

13. 軸受材料

13.1 軌道輪及び転動体の材料

転がり軸受は、軌道面と転動体との小さい接触面で大きな荷重を受けながら、高い精度を保って回転する必要がある。このため、軌道輪及び転動体は、硬さが高いこと、転がり疲労に強いこと、耐摩耗性のあること及び寸法安定性の高いことなどの特性が要求される。特に、転がり疲労寿命に大きく影響を及ぼすものとして、鋼中の非金属介在物が挙げられる。非金属介在物の中でも、硬い酸化物系の介在物は、疲労き裂の起点となりやすいため、非金属介在物の少ない清浄な鋼を用いる必要がある。

NTNの軸受には、真空脱ガス処理及び炉外精錬を行うことにより有害な酸化物系の介在物を少なくした清浄な鋼を用いている。特に高信頼性を必要とする軸受には、更に清浄度の高い真空溶解材（VIM・VAR）やエレクトロスラグ溶解材（ESR）を使用している。

1) 高・中炭素合金鋼

一般に、転がり軸受の軌道輪及び転動体はいわゆる「**ずぶ焼入れ**」により、表面だけでなく内部まで硬くする材料が用いられる。この高・中炭素合金鋼としては、**高炭素クロム軸受鋼**が広く用いられる。また大形軸受、断面寸法が大きな軸受に対しては、マンガンやモリブデンの添加により、焼入性を高めた軸受鋼が用いられる。その他に、中炭素鋼にシリコン、マンガンを添加し、高炭素クロム鋼と同等の焼入性をもった材料も使用している。

JISで規定されている代表的な高炭素クロム軸受鋼の化学成分を**表13.1**に示す。多く使用されるのはSUJ2であり、大形の軸受にはMnを多くして焼入性を高めたSUJ3が用いられる。SUJ5はSUJ3にMoを添加してさらに焼入性を高めたもので、超大形の軸受や肉厚の厚い軸受に用いられる。SUJ2の化学成分はAISI 52100（アメリカ）やDIN 100Cr6（ドイツ）などと同等である。

2) はだ焼鋼（浸炭鋼）

浸炭焼入れは表面から適当な深さまで硬化させ、比較的硬さの低い心部（コア）を形成することにより、**硬さと靱性を兼ね備えており、耐衝撃性に優れている**。NTNの多くの円すいころ軸受ははだ焼鋼（浸炭鋼）を使用している。このうち小中形軸受に対してはクロム鋼、クロム・モリブデン鋼を、大形軸受に対してはニッケル・クロム・モリブデン鋼を使用している。JISの代表的なはだ焼鋼の化学成分を**表13.2**に示す。

3) 耐熱軸受鋼

通常の高炭素クロム鋼を用いた軸受は、120℃以上で長時間使用すると、標準的な熱処理では比較的大きな寸法変化

が生じる。したがって、その最高使用温度に応じた**寸法安定化処理**（TS処理）を施した軸受が用いられる。この**寸法安定化処理**を行うことにより、硬さが低下するため、転がり疲労寿命は低下する（A-18ページ 3.3.2項参照）。

150～200℃程度の準高温用軸受に用いられる材料としては、シリコンを添加し耐熱性を上げた材料があり、高温での硬さ低下及び寸法変化が少なく、優れた転がり疲労寿命を示す。

さらに高温で用いられる軸受には、使用中の軟化及び寸法変化の少ない耐熱鋼が用いられる。耐熱鋼としては、モリブデン系の高速度鋼やタングステン系の高速度鋼を使用している。また耐熱性が要求され、かつ高速回転で用いられる軸受には、モリブデン系の耐熱浸炭鋼を使用している（**表13.3**）。

4) 耐食軸受鋼

耐食性を求められる用途には、**ステンレス鋼**が用いられる。耐食性に寄与する合金元素であるクロムを多く含有したマルテンサイト系ステンレス鋼（**表13.4**）を使用している。

5) 高周波焼入鋼

浸炭焼入れ以外に高周波焼入れによって軌道面を硬化する軸受には、ずぶ焼入れ鋼よりも炭素量の少ない**中炭素鋼**を主に使用している。**大形軸受**や**断面寸法が大きな軸受**で、深い高周波焼入層が要求される場合には**クロム**や**モリブデン**を添加した**中炭素鋼**を用いる。

