

13. Materiais dos Rolamentos

13.1 Materiais das pistas e dos corpos rolantes

Enquanto as superfícies de contato dos anéis e dos corpos rolantes são sujeitadas a esforços pesados repetitivos, estas devem manter sua alta precisão e exatidão de rotação. Para permitir isto, os anéis e os corpos rolantes devem ser fabricados com materiais de alta dureza, resistência à fadiga de rolagem, resistência ao desgaste, e com boa estabilidade dimensional. A causa mais comum de fadiga nos rolamentos é a inclusão de impurezas não-metálicas no aço (óxidos).

Ao se utilizar materiais puros com baixos níveis de impurezas não-metálicas, se aumenta a vida da fadiga por rolagem do rolamento.

Para todos os rolamentos NTN são utilizados aços com baixo teor de oxigênio e impurezas não-metálicas, refinados por um processo de degaseificação a vácuo, como também fundidos a vácuo. Para os rolamentos que requerem alta confiabilidade e uma longa vida são utilizados aços mais puros ainda, tais como, aços fundidos ao vácuo (VIM, VAR) e os aços fundidos pelo método "electro-slag" (ESR).

A **tabela 13.1** mostra a composição química do aço cromo com alto teor de carbono para rolamentos de acordo com o padrão JIS. O material SUJ2 é o o mais utilizado. O material SUJ3 com aumento em sua característica de endurecimento contém maior quantidade de Mn sendo utilizado para rolamentos de grande porte. O material SUJ5 é similar ao SUJ3 com maior teor de Mo, aumentando a característica de endurecimento e sendo utilizado para rolamentos de grande porte ou com paredes grossas. A composição do SUJ2 é equivalente ao AISI 52100 e DIN 100 CR6 (Alemanha)

1) Altas/médias ligas de aço carbono

Em geral, as variedades de aços que podem ser temperados não somente na superfície como também temperados profundamente, o assim chamado 'método de têmpera total' são utilizados para as pistas e corpos rolantes dos rolamentos. O principal entre estes é o aço para rolamento com alto teor de carbono e cromo e que é muito utilizado. Para rolamentos grandes e com grande seção transversal é utilizado o aço com manganês ou molibdênio que permite a têmpera por indução. Também em uso é o aço com médio teor de carbono e cromo, que incorpora silício e manganês, o qual fornece propriedades de têmpera comparáveis ao aço com alto teor de carbono e cromo.

2) Aço para cementação

Em razão da combinação de uma superfície com uma camada dura que foi cementada e endurecida numa profundidade apropriada, e um núcleo relativamente flexível, os aços cementados tem uma excelente eficiência contra cargas de choques. A NTN utiliza aços cementados para quase todos os rolamentos de rolos cônicos. Em termos de aços cementados para outros rolamentos da NTN, são utilizados aços cromo e aço cromo-molibdênio para rolamentos de tamanho pequeno a médio e, aço níquel-cromo-molibdênio para rolamentos de grande porte.

A **tabela 13.2** mostra a composição química de aço para cementação.

3) Aço para rolamento resistente ao calor

Quando rolamentos fabricados de um aço com alto teor de cromo e carbono, o qual que foi submetido a um tratamento

térmico normal, são aplicados em temperaturas acima de 120°C por longos períodos, podem ocorrer mudanças dimensionais não permitidas. Por esta razão, o tratamento de estabilização dimensional (Tratamento TS) foi desenvolvido para aplicações em altas temperaturas.

Com a aplicação deste tratamento de estabilização dimensional, evita-se a redução da vida da fadiga por rolagem que ocorre em função da diminuição da dureza do rolamento quando aplicado em altas temperaturas. (veja a **página A-18, 3.3.2**).

