB	70	110	36	1,1	0,6	28,8	41,5	104
75TBH10DB	75	115	36	1,1	0,6	30,9	42,0	109
80TBH10DB	80	125	40,5	1,1	0,6	32,9	49,0	130
85TBH10DB	85	130	40,5	1,1	0,6	35,0	50,0	136
90TBH10DB	90	140	45	1,5	1	37,0	65,5	176
95TBH10DB	95	145	45	1,5	1	39,1	66,5	184
100TBH10DB	100	150	45	1,5	1	41,2	67,5	191
105TBH10DB	105	160	49,5	2	1	43,2	76,5	219
110TBH10DB	110	170	54	2	1	45,3	86,0	249
120TBH10DB	120	180	54	2	1	49,5	88,5	269
130TBH10DB	130	200	63	2	1	53,5	118	350
140TBH10DB	140	210	63	2	1	57,7	121	380
150TBH10DB	150	225	67,5	2,1	1,1	61,8	143	445
160TBH10DB	160	240	72	2,1	1,1	65,9	155	490
170TBH10DB	170	260	81	2,1	1,1	70,0	182	580



Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)				Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	da (Mín.)	Da (Máx.)	R (Mín.)	R1 (Mín.)		
10000	13200	61	75	1	0,6	0,266	50TBH10DB
8900	11800	68	84	1	0,6	0,405	55TBH10DB
8300	11000	73	89	1	0,6	0,432	60TBH10DB
7900	10400	78	94	1	0,6	0,460	65TBH10DB
7200	9500	85	104	1	0,6	0,622	70TBH10DB
6800	9000	90	109	1	0,6	0,655	75TBH10DB
6300	8300	97	118	1	0,6	0,900	80TBH10DB
6000	7900	102	123	1	0,6	0,944	85TBH10DB
5600	7400	107,5	132	1,5	1	1,24	90TBH10DB
5400	7100	112,5	137	1,5	1	1,30	95TBH10DB
5200	6800	117,5	142	1,5	1	1,35	100TBH10DB
4900	6400	125	151	2	1	1,75	105TBH10DB
4600	6100	132	160	2	1	2,20	110TBH10DB
4300	5700	142	170	2	1	2,36	120TBH10DB
3900	5200	156	188	2	1	3,52	130TBH10DB
3700	4900	166	198	2	1	3,75	140TBH10DB
3400	4500	178	212	2	1	4,59	150TBH10DB
3200	4200	190	227	2	1	5,62	160TBH10DB
3000	3900	204	245	2	1	7,63	170TBH10DB

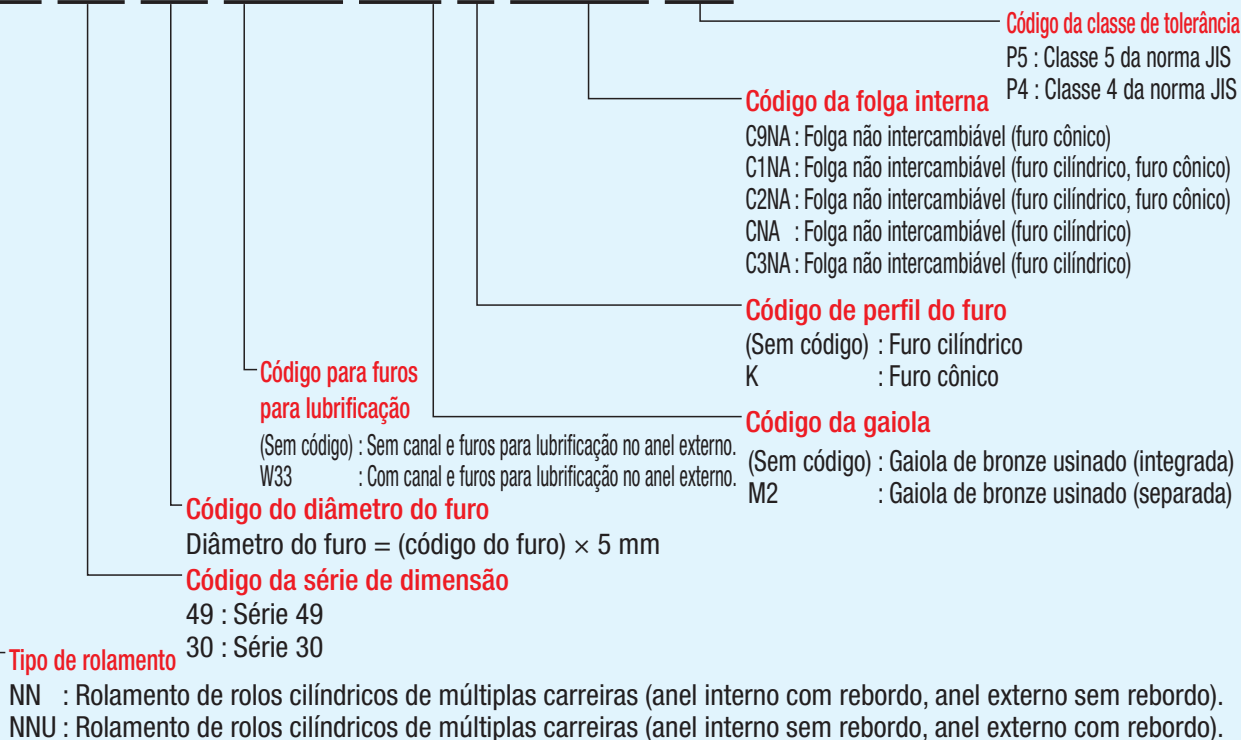
Rolamentos de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras

Série NN3000/ Série NNU4900



Nomenclatura dos rolamentos

NN 30 06 W33 M2 K C1NA P4



Características

- Construção relativamente simples que proporciona uma precisão elevada, com número maior de rolos para uma rigidez elevada.
- Menores seções de contato deslizante que o rolamento de rolos cônicos e, conseqüentemente, menor atrito e menos calor gerado.
- O rolamento com furo cônico permite o ajuste da folga interna radial durante a montagem.
- Este rolamento não suporta carga axial, por isso normalmente é utilizado em conjunto com um rolamento axial.

Gaiola

A Série NN3000 e a Série NNU4900 são fornecidas com gaiola de liga de bronze guiada pelos rolos.

Precisão dimensional, precisão de rotação.

- Em conformidade com a classe 5 ou Classe 4 da norma JIS. Consulte a página 7 para obter mais detalhes.
- A NACHI define seus próprios valores de tolerância para precisão das dimensões. Consulte a página 11 para obter detalhes.

Folga interna radial

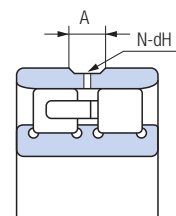
A Nachi define suas próprias folgas não intercambiáveis para furos cilíndricos e furos cônicos de modo a minimizar a inconsistência da excentricidade axial. Consulte a página 21 para obter detalhes.