6) その他の材料

超高速回転や耐食性用途には、セラミックス（ Si_3N_4 ）材料が使用される例もある。

13.2 保持器材料

保持器の材料には回転中に受ける振動や衝撃荷重に耐えることのできる強度を有し、転動体及び軌道輪との摩擦が小さく、軽量でかつ軸受の運転温度に耐えることが要求される。

小形、**中形軸受**に用いる打抜き保持器の材料には、0.1%程度の低炭素の**冷間**又は**熱間圧延鋼板**が使用されるほか、用途に応じて**オーステナイト系ステンレス鋼板**を使用している。**大形軸受**には、一般にもみ抜き保持器を用い、材料は**機械構造用炭素鋼**及び**高力黄銅**が使用されることが多いが、**アルミ合金**なども用いられる。これらの代表的な保持器材料の化学成分を**表13.5**、**表13.6**に示す。

航空機用軸受には、**高力黄銅**以外に中炭素の**ニッケル・クロム・モリブデン鋼**の焼入・高温焼戻し処理されたものが用いられる。また潤滑特性を向上させるため、これらの材料に**銀めっき**を施したものが多く用いられている。

このほか保持器には、射出成形のできる高分子材も広く用いられる。一般にはガラス繊維で強化した**ポリアミド樹脂**を使用している。高分子材の保持器は軽量で耐食性があるほか、減衰性、潤滑性能にも優れた特性をもっている。

なお、**ポリアミド樹脂**の保持器は通常**-40℃~120℃**までの温度で連続使用が可能である。したがって、120℃を超える高温では使用できない。

表13.1 代表的な高炭素クロム軸受鋼の化学成分

規格	記号	化学成分 (%)							備考
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	
JIS G 4805	SUJ2	0.95~1.10	0.15~0.35	0.50以下	0.025以下	0.025以下	1.30~1.60	0.08以下	
	SUJ3	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	0.025以下	0.025以下	0.90~1.20	0.08以下	
	SUJ5	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	0.025以下	0.025以下	0.90~1.20	0.10~0.25	
ASTM A295	52100	0.98~1.10	0.15~0.35	0.25~0.45	0.025以下	0.025以下	1.30~1.60	0.10以下	SUJ2相当
ASTM A485	Grade 1	0.90~1.05	0.45~0.75	0.95~1.25	0.025以下	0.025以下	0.90~1.20	0.10以下	SUJ3相当
	Grade 3	0.95~1.10	0.15~0.35	0.65~0.90	0.025以下	0.025以下	1.10~1.50	0.20~0.30	SUJ5相当

表13.2 代表的な焼鋼（浸炭鋼）の化学成分

規格	記号	化学成分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
JIS G 4053	SCr420	0.18~0.23	0.15~0.35	0.60~0.85	0.030以下	0.030以下	—	0.90~1.20	—
JIS G 4053	SCM420	0.18~0.23	0.15~0.35	0.60~0.85	0.030以下	0.030以下	—	0.90~1.20	0.15~0.30
JIS G 4053	SNCM220	0.17~0.23	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030以下	0.030以下	0.40~0.70	0.40~0.65	0.15~0.30
	SNCM420	0.17~0.23	0.15~0.35	0.40~0.70	0.030以下	0.030以下	1.60~2.00	0.40~0.65	0.15~0.30
	SNCM815	0.12~0.18	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030以下	0.030以下	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	0.030以下	0.040以下	—	0.70~0.90	—
	4118	0.18~0.23	0.15~0.35	0.70~0.90	0.030以下	0.040以下	—	0.40~0.60	0.08~0.15
	8620	0.18~0.23	0.15~0.35	0.70~0.90	0.030以下	0.040以下	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	0.030以下	0.040以下	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	0.025以下	0.025以下	3.00~3.50	1.00~1.40	0.08~0.15

表13.3 高速度鋼の化学成分

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

表13.4 ステンレス鋼の化学成分

規格	記号	化学成分 (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS G 4303	SUS440C	0.95~1.20	1.00以下	1.00以下	0.040以下	0.030以下	16.00~18.00	0.75以下
AISI	440C	0.95~1.20	1.00以下	1.00以下	0.040以下	0.030以下	16.00~18.00	0.75以下

表13.5 打抜き保持器用鋼板およびもみ抜き保持器用炭素鋼の化学成分

	規格	記号	化学成分 (%)						
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
打抜き保持器	JIS G 3141	SPCC	—	—	—	—	—	—	—
	JIS G 3131	SPHC	—	—	—	0.050以下	0.050以下	—	—
	BAS 361	SPB2	0.13~0.20	0.04以下	0.25~0.60	0.030以下	0.030以下	—	—
	JIS G 4305	SUS304	0.08以下	1.00以下	2.00以下	0.045以下	0.030以下	8.00~10.50	18.00~20.00
もみ抜き保持器	JIS G 4051	S25C	0.22~0.28	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030以下	0.035以下	—	—

表13.6 もみ抜き保持器用高力黄銅鑄物の化学成分

規格	記号	化学成分 (%)								不純物	
		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	1.0以下	1.0以下	0.4以下	0.1以下	