

Características dos rolamentos autocompensadores FRM

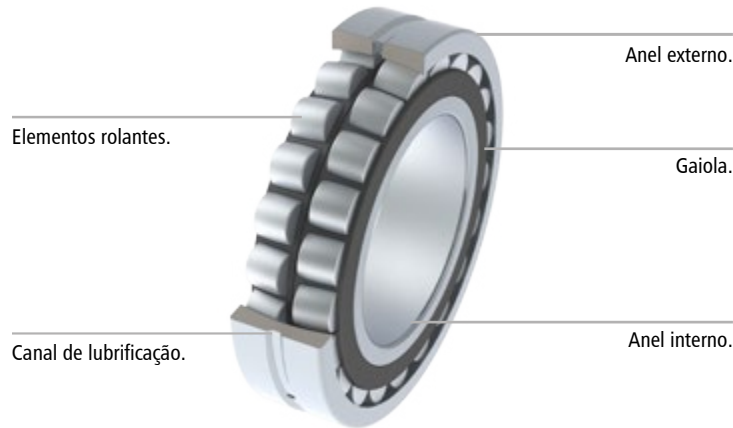


figura 07 - Elementos do rolamento

O rolamento autocompensador **FRM** é composto por dois anéis de aço, um externo cilíndrico e outro interno com furo côncavo ou cilíndrico (paralelo); duas carreiras de esferas ou rolos separados entre si por uma gaiola, em uma pista esférica côncava no interior do anel externo e no exterior do anel interno.

Os rolamentos autocompensadores de esferas e de rolos da **FRM** são capazes de absorver desalinhamentos angulares do eixo em relação ao mancal.

Oferecem baixo atrito entre os elementos, permitindo operações em temperaturas mais baixas, mesmo em altas velocidades, além de suportar altos níveis de exigência bem como cargas radiais e axiais elevadas em ambas as direções. Também oferecem desempenho confiável e eficiente em várias condições operacionais.

Consulte os Departamentos de Engenharia / Comercial da **FRM** para mais informações.

Gaiolas

As gaiolas possuem uma grande influência sobre os rolamentos, pois mantém os elementos rolantes distribuídos uniformemente, evitando o contato entre eles, diminuindo atrito e reduzindo a geração de calor. Ao mesmo tempo distribuem a carga uniformemente ao redor do rolamento, permitindo um funcionamento silencioso e contínuo.

As gaiolas possuem diversas formas construtivas, podendo ser fabricadas de aço estampado (CC) figura 08, em latão usinado bipartida (MB) figura 09 ou latão usinado inteiriça (CA) figura 10.



figura 08 - gaiola tipo CC



figura 09 - gaiola tipo MB



figura 10 - gaiola tipo CA

Dimensões e tolerâncias

Os rolamentos autocompensadores **FRM** estão em conformidade com os padrões internacionais estabelecidos pela norma ISO 492/199/582. Essa norma define as dimensões principais para esses tipos de rolamentos. Conforme tabela 04.

As buchas de fixação seguem as especificações dimensionais da norma ISO 2982-1:1995.

Carga mínima

Os rolamentos autocompensadores de rolos **FRM**, assim como outros tipos de rolamentos, devem ser submetidos a uma carga mínima de 2% da carga estática (Cor) para garantir o bom funcionamento. Isso se deve ao fato de que, em condições de carga insuficiente, as forças de inércia dos rolos e da gaiola, juntamente com o atrito do lubrificante, podem afetar negativamente as condições de rolamento e causar movimentos de deslizamento indesejáveis. É importante garantir que os rolamentos estejam sujeitos a uma carga adequada para garantir o bom funcionamento.