Dimensões do furo para lubrificação do anel externo

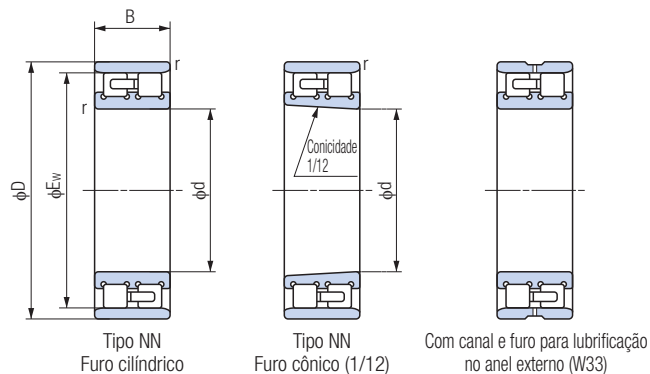
A tabela abaixo mostra as dimensões do canal e dos furos para lubrificação presentes no anel externo (especificação W33).

Largura do anel externo B (mm)		Diâmetro do furo para lubrificação dH (mm)	Largura do canal para lubrificação A (mm)
Acima de	Inclusive		
—	19	2	3,5
19	25	2	4
25	35	3	6
35	50	4	8
50	80	6	10
80	—	8	12

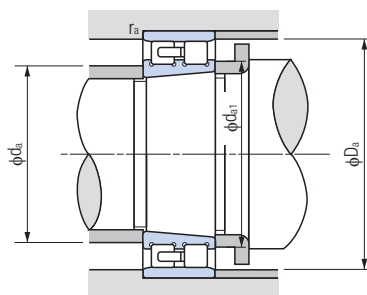
Diâmetro externo nominal D (mm)		Número de furos para lubrificação N
Acima de	Inclusive	
—	250	4
250	—	6



Rolamento de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras Série NN3000



Código do rolamento		Principais dimensões (mm)					Capacidade de carga dinâmica Cr (kN)	Capacidade de carga estática Cor (kN)
Furo cilíndrico	Furo cônico	d	D	B	Ew	r (Mín.)		
NN3005	NN3005K	25	47	16	41,3	0,6	25,8	30,0
NN3006	NN3006K	30	55	19	48,5	1	31,0	37,0
NN3007	NN3007K	35	62	20	55	1	39,5	50,0
NN3008	NN3008K	40	68	21	61	1	43,5	55,5
NN3009	NN3009K	45	75	23	67,5	1	52,0	65,5
NN3010	NN3010K	50	80	23	72,5	1	53,0	72,5
NN3011	NN3011K	55	90	26	81	1,1	69,5	96,5
NN3012	NN3012K	60	95	26	86,1	1,1	73,5	106
NN3013	NN3013K	65	100	26	91	1,1	77,0	116
NN3014	NN3014K	70	110	30	100	1,1	97,5	148
NN3015	NN3015K	75	115	30	105	1,1	96,5	149
NN3016	NN3016K	80	125	34	113	1,1	119	186
NN3017	NN3017K	85	130	34	118	1,1	125	201
NN3018	NN3018K	90	140	37	127	1,5	143	228
NN3019	NN3019K	95	145	37	132	1,5	150	246
NN3020	NN3020K	100	150	37	137	1,5	157	265
NN3021	NN3021K	105	160	41	146	2	198	320
NN3022	NN3022K	110	170	45	155	2	229	375
NN3024	NN3024K	120	180	46	165	2	239	405
NN3026	NN3026K	130	200	52	182	2	284	475
NN3028	NN3028K	140	210	53	192	2	298	515
NN3030	NN3030K	150	225	56	206	2,1	335	585
NN3032	NN3032K	160	240	60	219	2,1	375	660
NN3034	NN3034K	170	260	67	236	2,1	450	805
NN3036	NN3036K	180	280	74	255	2,1	565	995
NN3038	NN3038K	190	290	75	265	2,1	595	1080
NN3040	NN3040K	200	310	82	282	2,1	655	1170
NN3044	NN3044K	220	340	90	310	3	815	1480
NN3048	NN3048K	240	360	92	330	3	855	1600
NN3052	NN3052K	260	400	104	364	4	1080	2070
NN3056	NN3056K	280	420	106	384	4	1080	2080
NN3060	NN3060K	300	460	118	418	4	1430	2740
NN3064	NN3064K	320	480	121	438	4	1430	2750



Tabelas de dimensão

Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)				Massa (kg) (Referência) (Furo cônico)	Código do rolamento (Furo cônico)	
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	da (Mín.)	da1 (Mín.)	Da (Máx.) (Mín.)	ra (Máx.)			
21300	25000	30	30	42	41,8	0,6	0,123	NN3005K
18000	21200	36	37	49	49	1	0,199	NN3006K
15800	18600	41	42	56	56	1	0,258	NN3007K
14200	16700	46	48	62	62	1	0,312	NN3008K
12800	15000	51	52	69	69	1	0,405	NN3009K
11700	13800	56	58	74	74	1	0,454	NN3010K
10500	12400	62	64	83	82	1	0,651	NN3011K
9800	11600	67	68	88	87	1	0,704	NN3012K
9200	10900	72	74	93	92	1	0,758	NN3013K
8500	10000	77	78	103	101	1	1,04	NN3014K
8000	9400	82	84	108	106	1	1,14	NN3015K
7500	8800	87	90	118	114	1	1,52	NN3016K
7100	8300	92	96	123	119	1	1,61	NN3017K
6600	7800	98,5	100	131,5	129	1,5	2,07	NN3018K
6300	7500	103,5	106	136,5	134	1,5	2,17	NN3019K
6100	7200	108,5	112	141,5	139	1,5	2,26	NN3020K
5800	6800	115	116	150	148	2	2,89	NN3021K
5400	6400	120	122	160	157	2	3,68	NN3022K
5100	6000	130	132	170	167	2	3,98	NN3024K
4600	5400	140	144	190	183	2	5,92	NN3026K
4300	5100	150	154	200	194	2	6,44	NN3028K
4100	4800	162	164	213	208	2	7,81	NN3030K
3800	4500	172	174	228	221	2	8,92	NN3032K
3500	4200	182	184	248	238	2	12,6	NN3034K
3300	3900	192	196	268	257	2	16,6	NN3036K
3200	3700	202	206	278	267	2	17,5	NN3038K
2900	3500	212	216	298	285	2	21,6	NN3040K
2700	3200	234	238	326	313	2,5	28,4	NN3044K
2500	3000	254	256	346	333	2,5	31,8	NN3048K
2300	2700	278	280	382	367	3	46,0	NN3052K
2100	2500	298	300	402	387	3	49,6	NN3056K
2000	2300	318	325	442	421	3	68,7	NN3060K
1900	2200	338	345	462	442	3	74,0	NN3064K

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

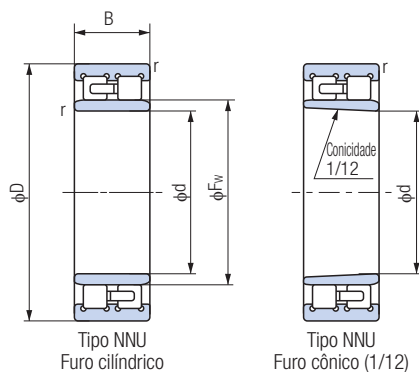
TAH
TBH

NN3000
NNU4900

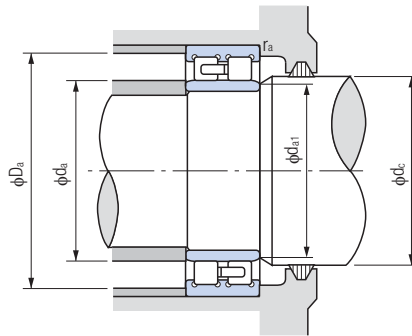
XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamento de rolos cilíndricos de múltiplas carreiras Série NNU4900