Para rolamentos normais para alta temperatura aplicados em temperaturas de 150°C a 200°C, a adição de silício no aço aumenta a resistência contra o calor e resulta em um rolamento com uma excelente vida da fadiga por rolagem com uma mínima alteração dimensional ou diminuição da dureza em altas temperaturas. Uma variedade de aços resistentes à altas temperaturas também são incorporados aos rolamentos para minimizar a diminuição da dureza e mudanças dimensionais quando aplicados em altas temperaturas. Dois destes são o aço molibdênio rápido e o aço tungstênio rápido. Para aplicações que requerem rolamentos resistentes à altas temperaturas e altas rotações, também existe o aço molibdênio para cementação. (**tabela 13.3**)

4) Aço para rolamentos resistentes à corrosão

Para aplicações que requerem alta resistência à corrosão é utilizado o aço inoxidável. Para se atingir esta resistência à corrosão, uma grande parcela de cromo é adicionada ao aço inoxidável martensítico. (**tabela 13.4**)

5) Aço para têmpera por indução

Além do uso de aço para têmpera superficial, a têmpera por indução também é utilizada para as superfícies das pistas dos rolamentos, e para este propósito é utilizado o aço com médio teor de carbono em razão da sua proporção menor de carbono no lugar do aço para têmpera total. Para a têmpera por indução das camadas mais profundas necessário em rolamentos maiores e rolamentos com grandes superfícies, o aço com médio teor de carbono é fortificado com cromo e molibdênio.

6) Outros materiais para rolamentos

Em aplicações de altíssimas rotações e em aplicações que requerem uma alta resistência contra a corrosão, estão disponíveis os rolamentos com materiais cerâmicos, tais como o Si₃N₄.

13.2 Materiais para gaiolas

Os materiais para as gaiolas dos rolamentos devem ser suficientemente resistentes para suportar vibrações por rotação e cargas de choque. Adicionalmente estes materiais devem ter um baixo coeficiente de atrito, devem ser leves, e capazes de suportar as temperaturas de funcionamento dos rolamentos.

Para rolamentos de tamanho pequeno e médio, se utilizam gaiolas prensados de aço laminado a frio ou quente com um teor de carbono de aproximadamente 0.1 %. Entretanto, dependendo da aplicação, também se utiliza o aço inoxidável austenítico.

Para rolamentos grandes, se utilizam gaiolas torneadas de aço carbono estrutural ou bronze fundido de alta resistência tênsil, embora ligas de alumínio e outros materiais para gaiolas também sejam disponíveis.

Em rolamentos para a aviação, são utilizados bronze de alta resistência tênsil, aços níquel com médio teor de carbono, aços cromo ou molibdênio após sofrerem vários tratamentos térmicos e temperados para altas temperaturas. As propriedades deslizantes destes materiais também são melhoradas quando se faz o tratamento superficial com prata.

As tabelas 13.5 e 13.6 mostram as composições químicas para estes materiais de gaiolas.

As gaiolas plásticas moldadas por injeção são amplamente

utilizadas e a maioria é feita de resina de poliamida resistente ao calor, reforçadas com fibra de vidro. As gaiolas plásticas são leves, resistentes à corrosão e possuem excelentes propriedades deslizantes e amortecedoras.

Resinas de poliamida resistentes ao calor são utilizadas na produção de gaiolas que permitem a aplicação no campo de temperatura entre -40°C e 120°C.

Entretanto, elas não são recomendadas para uso em temperaturas superiores a 120°C.

Tabela 13.1 Composição química de aço cromo de alto teor de carbono para rolamentos

Norma	Símbolo	Composição química (%)							Observação
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	
JIS G 4805	SUJ2	0.95~1.10	0.15~0.35	Max. 0.50	Max. 0.025	Max. 0.025	1.30~1.60	Max. 0.08	
	SUJ3	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	Max. 0.025	Max. 0.025	0.90~1.20	Max. 0.08	
	SUJ5	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	Max. 0.025	Max. 0.025	0.90~1.20	0.10~0.25	
ASTM A295	52100	0.98~1.10	0.15~0.35	0.25~0.45	Max. 0.025	Max. 0.025	1.30~1.60	Max. 0.10	equivalente SUJ2
ASTM A485	Grade 1	0.90~1.05	0.45~0.75	0.95~1.25	Max. 0.025	Max. 0.025	0.90~1.20	Max. 0.10	equivalente SUJ3
	Grade 3	0.95~1.10	0.15~0.35	0.65~0.90	Max. 0.025	Max. 0.025	1.10~1.50	0.20~0.30	equivalente SUJ5

Tabela 13.2 Composição química de aço para cementação (aço cementado)