Ø nominal ØD, Ød mm	Tolerância do diâmetro do furo interno						Tolerância do diâmetro externo						Tolerância da largura do anel interno e externo							
	P0		P6		P5		P0		P6		P5		individual		combinado ¹					
	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf	sup	inf				
0,6 2,5	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005							0	-0,040	0	-0,040		0	-0,250	
2,5 6	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005	0	-0,120	0	-0,040	0	-0,250	0	-0,250
6 10	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005	0	-0,120	0	-0,040	0	-0,250	0	-0,250
10 18	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005	0	-0,008	0	-0,007	0	-0,005	0	-0,120	0	-0,080	0	-0,250	0	-0,250
18 30	0	-0,010	0	-0,008	0	-0,006	0	-0,009	0	-0,008	0	-0,006	0	-0,120	0	-0,120	0	-0,250	0	-0,250
30 50	0	-0,012	0	-0,010	0	-0,008	0	-0,011	0	-0,009	0	-0,007	0	-0,120	0	-0,120	0	-0,250	0	-0,250
50 80	0	-0,015	0	-0,012	0	-0,009	0	-0,013	0	-0,011	0	-0,009	0	-0,150	0	-0,150	0	-0,380	0	-0,250
80 120	0	-0,020	0	-0,015	0	-0,010	0	-0,015	0	-0,013	0	-0,010	0	-0,200	0	-0,200	0	-0,380	0	-0,380
120 150	0	-0,025	0	-0,018	0	-0,013	0	-0,018	0	-0,015	0	-0,011	0	-0,250	0	-0,250	0	-0,500	0	-0,380
150 180	0	-0,025	0	-0,018	0	-0,013	0	-0,025	0	-0,018	0	-0,013	0	-0,250	0	-0,300	0	-0,500	0	-0,380
180 250	0	-0,030	0	-0,022	0	-0,015	0	-0,030	0	-0,020	0	-0,015	0	-0,300	0	-0,300	0	-0,500	0	-0,500
250 315	0	-0,035	0	-0,025	0	-0,018	0	-0,035	0	-0,025	0	-0,018	0	-0,350	0	-0,350	0	-0,500	0	-0,500
315 400	0	-0,040	0	-0,030	0	-0,023	0	-0,040	0	-0,028	0	-0,020	0	-0,400	0	-0,400	0	-0,630	0	-0,630
400 500	0	-0,045	0	-0,035	0	-0,028	0	-0,045	0	-0,033	0	-0,023	0	-0,450	0	-0,450	0	-0,630	0	-0,630
500 630	0	-0,050	0	-0,040	0	-0,035	0	-0,050	0	-0,038	0	-0,028	0	-0,500	0	-0,500	0	-0,800	0	-0,800
630 800	0	-0,075	0	-0,050	0	-0,045	0	-0,075	0	-0,045	0	-0,035	0	-0,750	0	-0,750				
800 1000	0	-0,100	0	-0,060	0	-0,060	0	-0,100	0	-0,060	0	-0,050	0	-1,000	0	-1,000				
1000 1250	0	-0,125	0	-0,075	0	-0,075	0	-0,125	0	-0,075	0	-0,063	0	-1,250	0	-1,250				
1250 1600	0	-0,160	0	-0,090	0	-0,090	0	-0,160	0	-0,090	0	-0,080	0	-1,600	0	-1,600				
1600 2000	0	-0,200	0	-0,115	0	-0,115	0	-0,200	0	-0,115	0	-0,100	0	-2,000	0	-2,000				
2000 2500							0	-0,250	0	-0,135	0	-0,125								

¹-Aplicado a anéis individuais fabricados para o uso em montagens aos pares

tabela 04 - Tolerância para rolamentos radiais ,anéis internos e externos

unidade: mm

Folgas internas

Os rolamentos autocompensadores FRM podem ser fornecidos com diferentes folgas internas. As folgas geralmente disponíveis são CN, C3 e C4. Os valores específicos da folga interna radial estão em conformidade com a norma ISO 5753:1991 e são válidos para rolamentos sem carga aplicada. Ver tabela 05 e tabela 06 para rolamentos de esferas (furo cilíndrico e furo cônico); tabela 07 para rolamentos de rolos.