Código do rolamento		Principais dimensões (mm)					Capacidade de carga dinâmica Cr (kN)	Capacidade de carga estática Cor (kN)
Furo cilíndrico	Furo cônico	d	D	B	Ew	r (Mín.)		
NNU4920	NNU4920K	100	140	40	113	1,1	155	305
NNU4921	NNU4921K	105	145	40	118	1,1	161	325
NNU4922	NNU4922K	110	150	40	123	1,1	167	335
NNU4924	NNU4924K	120	165	45	134,5	1,1	183	360
NNU4926	NNU4926K	130	180	50	146	1,5	275	565
NNU4928	NNU4928K	140	190	50	156	1,5	283	585
NNU4930	NNU4930K	150	210	60	168,5	2	350	715
NNU4932	NNU4932K	160	220	60	178,5	2	365	760
NNU4934	NNU4934K	170	230	60	188,5	2	375	805
NNU4936	NNU4936K	180	250	69	202	2	480	1020
NNU4938	NNU4938K	190	260	69	212	2	485	1060
NNU4940	NNU4940K	200	280	80	225	2,1	570	1220
NNU4944	NNU4944K	220	300	80	245	2,1	600	1330
NNU4948	NNU4948K	240	320	80	265	2,1	625	1450
NNU4952	NNU4952K	260	360	100	292	2,1	935	2100
NNU4956	NNU4956K	280	380	100	312	2,1	960	2230
NNU4960	NNU4960K	300	420	118	339	3	1230	2880
NNU4964	NNU4964K	320	440	118	359	3	1270	3050



Tabelas de dimensão

Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)						Massa (kg) (Referência) (Furo cônico)	Código do rolamento (Furo cônico)
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	da		da1 (Mín.)	dc (Mín.)	Da (Máx.)	ra (Máx.)		
		(Mín.)	(Máx.)						
6300	7500	106,5	111	110	115	133,5	1	1,77	NNU4920K
6100	7200	111,5	116	115	120	138,5	1	1,85	NNU4921K
5800	6900	116,5	121	120	125	143,5	1	1,93	NNU4922K
5300	6300	126,5	133	130	137	158,5	1	2,65	NNU4924K
4900	5800	138	144	142	148	172	1,5	3,55	NNU4926K
4600	5400	148	154	151	158	182	1,5	3,80	NNU4928K
4200	5000	159	166	162	171	201	2	5,95	NNU4930K
4000	4700	169	176	172	182	211	2	6,25	NNU4932K
3800	4500	179	186	182	192	221	2	6,60	NNU4934K
3500	4200	189	199	194	205	241	2	9,50	NNU4936K
3400	4000	199	209	204	215	251	2	10,0	NNU4938K
3200	3700	211	222	214	228	269	2	10,1	NNU4940K
2900	3400	231	242	234	248	289	2	15,5	NNU4944K
2700	3200	251	262	254	269	309	2	17,0	NNU4948K
2400	2900	271	288	276	296	349	2	28,3	NNU4952K
2300	2700	291	308	296	316	369	2	30,3	NNU4956K
2100	2500	313	335	320	343	407	2,5	46,7	NNU4960K
2000	2300	333	335	340	363	427	2,5	49,6	NNU4964K

- Tipos e formas
- 7900
- 7000
- 7200
- BNH
- TAH
- TBH
- NN3000
- NNU4900
- XRN
- XRG
- TAB
- TAF

Rolamentos de rolos cônicos cruzados

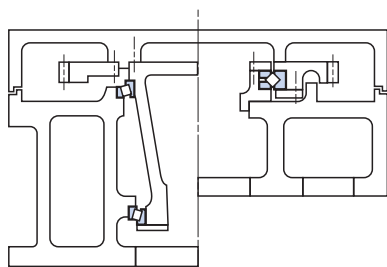
Série XRN/Série XRG



Um rolamento que fornece funções equivalentes a um rolamento de rolos cônicos duplex, mas com a largura de apenas um rolamento. Os elementos de rotação estão dispostos em orientação alternada entre o anel separável e o anel primário.

Características

- Um rolamento capaz de suportar cargas radiais, cargas axiais e cargas de momento.
- As aplicações de rolamentos podem ser simplificadas, com menos componentes e redução de peso, tamanho e tempo de montagem.
- A expansão térmica do eixo tem um efeito mínimo na pré-carga do rolamento, que assegura a precisão da máquina.
- São usados rolos cônicos e o centro de rotação é mantido para uma rotação suave, mesmo sob pré-carregamento.
- Estão inseridos espaçadores de resina de poliamida entre os rolos para minimizar o atrito entre os rolos (exceto no Tipo XRGV).
- O ângulo de contato é de aproximadamente 45°.



Rolamentos de rolos cônicos duplex Rolamentos de rolos cônicos cruzados

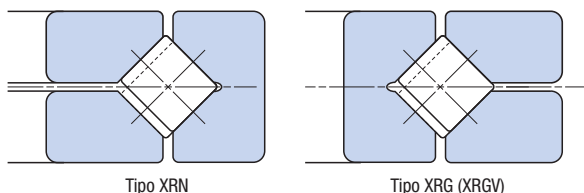
Exemplo de instalação de rolamento de rolos cônicos e rolamento de rolos cônicos cruzados

Precisão

A Nachi define seus próprios padrões de precisão. Consulte a página 9 para obter detalhes.

Mecanismo

A Série XRN é um rolamento com anel interno separável e anel externo primário, destinado principalmente para aplicações onde o foco está na precisão do anel externo sob rotação do mesmo. A Série XRG, por outro lado, é usada principalmente quando a necessidade de precisão da rotação está no anel interno durante a rotação do mesmo.



Tipo XRN

Tipo XRG (XRGV)

Principais aplicações

- Mesa giratória de um centro de usinagem, máquina de polimento, etc.
- Fuso de trabalho de um torno, máquina de polimento, etc.
- Máquina de fresamento de larga escala, máquina de perfuração ou outra máquina operatriz.
- Pivô de antena parabólica, etc.

Nomenclatura dos rolamentos

300 XRN 40

Diâmetro externo
Diâmetro externo dividido por 10

Tipo de rolamento

XRN : Série XRN Anel interno separável

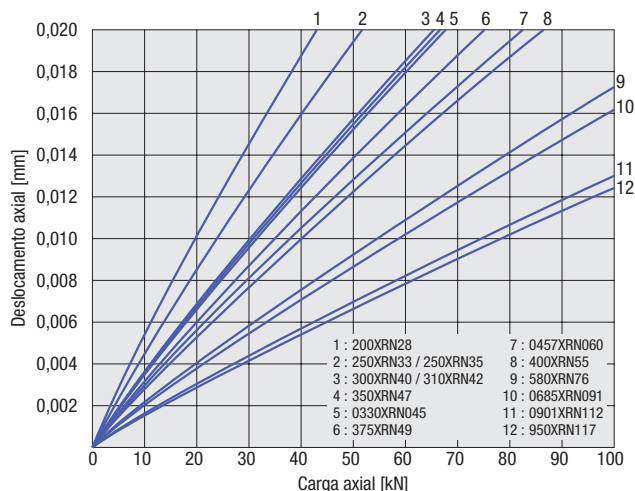
XRG : Série XRG Anel externo separável

XRGV: Série XRG Anel externo separável, sem espaçador.

