

## 10. 摩擦と発熱量

### 10.1 摩擦

摩擦が小さいことは軸受に求められる重要な機能の一つである。一般に転がり軸受は、滑り軸受に比べて摩擦が小さく、特に起動摩擦が低いという特長がある。

転がり軸受の摩擦係数は、式 (10.1) で求めることができる。

$$\mu = \frac{2M}{Pd} \dots\dots\dots (10.1)$$

ここで、

- $\mu$  : 摩擦係数
- $M$  : 摩擦モーメント N・mm
- $P$  : 軸受荷重 N
- $d$  : 軸受内径 mm

転がり軸受の動摩擦係数は、軸受形式のほか荷重、潤滑および回転速度といった使用条件によって異なるが、おおよそ表 10.1 に示す値をとる。

表 10.1 軸受の摩擦係数 (参考)

軸受形式	摩擦係数 $\mu \times 10^{-3}$
深溝玉軸受	1.0 ~ 1.5
アンギュラ玉軸受	1.2 ~ 1.8
自動調心玉軸受	0.8 ~ 1.2
円筒ころ軸受	1.0 ~ 1.5
針状ころ軸受	2.0 ~ 3.0
円すいころ軸受	1.7 ~ 2.5
自動調心ころ軸受	2.0 ~ 2.5
スラスト玉軸受	1.0 ~ 1.5
スラストころ軸受	2.0 ~ 3.0

### 10.2 発熱量

軸受の摩擦損失は、そのほとんどが軸受内部で熱エネルギーに変わり、軸受の温度上昇をもたらす。摩擦モーメントにより発生する熱量は式 (10.2) で求めることができる。

$$Q = 0.105 \times 10^{-6} M \times n \dots\dots\dots (10.2)$$

ここで、

- $Q$  : 発生する熱量 kW
- $M$  : 摩擦モーメント N・mm
- $n$  : 軸受の回転速度  $\text{min}^{-1}$

発生する熱量と放出される熱量との平衡によって軸受温度は決まる。一般に軸受温度は、運転初期には急激に上昇するが、定常状態に達してほぼ一定になる。この定常状態に達するまでの時間は、発生する熱量と軸およびハウジングの熱容量・熱放散や潤滑油量・潤滑方法によって異なるが、いつまでも定常状態に達せず温度が安定しない場合には、何らかの異常があると判断しなければならない。

異常な温度上昇が発生した場合、機械装置を点検し、必要に応じて軸受を取外して調査する。異常な温度上昇の原因としては、以下が考えられる。

- ・ 軸受のこじれ (モーメント荷重, 取付誤差)
- ・ 内部すきま過小
- ・ 予圧の過大
- ・ 潤滑剤の過多または不足
- ・ 潤滑剤の不適
- ・ 密封装置からの発熱
- ・ 過大荷重
- ・ 急加減速
- ・ 外部からの熱伝達

### 10.3 起動トルク計算

起動トルクとは軸受の回転始動時に発生するトルクのことをいい、玉軸受ところ軸受ではトルク発生要因が異なる。玉軸受ではアンギュラ玉軸受、ころ軸受では円すいころ軸受についての計算を以下に示す。

なお、実際の起動トルク値は同一呼び番号であっても、個々の軸受ごとの測定ばらつき等があるため、トルク計算値はあくまで参考値である。

#### 1) アンギュラ玉軸受の予圧と起動トルク

アンギュラ玉軸受や円すいころ軸受のように接触角をもつ軸受は 1 個で使用する事ができず、2 個対向させるかまたは組合せて使用される。この場合、予圧を与えて使用されることが多く、予圧が大きくなればなる程軸受の摩擦トルクは大きくなる。予圧を与えた時のアンギュラ玉軸受の起動トルクはスピン滑りと転がり摩擦トルクが大半を占める。

アンギュラ玉軸受の予圧と起動トルクの関係は単純な比例関係にはならず、計算も複雑になるため、詳細については、NTN にご照会ください。

#### 2) 円すいころ軸受の予圧と起動トルク

円すいころ軸受の起動トルクに影響を与える主な要因は以下である。

- ① ころ大端面と内輪大つば面との滑り摩擦
- ② 転動面の転がり摩擦
- ③ ころと保持器の滑り摩擦
- ④ 潤滑剤の攪拌抵抗

しかし、回転始動時の②~④は①に比べて非常に小さいため、①により円すいころ軸受の起動トルクを算出する。

円すいころ軸受の起動トルク  $M$  は、式 (10.3) で求めることができる。

$$M = \mu \cdot e \cdot \cos(\beta/2) \cdot F_a \dots\dots\dots (10.3)$$

ここで、

- $M$  : 起動トルク N・mm
- $\mu$  : 摩擦係数
- $e$  : ころと内輪つばの接点位置 mm (図 10.1 参照)
- $\beta$  : ころ角度 ° (図 10.1 参照)
- $F_a$  : 予圧 N

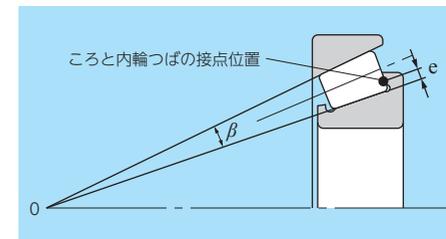


図 10.1  $\beta$  および  $e$

計算例を図 10.2 に示す。詳細については、NTN にご照会ください。

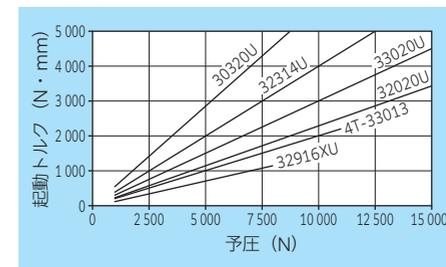


図 10.2 円すいころ軸受の予圧と起動トルク