Diâmetro do furo (d) acima de até incl.	CN Normal		C3		C4	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
18 24	0,013	0,026	0,020	0,033	0,028	0,042
24 30	0,015	0,028	0,023	0,039	0,033	0,050
30 40	0,019	0,035	0,029	0,046	0,040	0,059
40 50	0,022	0,039	0,033	0,052	0,045	0,065
50 65	0,027	0,047	0,041	0,061	0,056	0,080
65 80	0,035	0,057	0,050	0,075	0,069	0,098
80 100	0,042	0,068	0,062	0,090	0,084	0,116
100 120	0,050	0,081	0,075	0,108	0,100	0,139

tabela 05 - Folga interna radial para rolamentos autocompensadores de esferas com furo cilíndrico

unidade: mm

Diâmetro do furo (d) acima de até incl.	CN Normal		C3		C4	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
2,5 6	0,005	0,015	0,010	0,020	0,015	0,025
6 10	0,006	0,017	0,012	0,025	0,019	0,033
10 14	0,006	0,019	0,013	0,026	0,021	0,035
14 18	0,008	0,021	0,015	0,028	0,023	0,037
18 24	0,010	0,023	0,017	0,030	0,025	0,039
24 30	0,011	0,024	0,019	0,035	0,029	0,046
30 40	0,013	0,029	0,023	0,040	0,034	0,053
40 50	0,014	0,031	0,025	0,044	0,037	0,057
50 65	0,016	0,036	0,030	0,050	0,045	0,069
65 80	0,018	0,040	0,035	0,060	0,054	0,083
80 100	0,022	0,048	0,042	0,070	0,064	0,096
100 120	0,025	0,056	0,050	0,083	0,075	0,114
120 140	0,030	0,068	0,060	0,100	0,090	0,135
140 150	-	-	0,070	0,120	-	-
150 180	-	-	0,080	0,130	-	-
180 200	-	-	0,090	0,150	-	-
200 220	-	-	0,100	0,165	-	-
220 240	-	-	0,110	0,180	-	-

tabela 06 - Folga interna radial para rolamentos autocompensadores de esferas com furo cônico

unidade: mm

Ø nominal do furo de até	Folga interna radial antes da montagem					
	Normal		C3		C4	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
30 40	0,035	0,050	0,050	0,065	0,065	0,085
40 50	0,045	0,060	0,060	0,080	0,080	0,100
50 65	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,120
65 80	0,070	0,095	0,095	0,120	0,120	0,150
80 100	0,080	0,110	0,110	0,140	0,140	0,180
100 120	0,100	0,135	0,135	0,170	0,170	0,220
120 140	0,120	0,160	0,160	0,200	0,200	0,260
140 160	0,130	0,180	0,180	0,230	0,230	0,300
160 180	0,140	0,200	0,200	0,260	0,260	0,340
180 200	0,160	0,220	0,220	0,290	0,290	0,370
200 225	0,180	0,250	0,250	0,320	0,320	0,410
225 250	0,200	0,270	0,270	0,350	0,350	0,450
250 280	0,220	0,300	0,300	0,390	0,390	0,490
280 315	0,240	0,330	0,330	0,430	0,430	0,540
315 355	0,270	0,360	0,360	0,470	0,470	0,590
355 400	0,300	0,400	0,400	0,520	0,520	0,650
400 450	0,330	0,440	0,440	0,570	0,570	0,720
450 500	0,370	0,490	0,490	0,630	0,630	0,790
500 560	0,410	0,540	0,540	0,680	0,680	0,870
560 630	0,460	0,600	0,600	0,760	0,760	0,980
630 710	0,510	0,670	0,670	0,850	0,850	1,090
710 800	0,570	0,750	0,750	0,960	0,960	1,220
800 900	0,640	0,840	0,840	1,070	1,070	1,370
900 1000	0,710	0,930	0,930	1,190	1,190	1,520
1000 1120	0,770	1,030	1,030	1,300	1,300	1,670
1120 1250	0,830	1,120	1,120	1,420	1,420	1,830

Válido somente para eixos maciços de aço em aplicações gerais.

(1) Valores devem ser utilizados apenas como referência, pois o deslocamento axial difere ligeiramente entre as séries dos rolamentos.

(2) A folga residual não deve ser menor que os valores mínimos informados acima.

tabela 07 - Redução de folgas para rolamentos autocompensadores de rolos de furos cônicos

unidade: mm

Desalinhamentos

Os rolamentos autocompensadores FRM absorvem o desalinhamento angular entre os anéis interno e externo sem afetar o desempenho do rolamento. Os valores orientativos para o desalinhamento angular admissível estão fornecidos na tabela 08.