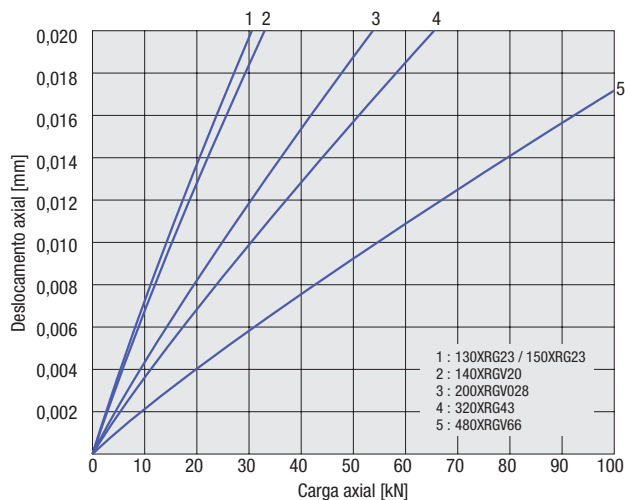
Dimensão do furo (mm)

Carga axial e deslocamento axial

Série XRN



Série XRG



Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

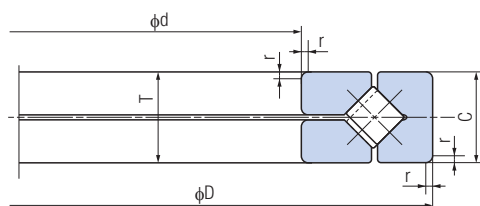
TAH
TBH

NN3000
NNU4900

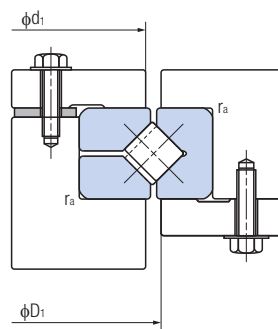
XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamentos de rolos cônicos cruzados Série XRN

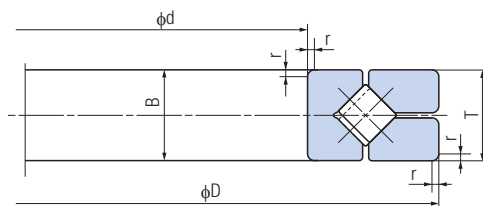


Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Capacidade de carga dinâmica Ca (kN)	Capacidade de carga estática Coa (kN)
	d	D	T	C	r		
150XRN23	150	230	30	30	1,5	105	335
200XRN28	200	280	30	30	1,5	144	520
250XRN33	250	330	30	30	1	164	650
250XRN35	250	350	40	40	3	170	680
300XRN40	300	400	38	38	3	268	985
310XRN42	310	420	40	40	2,5	260	1070
0330XRN045	330,2	457,2	63,5	63,5	3,3	400	1540
350XRN47	350	470	50	50	3	284	1230
375XRN49	375	490	45	45	2,5	290	1280
400XRN55	400	550	60	60	3,5	365	1900
0457XRN060	457,2	609,6	63,5	63,5	3,3	370	1670
580XRN76	580	760	80	80	6,4	830	3800
0685XRN091	685,8	914,4	79,375	79,375	3,3	1090	5000
950XRN117	950	1170	85	85	3	1440	7400

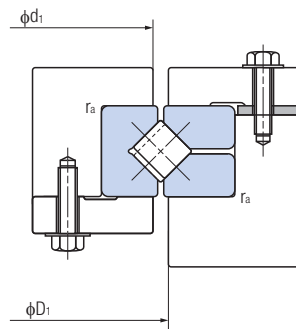


Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)			Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	d_1 (Mín.)	D_1 (Máx.)	r_a (Máx.)		
600	1200	182	197	1	5,11	150XRN23
480	950	235	249	1	6,43	200XRN28
400	800	285	298	1	7,77	250XRN33
400	800	302	312	1,5	13,6	250XRN35
330	650	345	369	2,5	14,8	300XRN40
320	630	358	380	2	18,1	310XRN42
290	580	380	409	2	35,4	0330XRN045
280	560	410	424	1,5	27,7	350XRN47
260	530	430	445	1,5	25,5	375XRN49
250	500	475	492	1,5	48,8	400XRN55
220	440	535	554	2	57,1	0457XRN060
170	340	667	691	4	108	580XRN76
140	280	807	834	2	161	0685XRN091
100	200	1050	1084	2,5	218	950XRN117

Rolamentos de rolos cônicos cruzados Série XRG



Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Capacidade de carga dinâmica Ca (kN)	Capacidade de carga estática Coa (kN)
	d	D	T	B	r		
130XRG23	130	230	30	30	1,5	105	335
140XRGV20	140	200	25	25	1,5	89	299
150XRG23	150	230	30	30	1,5	105	335
200XRGV028	200	285	30	30	1	170	655
320XRG43	320	430	40	40	2,5	260	1070
480XRGV66	480	660	50	49,5	4	405	2110



Limite de rotação (rpm)		Raio do encosto (mm)			Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	d_1 (Mín.)	D_1 (Máx.)	r_a (Máx.)		
650	1250	182	197	1	5,97	130XRG23
680	1350	162	176	1	2,86	140XRGV20
600	1200	182	197	1	5,11	150XRG23
480	950	235	249	1	7,13	200XRGV028
300	600	358	382	2	18,9	320XRG43
200	400	550	572	3	61,0	480XRGV66

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamentos para suporte de fusos

Série TAB/TAF



Série TAB

Os Rolamentos para suporte de fusos são usados em máquinas-ferramenta de precisão elevada e alta velocidade, robôs e outras máquinas que têm integrados atuadores de avanço preciso.

Nomenclatura dos rolamentos

30 TAB 06 DB -2LR /GM P4

Dimensão do furo (mm)

Tipo de rolamento

Diâmetro externo

Diâmetro externo dividido por 10

Código de montagem

U : Universal (individual)
DU : Universal (dúplex)
DB : Costa-à-Costa
DF : Face-à-Face

Pré-carga e outros códigos da classe

/GM : Pré-carga média (padrão)

Código da vedação

(Sem código) : Tipo aberto

-2LR : Com duas vedações com contato

-2NK : Com duas vedações sem contato

Código da classe de tolerância

P4: Classe 4 da norma JIS (padrão)

Características

- Gaiola de resina e mais esferas para uma maior rigidez.
- Rolamentos combinados são fornecidos com pré-cargas ajustadas previamente, eliminando os riscos de instalação, bem como espaçadores e medições de torque.
- Um ângulo de contato de 60° e uma capacidade de suportar cargas radiais e axiais criam um rolamento compacto.
- Fornece a opção de escolha entre vedação com contato e vedação sem contato para se adequar à aplicações específicas.

Ângulo de contato

O ângulo de contato é de 60°.