Norma	Símbolo	Composição química (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
JIS G 4104	SCr420	0.18~0.23	0.15~0.35	0.60~0.85	Max. 0.030	Max. 0.030	—	0.90~1.20	—
JIS G 4105	SCM420	0.18~0.23	0.15~0.35	0.60~0.85	Max. 0.030	Max. 0.030	—	0.90~1.20	0.15~0.30
JIS G 4103	SNM220	0.17~0.23	0.15~0.35	0.60~0.90	Max. 0.030	Max. 0.030	0.40~0.70	0.40~0.65	0.15~0.30
	SNM420	0.17~0.23	0.15~0.35	0.40~0.70	Max. 0.030	Max. 0.030	1.60~2.00	0.40~0.65	0.15~0.30
	SNM815	0.12~0.18	0.15~0.35	0.30~0.60	Max. 0.030	Max. 0.030	4.00~4.50	0.70~1.00	0.15~0.30
ASTM A534	5120	0.17~0.22	0.15~0.35	0.70~0.90	Max. 0.030	Max. 0.040	—	0.70~0.90	—
	4118	0.18~0.23	0.15~0.35	0.70~0.90	Max. 0.030	Max. 0.040	—	0.40~0.60	0.08~0.15
	8620	0.18~0.23	0.15~0.35	0.70~0.90	Max. 0.030	Max. 0.040	0.40~0.70	0.40~0.60	0.15~0.25
	4320	0.17~0.22	0.15~0.35	0.45~0.65	Max. 0.030	Max. 0.040	1.65~2.00	0.40~0.60	0.20~0.30
	9310	0.08~0.13	0.15~0.35	0.45~0.65	Max. 0.025	Max. 0.025	3.00~3.50	1.00~1.40	0.08~0.15

Tabela 13.3 Composição química do aço rápido

Norma	Símbolo	Composição química (%)											
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Cu	Co	W
AMS	6491 (M50)	0.77~0.85	Max. 0.25	Max. 0.35	Max. 0.015	Max. 0.015	3.75~4.25	4.00~4.50	0.90~1.10	Max. 0.15	Max. 0.10	Max. 0.25	Max. 0.25
	5626	0.65~0.80	0.20~0.40	0.20~0.40	Max. 0.030	Max. 0.030	3.75~4.50	Max. 1.00	0.90~1.30	—	—	—	17.25~18.25
	2315 (M50NiL)	0.11~0.15	0.10~0.25	0.15~0.35	Max. 0.015	Max. 0.010	4.00~4.25	4.00~4.50	1.13~1.33	3.20~3.60	Max. 0.10	Max. 0.25	Max. 0.25

Tabela 13.4 Composição química do aço inoxidável

Norma	Símbolo	Composição química (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS G 4303	SUS440C	0.95~1.20	Max. 1.00	Max. 1.00	Max. 0.040	Max. 0.030	16.00~18.00	Max. 0.75
AISI	440C	0.95~1.20	Max. 1.00	Max. 1.00	Max. 0.040	Max. 0.030	16.00~18.00	Max. 0.75

Tabela 13.5 Composição química da chapa de aço para gaiolas prensadas e aço carbono para gaiolas usinadas

	Norma	Símbolo	Composição química (%)						
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
Prensada	JIS G 3141	SPCC	—	—	—	—	—	—	—
	JIS G 3131	SPHC	—	—	—	Max. 0.050	Max. 0.050	—	—
	BAS 361	SPB2	0.13~0.20	Max. 0.04	0.25~0.60	Max. 0.030	Max. 0.030	—	—
	JIS G 4305	SUS304	Max. 0.08	Max. 1.00	Max. 2.00	Max. 0.045	Max. 0.030	8.00~10.50	18.00~20.00
Usinada	JIS G 4051	S25C	0.22~0.28	0.15~0.35	0.30~0.60	Max. 0.030	Max. 0.035	—	—

Tabela 13.6 Composição química do bronze de alta resistência para gaiola usinada

Norma	Símbolo	Composição química (%)							Impurezas	
		Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	Pb	Si
JIS H 5120	CAC301	55.0~60.0	33.0~42.0	0.1~1.5	0.5~1.5	0.5~1.5	Max. 1.0	Max. 1.0	Max. 0.4	Max. 0.1