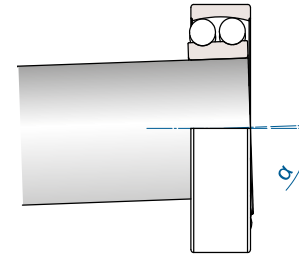


figura 11 - desalinhamento rolamento de esferas

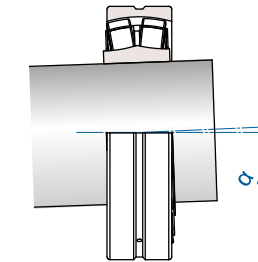


figura 12 - desalinhamento rolamento de rolos

Série do rolamento	Desalinhamento angular permitido α (graus)
Série 1200	2,5°
Série 2200	3°
Série 21300	2°
Série 22 000	
Tamanhos < 52	2°
Tamanhos ≥ 52	1,5°
Série 22300	3°
Série 23000	
Tamanhos < 56	2°
Tamanhos ≥ 56	2,5°
Série 23100	
Tamanhos < 60	2°
Tamanhos ≥ 60	3°
Série 23200	
Tamanhos < 52	2,5°
Tamanhos ≥ 52	3,5°
Série 24000	2°
Série 24100	
Tamanhos < 64	2,5°
Tamanhos ≥ 64	3,5°

tabela 08 - Desalinhamento angular permitido

Montagem dos rolamentos autocompensadores

Rolamentos cilíndricos

A montagem dos rolamentos de furos cilíndricos pode ser feita por métodos mecânicos, hidráulicos ou térmicos. Em todos os casos é importante que os elementos do rolamento não sofram golpes diretos e que a força de montagem não seja aplicada através dos elementos rolantes.

Montagem a frio

A montagem a frio é um método utilizado para posicionar rolamentos de forma precisa, neste caso é recomendado o uso de ferramentas específicas de montagem como na figura 13 e figura 14. Essas ferramentas permitem aplicar a força de montagem de forma centralizada, garantindo uma instalação mais precisa do rolamento.

Em montagens simultâneas, (figura 14), em alojamentos e eixos, a força de montagem deve ser aplicada de maneira equilibrada nos dois anéis, para prevenir danos ao rolamento.

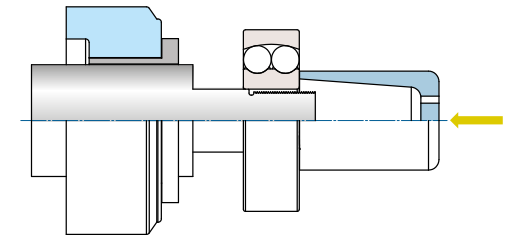


figura 13 - Ferramenta para montagem específica

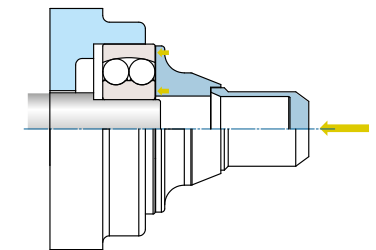


figura 14 - Ferramenta para montagem simultânea

Montagem a quente

Devido à força significativa exigida, a montagem a quente é frequentemente necessária para rolamentos de diâmetros maiores que 150mm. Para obter a folga necessária, a diferença de temperatura entre o anel do rolamento e o eixo ou mancal depende do grau de interferência e do diâmetro do assento do rolamento.

- Temperaturas máximas de aquecimento: 120°C.

O rolamento pode ser aquecido com o auxílio de um indutor térmico ou mergulhado em banho de óleo pré-aquecido

Os aquecedores por indução são os mais recomendados pois aquecem os rolamentos de forma uniforme. Se forem utilizadas chapas quentes, é necessário virar o rolamento várias vezes para garantir um aquecimento uniforme. O rolamento jamais deve ser exposto diretamente a chamas.

Para situações em que a interferência ocorre na caixa, o rolamento poderá ser resfriado com gelo seco. O rolamento não deve ser submerso em água gelada e deve-se ter atenção com a limpeza da condensação para prevenir a oxidação.