Gaiola

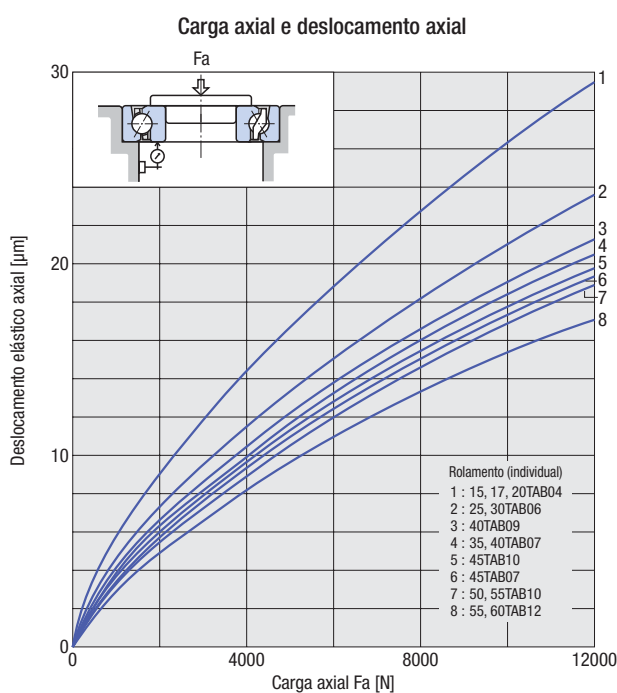
A gaiola padrão é guiada pelas esferas e produzida em resina poliamida.

Precisão

Classe 4 da norma JIS. Consulte a página 10 para obter detalhes.

Pré-carga

Pré-carga média padrão. Consulte a página 20 para obter detalhes.

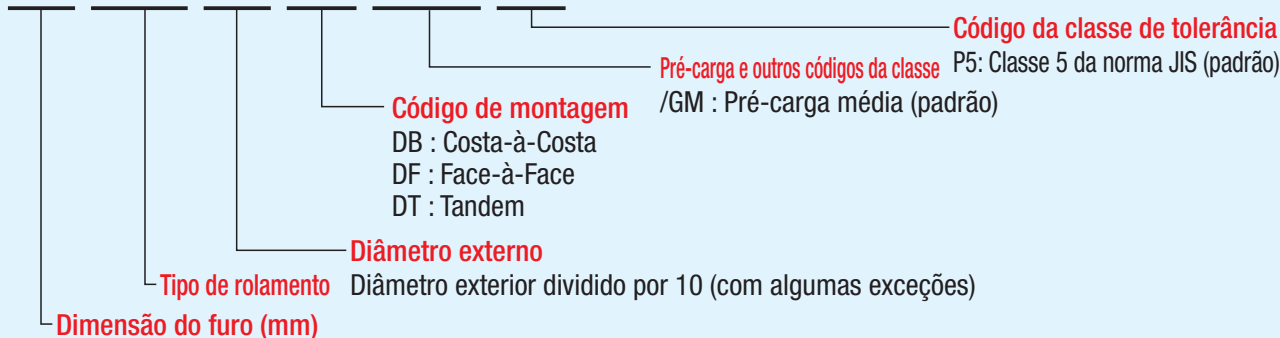


Série TAF

Embora os atuadores hidráulicos tenham sido usados amplamente no passado em dispositivos de acionamento de carga elevada, como máquinas injetoras, o uso de dispositivos elétricos de acionamento (dispositivos para acionamento de fusos) em tais aplicações está sendo amplamente utilizado atualmente. A Série TAF é composta por rolamentos especiais concebidos para suportar fusos com alta capacidade de carga.

Nomenclatura dos rolamentos

25 TAF 06 DF /GM P5



Características

- Esferas dimensionalmente maiores e ângulo de contato maior elevam a capacidade de carga axial de modo que possibilita suportar cargas elevadas características das máquinas injetoras.
- Gaiola moldada que combina uma maior precisão e resistência, bem como a capacidade de suportar alternâncias repetitivas à alta velocidade entre avanço e retrocesso.

Ângulo de contato

Ângulo de contato de 50° até um furo nominal de 80 mm, e 55° para um furo nominal igual ou superior a 100 mm.

Precisão

Classe 5 da norma JIS. Consulte a página 11 para obter detalhes.

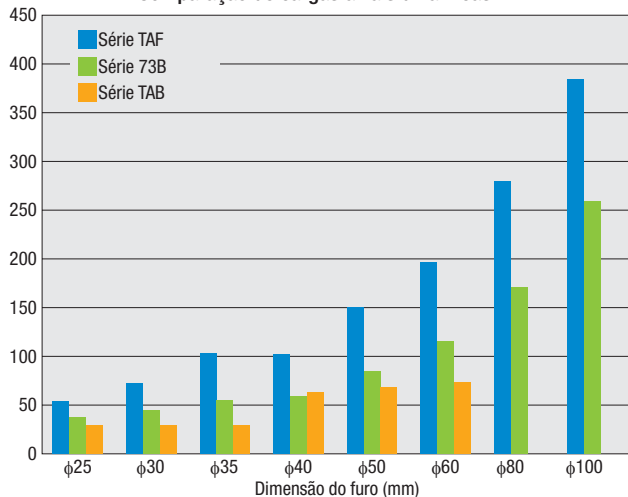
Pré-carga

Pré-carga média padrão. Consulte a página 20 para obter detalhes.

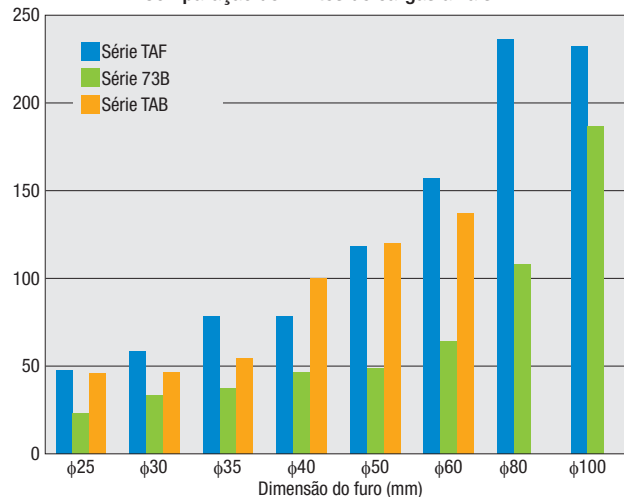
Gaiola

A gaiola de resina poliamida guiada pelas esferas é padrão para esta série. Contudo, alguns tamanhos são fornecidos com gaiola de bronze usinado.