Montagem hidráulica

Quando o ajuste entre o eixo e o rolamento ou entre o rolamento e a caixa for levemente interferente, pode ser necessário o auxílio de uma prensa, ou outro aparelho hidráulico para aplicar a força necessária na montagem. A força aplicada pela prensa deve ser direcionada ao anel interferente uniformemente até que o rolamento se assente sobre o local desejado.

Em casos que envolvem um grande número de rolamentos, é comum utilizar uma prensa hidráulica para realizar a montagem de maneira mais eficiente.

Rolamentos cônicos

Os rolamentos autocompensadores de esferas ou de rolos de furos cônicos são montados sobre o assento cônico do eixo ou com bucha de fixação ou desmontagem sobre o eixo cilíndrico. Para ambos os casos, a correta fixação acontece por meio do deslocamento axial do anel interno do rolamento sobre o assento cônico.

Uma das formas de verificar a correta fixação dos rolamentos autocompensadores de furos cônicos é pela redução da folga radial interna, utilizando um calibrador de lâminas.

Ajuste de folga

Rolamento autocompensador de esferas

Ao montar um rolamento autocompensador de esferas de furo cônico atinge-se a redução de folga por meio do ângulo de aperto da porca ou pelo deslocamento axial do rolamento sobre a bucha, conforme tabela 09.

Ø nominal do furo	Ângulo de aperto do furo do rolamento	Rolamentos Deslocamento axial				Folga residual média após a montagem	
		12 K	13 K	22 K	23 K	normal	C3
20	70°	0,22	0,23			0,010	0,020
25	70°	0,22	0,23	0,22	0,23	0,010	0,020
30	70°	0,22	0,23	0,22	0,23	0,010	0,020
35	70°	0,30	0,30	0,30	0,30	0,010	0,020
40	70°	0,30	0,30	0,30	0,30	0,010	0,020
45	70°	0,31	0,34	0,31	0,33	0,010	0,025
50	70°	0,31	0,34	0,31	0,33	0,015	0,025
55	90°	0,40	0,41	0,39	0,40	0,015	0,030
60	90°	0,40	0,41	0,39	0,40	0,015	0,030
65	90°	0,40	0,41	0,39	0,40	0,015	0,030
75	120°	0,45	0,47	0,43	0,46	0,020	0,040
80	120°	0,45	0,47	0,43	0,46	0,020	0,040
85	120°	0,58	0,60	0,54	0,59	0,020	0,040
90	120°	0,58	0,60	0,54	0,59	0,020	0,040
95	120°	0,58	0,60	0,54	0,59	0,020	0,040
100	120°	0,58	0,60	0,54	0,59	0,020	0,040
105	120°	0,67		0,66		0,025	0,055
110	120°	0,67	0,70	0,66	0,69	0,025	0,055
120	160°	0,67				0,025	0,055

tabela 09 - Ângulo de aperto e redução de folgas residuais para rolamentos autocompensadores de esferas de furos cônicos unidade: mm

Rolamento autocompensador de rolos

Ao montar um rolamento autocompensador de rolos de furo cônico atinge-se a redução de folga por meio da medição da folga interna entre os elementos rolantes e a pista de rolagem.

Para realizar a montagem de um rolamento autocompensador de rolos de furo cônico, primeiro deve-se medir a folga inicial entre os elementos rolantes e a pista de rolagem com o uso de um calibre de folga. Então, realiza-se o aperto da bucha. Por fim, mede-se novamente a folga residual, conforme tabela 10.

Ø nominal do furo	de até	Folga interna radial antes da montagem						Redução da folga interna radial do rolamento	Deslocamento axial				Folga mínima residual admissível depois da montagem ⁽²⁾			
		Normal		C3		C4			Conicidade 1:12 ⁽¹⁾		Conicidade 1:30 ⁽¹⁾		Normal	C3	C4	
		mín	máx	mín	máx	mín	máx		Bucha		Bucha					
30	40	0,035	0,050	0,050	0,065	0,065	0,085	0,020	0,025	0,350	0,400			0,015	0,025	0,040
40	50	0,045	0,060	0,060	0,080	0,080	0,100	0,025	0,030	0,400	0,450			0,020	0,030	0,050
50	65	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,120	0,030	0,040	0,450	0,600			0,025	0,035	0,055
65	80	0,070	0,095	0,095	0,120	0,120	0,150	0,040	0,050	0,600	0,750			0,025	0,040	0,070
80	100	0,080	0,110	0,110	0,140	0,140	0,180	0,045	0,060	0,700	0,900	1,750	2,250	0,035	0,050	0,080
100	120	0,100	0,135	0,135	0,170	0,170	0,220	0,050	0,070	0,750	1,100	0,900	2,750	0,050	0,065	0,100
120	140	0,120	0,160	0,160	0,200	0,200	0,260	0,065	0,090	1,100	1,400	2,750	3,500	0,055	0,080	0,110
140	160	0,130	0,180	0,180	0,230	0,230	0,300	0,075	0,100	1,200	1,600	3,000	4,000	0,055	0,090	0,130
160	180	0,140	0,200	0,200	0,260	0,260	0,340	0,080	0,110	1,300	1,700	3,250	4,250	0,060	0,100	0,150
180	200	0,160	0,220	0,220	0,290	0,290	0,370	0,090	0,130	1,400	2,000	3,500	5,000	0,070	0,100	0,160
200	225	0,180	0,250	0,250	0,320	0,320	0,410	0,100	0,140	1,600	2,200	4,000	5,500	0,080	0,120	0,180
225	250	0,200	0,270	0,270	0,350	0,350	0,450	0,110	0,150	1,700	2,400	4,250	6,000	0,090	0,130	0,200
250	280	0,220	0,300	0,300	0,390	0,390	0,490	0,120	0,170	1,900	2,700	4,750	6,750	0,100	0,140	0,220
280	315	0,240	0,330	0,330	0,430	0,430	0,540	0,130	0,190	2,000	3,000	5,000	7,500	0,110	0,150	0,240
315	355	0,270	0,360	0,360	0,470	0,470	0,590	0,150	0,210	2,400	3,300	6,000	8,250	0,120	0,170	0,260
355	400	0,300	0,400	0,400	0,520	0,520	0,650	0,170	0,230	2,600	3,600	6,500	9,000	0,130	0,190	0,290
400	450	0,330	0,440	0,440	0,570	0,570	0,720	0,200	0,260	3,100	4,000	7,750	10,000	0,130	0,200	0,310
450	500	0,370	0,490	0,490	0,630	0,630	0,790	0,210	0,280	3,300	4,400	8,250	11,00	0,160	0,230	0,350
500	560	0,410	0,540	0,540	0,680	0,680	0,870	0,240	0,320	3,700	5,000	9,250	12,500	0,170	0,250	0,360
560	630	0,460	0,600	0,600	0,760	0,760	0,980	0,260	0,350	4,000	5,400	10,000	13,500	0,200	0,290	0,410
630	710	0,510	0,670	0,670	0,850	0,850	1,090	0,300	0,400	4,600	6,200	11,000	15,500	0,210	0,310	0,450
710	800	0,570	0,750	0,750	0,960	0,960	1,220	0,340	0,450	5,300	7,000	13,300	17,500	0,230	0,350	0,510
800	900	0,640	0,840	0,840	1,070	1,070	1,370	0,370	0,500	5,700	7,800	14,300	19,500	0,270	0,390	0,570
900	1000	0,710	0,930	0,930	1,190	1,190	1,520	0,410	0,550	6,300	8,500	15,800	21,000	0,300	0,430	0,640
1000	1120	0,770	1,030	1,030	1,300	1,300	1,670	0,450	0,600	6,800	9,000	17,000	23,000	0,320	0,480	0,700
1120	1250	0,830	1,120	1,120	1,420	1,420	1,830	0,490	0,650	7,400	9,800	18,500	25,000	0,340	0,540	0,770

Válido somente para eixos maciços de aço em aplicações gerais.

(1) Valores devem ser utilizados apenas como referência, pois o deslocamento axial difere ligeiramente entre as séries dos rolamentos.

(2) A folga residual não deve ser menor que os valores mínimos informados acima.

tabela 10 - Redução de folgas para rolamentos autocompensadores de rolos de furos cônicos

unidade: mm