Comparação de cargas axiais dinâmicas



Comparação de limites de cargas axiais



Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

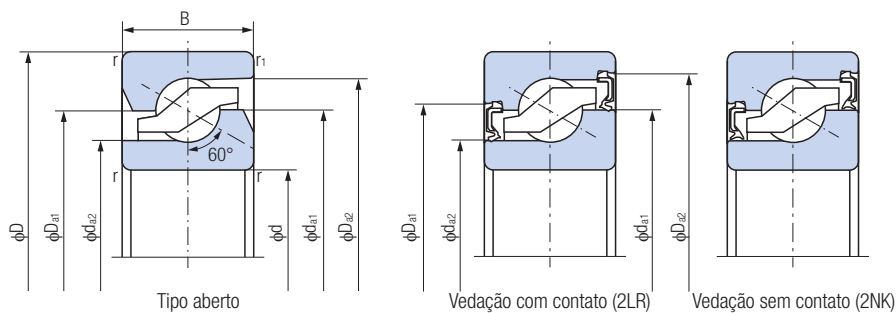
TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamentos para suporte de fusos Série TAB



Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Capacidade de carga dinâmica ⁽²⁾ Ca (kN)	Limite de carga axial ⁽³⁾ (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r ₁ (Mín.)		
15TAB04	15	47	15	1 ⁽¹⁾	0,6	25,9	32,0
15TAB04-2NK	15	47	15	1 ⁽¹⁾	0,6	25,9	32,0
15TAB04-2LR	15	47	15	1 ⁽¹⁾	0,6	25,9	32,0
17TAB04	17	47	15	1	0,6	25,9	32,0
17TAB04-2NK	17	47	15	1	0,6	25,9	32,0
17TAB04-2LR	17	47	15	1	0,6	25,9	32,0
20TAB04	20	47	15	1	0,6	25,9	32,0
20TAB04-2NK	20	47	15	1	0,6	25,9	32,0
20TAB04-2LR	20	47	15	1	0,6	25,9	32,0
25TAB06	25	62	15	1	0,6	29,9	46,4
25TAB06-2NK	25	62	15	1	0,6	29,9	46,4
25TAB06-2LR	25	62	15	1	0,6	29,9	46,4
30TAB06	30	62	15	1	0,6	29,9	46,4
30TAB06-2NK	30	62	15	1	0,6	29,9	46,4
30TAB06-2LR	30	62	15	1	0,6	29,9	46,4
35TAB07	35	72	15	1	0,6	32,5	54,3
35TAB07-2NK	35	72	15	1	0,6	32,5	54,3
35TAB07-2LR	35	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB07	40	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB07-2NK	40	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB07-2LR	40	72	15	1	0,6	32,5	54,3
40TAB09	40	90	20	1	0,6	65,0	101
40TAB09-2NK	40	90	20	1	0,6	65,0	101
40TAB09-2LR	40	90	20	1	0,6	65,0	101
45TAB07	45	75	15	1	0,6	33,5	59,5
45TAB10	45	100	20	1	0,6	68,0	113
50TAB10	50	100	20	1	0,6	69,5	119
55TAB10	55	100	20	1	0,6	69,5	119
55TAB12	55	120	20	1	0,6	73,0	137
60TAB12	60	120	20	1	0,6	73,0	137

Nota (1) O r mínimo para o furo do anel interno é de 0,6.

(2) Quando a carga axial está sobre uma disposição de 2 carreiras ou 3 carreiras, os valores na tabela devem ser multiplicados por 1,62 e 2,16, respectivamente.

(3) Quando a carga axial está sobre uma disposição de 2 carreiras ou 3 carreiras, os valores na tabela devem ser multiplicados por 2 e 3, respectivamente.

(4) Limite de rotação para pré-carga média (código de pré-carga GM).

Carga axial dinâmica equivalente $P_a = X F_r + Y F_a$

N.º de rolamentos no conjunto		2		3			4			
Número de carreiras que recebem carga axial		1 carreira	2 carreiras	1 carreira	2 carreiras	3 carreiras	1 carreira	2 carreiras	3 carreiras	4 carreiras
Fa/Fr ≤ 2.17	X	1,90	—	1,43	2,33	—	1,17	2,33	2,53	—
	Y	0,54	—	0,77	0,35	—	0,89	0,35	0,26	—
Fa/Fr > 2.17	X	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Y	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Limite de rotação ⁽⁴⁾ (rpm)		Dimensões de referência (mm)				Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo	da1	da2	Da1	Da2		
6300	8000	33,7	26,8	33,5	41	0,14	15TAB04
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,14	15TAB04-2NK
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,14	15TAB04-2LR
6300	8000	33,7	26,8	33,5	41	0,13	17TAB04
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,13	17TAB04-2NK
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,13	17TAB04-2LR
6300	8000	33,7	26,8	33,5	41	0,12	20TAB04
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,12	20TAB04-2NK
6300	—	33,7	26,8	35	41,9	0,12	20TAB04-2LR
4650	6000	46,2	39,7	46	53,4	0,24	25TAB06
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,24	25TAB06-2NK
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,24	25TAB06-2LR
4650	6000	46,2	39,7	46	53,4	0,21	30TAB06
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,21	30TAB06-2NK
4650	—	46,2	39,7	47,5	54,9	0,21	30TAB06-2LR
3750	5000	56,2	49,7	56	63,4	0,29	35TAB07
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,29	35TAB07-2NK
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,29	35TAB07-2LR
3750	5000	56,2	49,7	56	63,4	0,26	40TAB07
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,26	40TAB07-2NK
3750	—	56,2	49,7	57,5	64,9	0,26	40TAB07-2LR
3150	4000	67,2	57,2	67	78,4	0,62	40TAB09
3150	—	67,2	57,2	68,5	79,9	0,62	40TAB09-2NK
3150	—	67,2	57,2	68,5	79,9	0,62	40TAB09-2LR
3400	4500	61,7	55,2	61,5	68,9	0,25	45TAB07
2850	3500	74,2	64,2	74	85,4	0,79	45TAB10
2700	3500	78,2	68,2	78	89,4	0,72	50TAB10
2700	3500	78,2	68,2	78	89,4	0,95	55TAB10
2300	3000	92,2	82,2	92	103,4	1,15	55TAB12
2300	3000	92,2	82,2	92	103,4	1,08	60TAB12

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

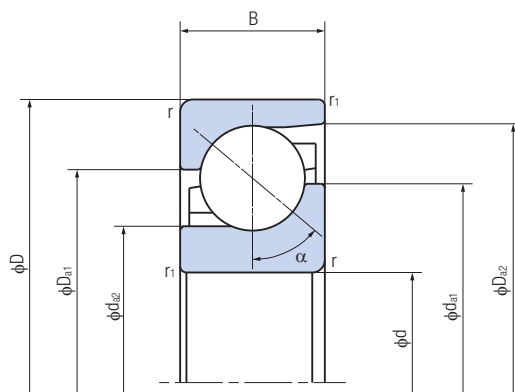
TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

Rolamentos para suporte de fusos Série TAF



Código do rolamento	Principais dimensões (mm)					Ângulo de contato α (°)	Capacidade de carga dinâmica ⁽¹⁾ Ca (kN)	Limite de carga axial ⁽²⁾ (kN)
	d	D	B	r (Mín.)	r1 (Mín.)			
25TAF06	25	62	17	1,1	0,6	50	56,0	47,5
30TAF07	30	72	19	1,1	0,6	50	74,0	58,0
35TAF09	35	90	23	1,5	1	50	103	77,0
40TAF09	40	90	23	1,5	1	50	103	77,0
40TAF11	40	110	27	2	1	50	152	118
45TAF11	45	110	27	2	1	50	152	118
50TAF11	50	110	27	2	1	50	152	118
60TAF13	60	130	31	2,1	1,1	50	196	157
60TAF17	60	170	39	2,1	1,1	50	279	238
80TAF17	80	170	39	2,1	1,1	50	279	238
100TAF21	100	215	47	3	1,1	55	385	234
120TAF03	120	260	55	3	1,1	55	445	380

Nota (1) Quando a carga axial está sobre uma disposição de 2 carreiras ou 3 carreiras, os valores na tabela devem ser multiplicados por 1,62 e 2,16, respectivamente.

(2) Quando a carga axial está sobre uma disposição de 2 carreiras ou 3 carreiras, os valores na tabela devem ser multiplicados por 2 e 3, respectivamente.

(3) É recomendado o uso a 80% ou menos da carga axial permissível.

(4) Limite de rotação para pré-carga média (código de pré-carga GM).

Carga axial dinâmica equivalente $P_a = X Fr + Y Fa$

Ângulo de contato de 50°

N.º de rolamentos no conjunto		2	
Número de carreiras que recebem carga axial		1 carreira	2 carreiras
Fa/Fr ≤ 1.49	X	1,37	—
	Y	0,57	—
Fa/Fr > 1.49	X	0,73	0,73
	Y	1	1

Ângulo de contato de 55°

N.º de rolamentos no conjunto		2	
Número de carreiras que recebem carga axial		1 carreira	2 carreiras
Fa/Fr ≤ 1.79	X	1,60	—
	Y	0,56	—
Fa/Fr > 1.79	X	0,81	0,81
	Y	1	1

Limite de rotação ⁽⁴⁾ (rpm) Lubrificação com graxa	Dimensões de referência (mm)				Massa (kg) (Referência)	Código do rolamento
	da1	da2	Da1	Da2		
4500	42,9	32,7	44,9	56,6	0,237	25TAF06
3800	49,8	38,6	53	65,9	0,357	30TAF07
3000	63,2	49,7	67,7	82,3	0,709	35TAF09
3000	63,2	49,7	67,7	82,3	0,655	40TAF09
2500	77,6	60,3	83,4	101,1	1,28	40TAF11
2500	77,6	60,3	83,4	101,1	1,21	45TAF11
2500	77,6	60,3	83,4	101,1	1,13	50TAF11
2100	92,4	72,9	98,9	119,7	1,79	60TAF13
1500	121,1	97,2	130,3	155,8	4,48	60TAF17
1500	121,1	97,2	130,3	155,8	3,80	80TAF17
1200	152,3	123,4	164,1	194,7	7,41	100TAF21
1000	186,2	151,1	193,8	228,4	14,8	120TAF03

Tabelas de dimensão

Tipos e formas

7900
7000
7200

BNH

TAH
TBH

NN3000
NNU4900

XRN
XRG

TAB
TAF

NACHI-FUJIKOSHI CORP.

Tokyo Head Office : Shiodome Sumitomo Bldg. 17F 1-9-2 Higashi-shinbashi, Minato-ku, Tokyo 105-0021, JAPAN
Tel: +81-(0)3-5568-5111 Fax: +81-(0)3-5568-5206

Toyama Head Office : 1-1-1 Fujikoshi-Honmachi, Toyama 930-8511, JAPAN Tel: +81-(0)76-423-5111 Fax: +81-(0)76-493-5211

URL: <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp>
E-mail: webmaster@nachi-fujikoshi.co.jp

Overseas Companies

AMERICA

Sales

● **NACHI AMERICA INC. HEADQUARTERS**
715 Pushville Road, Greenwood, Indiana, 46143, U.S.A.
Tel: +1-317-530-1002 Fax: +1-317-530-1012
URL: <http://www.nachiamerica.com/>

WEST COAST BRANCH
12652 E. Alondra Blvd. Cerritos, California, 90703, U.S.A.
Tel: +1-562-802-0055 Fax: +1-562-802-2455

MIAMI BRANCH - LATIN AMERICA DIV.
2315 N.W. 107th Ave., Doral, Florida, 33172, U.S.A.
Tel: +1-305-591-0054/0059/2604
Fax: +1-305-591-3110

● **NACHI ROBOTIC SYSTEMS INC.**
42775 Nine Mile Novi, Michigan, 48375, U.S.A.
Tel: +1-248-305-6545 Fax: +1-248-305-6542
URL: <http://www.nachirobotics.com/>

● **NACHI CANADA INC.**
89 Courtland Ave., Unit 2, Concord, Ontario,
L4K 3T4, CANADA
Tel: +1-905-660-0088 Fax: +1-905-660-1146
URL: <http://www.nachicanada.com/>

● **NACHI MEXICANA, S.A. DE C.V.**
Urbina No. 54, Parque Industrial Naucalpan,
Naucalpan de Juarez, Estado de Mexico,
C.P. 53489, MEXICO
Tel: +52-55-3604-0832 / 0842 / 0881
Fax: +52-55-3604-0882

NACHI MEXICANA ENGINEERING CENTER
1171 A Calle Julio Diaz Torre Fracc. Ciudad
Industrial Aguascalientes, C.P. 20290, MEXICO
Tel: +52-449-971-1689 Fax: +52-449-971-1689

Manufacturing

● **NACHI TECHNOLOGY INC.**
713 Pushville Road, Greenwood, Indiana, 46143, U.S.A.
Tel: +1-317-535-5000 Fax: +1-317-535-8484
URL: <http://nachitech.com/>

● **NACHI TOOL AMERICA INC.**
717 Pushville Road, Greenwood, Indiana, 46143, U.S.A.
Tel: +1-317-535-0320 Fax: +1-317-535-0983

● **NACHI BRASIL LTDA.**
Avenida João XXIII, No.2330, Jardim São Pedro,
Mogi das Cruzes, S.P., BRASIL, CEP 08830-000
Tel: +55-11-4793-8800 Fax: +55-11-4793-8870
URL: <http://www.nachi.com.br/>

SAO PAULO BRANCH
Av. Paulista, 453, Primeiro Andar, Conj.11, 12,
12 e 14, Cerqueira Cesar, Sao Paulo - SP,
CEP: 01311-000, BRASIL
Tel: +55-11-3284-9844 Fax: +55-11-3284-1751

EUROPE

Sales

● **NACHI EUROPE GmbH**
Bischofstrasse 99, 47809, Krefeld, GERMANY
Tel: +49-(0)2151-65046-0
Fax: +49-(0)2151-65046-90
URL: <http://www.nachi.de/>

SOUTH GERMANY OFFICE
Pleidelsheimer Strasse 47, 74321,
Bietigheim-Bissingen
Tel: +49-(0)7142-77418-0
Fax: +49-(0)7142-77418-20

SPAIN BRANCH
P.I. EL MONTALVO III C/Segunda, 6. Portal 1-2ª,
Oficina 5 37188-Carvajosa de La Sagrada
Salamanca- España
Tel: +34-(0)923-197-837
Fax: +34-(0)923-197-758

CZECH BRANCH
Sezemicka 2757/2, Praha 9 193 00, Horni
Pocernice VGP Park - Building A1, CZECH
Tel: +420-255-734-000 Fax: +420-255-734-001

U.K. BRANCH

Unit 3, 92, Kettles Wood Drive Woodgate Business
Park, BIRMINGHAM B32 3DB, U.K.
Tel: +44-(0)121-423-5000
Fax: +44-(0)121-421-7520

TURKEY BRANCH

Karaman Ciftligi Mevkii, Agaoglu My Prestige,
K:13, D:110, 34746, Atasehir, Istanbul, TURKEY
Tel: +90-(0)216-688-4457 Fax: +90-(0)216-688-4458

Manufacturing

● **NACHI CZECH s.r.o**
Prumyslova 2732, 440 01 Louny, CZECH
Tel: +420-415-930-930 Fax: +420-415-930-940

ASIA and OCEANIA

Sales

● **NACHI SINGAPORE PTE. LTD.**
No.2 Joo Koon Way, Jurong Town, Singapore
628943, SINGAPORE
Tel: +65-65587393 Fax: +65-65587371

**VIETNAM REPRESENTATIVE OFFICE,
HO CHI MINH**
4Fl, Yoco Bld., 41 Nguyen Thi Minh Khai St.,
Dist.1, Ho Chi Minh, VIETNAM
Tel: +84-8-3822-3919 Fax: +84-8-3822-3918

**VIETNAM REPRESENTATIVE OFFICE,
HANOI**
5B Fl., Noza Bld., 243 Cau Giay St., Cau Giay
Dist., Hanoi, VIETNAM
Tel: +84-4-3767-8605 Fax: +84-4-3767-8604

● **FUJIKOSHI-NACHI (MALAYSIA) SDN. BHD.**
No.17, Jalan USJ 21/3, 47630 UEP Subang Jaya,
Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA
Tel: +60-(0)3-80247900 Fax: +60-(0)3-80235884

● **PT.NACHI INDONESIA**
TEMPO PAVILION I, 7FL JL. HR Rasuna Said Kav.
10-11 Setiabudi Jakarta Selatan DKI Jakarta -12950,
INDONESIA
Tel: +62-021-527-2841 Fax: +62-021-527-3029

● **NACHI KG TECHNOLOGY INDIA PVT.
GURGAON HEAD OFFICE**
Unit No.207, Sewa Corporate Park, MG Road, Ifco
Chowk, Gurgaon-122001, INDIA
Tel: +91-124-450-2900 Fax: +91-124-450-2910

BANGALORE OFFICE
F-11 Asha Chamber, No2, Venkata Swami Raju
Road, Kumara Park West, Bangaore-560020, INDIA

● 那智不二越 (上海) 贸易有限公司

NACHI (SHANGHAI) CO.,LTD.
11F Royal Wealth Center, No.7 Lane 98 Danba
Road, Putuo District, Shanghai, 200062, CHINA
Tel: +86-(0)21-6915-2200
Fax: +86-(0)21-6915-5427

重庆分公司

CHONGQING BRANCH
Room 17-18/17-19, Tower C, Hongding Guojì
Mingyuan, Jiangbei District, Chongqing 400020, CHINA
Tel: +86-(0)23-8816-1967
Fax: +86-(0)23-8816-1968

沈阳分公司

SHENYANG BRANCH
Room 304, No.1 Yuebin Street, Shenhe District,
Shenyang 110000, CHINA
Tel: +86-(0)24-3120-2252
Fax: +86-(0)24-2250-5316

北京分公司

BEIJING BRANCH
Room 1110, Kuntai International Mansion, Building
O, Yi No.12 Chao Wai Street, Chao yang District,
Beijing 100020, CHINA
Tel: +86-(0)10-5879-0181
Fax: +86-(0)10-5879-0182

● NACHI-FUJIKOSHI CORP.

TAIPEI REPRESENTATIVE OFFICE
No.109, Kao Young North Rd, Lung-Tan Hsin,
Tao-Yuan Hsien, TAIWAN
Tel: +886-(0)3-411-7776
Fax: +886-(0)3-471-8402

● NACHI-FUJIKOSHI CORP.

KOREA REPRESENTATIVE OFFICE
3F A-Youn Digital Tower 314-37, Seongsu-dong
2-ga, Seongdong-gu, Seoul 133-120, KOREA
Tel: +82-(0)2-469-2254 Fax: +82-(0)2-469-2264

● NACHI (AUSTRALIA) PTY. LTD.

Unit 1, 23-29 South Street, Rydalmere, N.S.W,
2116, AUSTRALIA
Tel: +61-(0)2-9898-1511 Fax: +61-(0)2-9898-1678
URL: <http://www.nachi.com.au/>

Manufacturing

● **NACHI TECHNOLOGY (THAILAND) CO., LTD.**
5/5 M. 2, Rojana Industrial Estate Nongbua,
Ban Khai, Rayong, 21120, THAILAND
Tel: +66-38-961-682 Fax: +66-38-961-683

BANGKOK SALES OFFICE

Unit 23/109(A), Fl., 24th Sorachai Bldg., 23
Sukhumvit 63 Road(Ekamai), Klongtonnua,
Wattana, Bangkok 10110, THAILAND
Tel: +66-2-714-0008 Fax: +66-2-714-0740

● NACHI INDUSTRIES PTE. LTD.

No.2 Joo Koon Way, Jurong Town, Singapore
628943, SINGAPORE
Tel: +65-68613944 Fax: +65-68611153
URL: <http://www.nachinip.com.sg/>

● NACHI PILIPINAS INDUSTRIES, INC.

1st Avenue, Manalac Compound, Sta. Maria
Industrial Estate, Bagumbayan, Taguig, Metro
Manila, PHILIPPINES
Tel: +63-(0)2-838-3620 Fax: +63-(0)2-838-3623

● NACHI KG TECHNOLOGY INDIA PVT. NEEMRANA PLANT

Plot No. SP2-86, RIICO Industrial Area, Neemrana
301705, Distt. Alwar, Rajasthan, INDIA

● **NACHI MOTHERSON PRECISION LTD.**
179, Sector4, IMT Manesar, District Gurgaon-122050,
Haryana, INDIA
Tel: +91-124-4936-000 Fax: +91-124-4936-022

● NACHI MOTHERSON TOOL TECHNOLOGY LTD.

D-59-60, Sector-6, Noida-201301,
Distt. Gautam Budh Nagar, U.P. INDIA
Tel: +91-120-425-8372 Fax: +91-120-425-8374

● 那智不二越 (江苏) 精密机械有限公司 NACHI (JIANGSU) INDUSTRIES CO., LTD.

39 Nanyuan Road, Economic and Technological
Development Zone (south), Zhangjiagang,
Jiangsu, 215618, CHINA
Tel: +86-(0)512-3500-7616
Fax: +86-(0)512-3500-7615

● 东莞建越精密轴承有限公司

DONGGUAN NACHI C.Y. CORPORATION
Dangyong Village, Hongmei Town Dongguan City,
Guangdong, CHINA
Tel: +86-(0)769-8843-1300
Fax: +86-(0)769-8843-1330

● 上海不二越精密轴承有限公司 SHANGHAI NACHI BEARINGS CO.,LTD.

Yitong Industry Zone 258, Fengmao Rd.
Malu Town, Jiading, Shanghai 201801, CHINA
Tel: +86-(0)21-6915-6200 Fax: +86-(0)21-6915-6202

● 建越工業股份有限公司

NACHI C.Y. CORP.
No.109, Kao Young North Rd, Lung-Tan Hsin,
Tao-Yuan Hsien, TAIWAN
Tel: +886-(0)3-471-7651 Fax: +886-(0)3-471-8402

NACHI

A aparência e as especificações podem ser alteradas sem aviso prévio, em caso de necessidade de melhoria de desempenho.
Todos os cuidados foram observados para assegurar a exatidão das informações contidas neste catálogo, mas não podemos ser responsabilizados por quaisquer erros ou omissões.



CATALOG NO.	B1031PR
--------------------	----------------

2014.02.X-ABE-ABE