

9. 許容回転数 Limiting speeds

軸受にはそれぞれ、ある回転速度の限界が存在する。

軸受を運転した場合、その回転速度が速くなるに従って、軸受内部の摩擦熱による温度上昇が大きくなる。回転速度の限界は、焼付きや、ある限度以上の発熱を生じさせないで軸受の運転を続け得る経験的な速度の許容値である。したがって、各軸受の許容回転数は、軸受の形式・寸法、保持器の形式・材料、軸受荷重、潤滑方法、潤滑剤、軸受周辺を含めた冷却状況によって異なる。接触形シール軸受(DD)の許容回転数は、シール先端のしゅう道速度によって決められる。

軸受寸法表には、軸受ごとにグリース潤滑及び油潤滑の場合の許容回転数(min⁻¹)が記載されている。

この値は、標準設計の軸受を普通の荷重条件($C/P \geq 12$, $F_a/F_r \leq 0.2$ 程度)のもとで運転する場合に許容される回転数である。

軸受の運動速度が、軸受寸法表に記載されている許容回転数の70%を超える場合には、高速性能に優れた潤滑グリース又は潤滑油を選定する必要がある。

また、軸受の回転速度が、許容回転数を超える使用条件では、軸受の精度、内部すきま、保持器の形式、材料、潤滑方法などについて十分な検討を行い、軸受を選定する。このような高速条件に対する配慮を行った場合には、軸受寸法表に記載されている許容回転数より高く採ることができる。

なお、このような場合には、ISCにご相談ください。

The speed of rolling bearings is subject to certain limits. When bearings are operating, the higher the speed, the higher the bearing temperature due to friction. The limiting speed is the empirically obtained value for the maximum speed at which bearings can be continuously operated without failing from seizure or generation of excessive heat consequently, the limiting speed of bearings varies depending on such factors as bearing type and size, cage form and material, load, lubrication method, and heat dissipating method including the design of the bearing's surroundings. The maximum permissible speed for contact rubber sealed bearing (DD type) is determined mainly by the sliding surface speed of the inner circumference of the seal. Values for the limiting speed of bearings lubricated by grease and oil are listed in the bearing tables. The limiting speeds in the tables are applicable to bearings of standard design that are subjected to normal loads, i.e. $C/P \geq 12$ and $F_a/F_r \leq 0.2$ approximately. The limiting speeds for oil lubrication listed in the bearing tables are for conventional oil bath lubrication.

When speeds are more than 70 percent of the listed limiting speed, it is necessary to select an oil or grease which has good high-speed characteristics.

When the required speed exceeds the limiting speed of the desired bearing, then the accuracy grade, internal clearance, cage type and material, and lubrication, must be carefully studied in order to select a bearing capable of the required speed. If all these conditions are considered, the maximum permissible speed may be higher than the limiting speed listed in the bearing table. It is recommended to consult ISC regarding high-speed applications.

10. 予圧 Preload

10.1 予圧

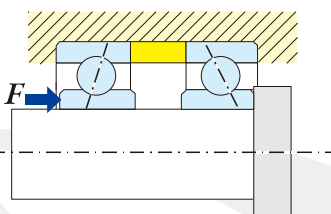
アキシャル荷重を受けることのできる2つの軸受を一对に設置して、あらかじめアキシャル方向の荷重F(予圧)が常に加わっている状態にすることを予圧を与えるという。

軸受は内部すきまを有しているが、予圧を与えることでこのすきまがなくなり、玉と軌道輪が弾性接触する。その結果、軸受にはすきまによるガタがなくなり、回転時の振動や異音を抑えられる。また軸受の剛性が高まる。

ただし予圧が大きすぎると摩擦モーメントの増大や発熱、焼付きなどの原因になるため、用途に合わせて予圧量や予圧方法を適切に選ぶことが重要である。

10.2 予圧の効果

1. 軸のラジアル方向、アキシャル方向の位置決めを正確にするとともに、軸の振れを抑える
2. 軸受の剛性を高める
3. アキシャル方向の振動および共振による異音を防止する
4. 特に高速回転する場合、玉の公転すべり、自転すべりを抑制する
5. スラスト軸受では軌道輪に対して転動体を正しい位置に保つ



10.1 Preload

A pair of axially loadable bearing is to be loaded in advance in the axial direction F. This is called "Pre-loading". Bearing has an internal clearance. Pre-loading reduces this clearance and elastic contact of ball and raceway occurs. By the result, the bearing does not have a looseness due to the clearance, which leads to the reduction of vibration and noise when rotating. Moreover, this contributes to the higher rigidity of the bearing. However, excessive pre-loading causes the increase of friction moment, heat generation and seizure of the bearing. In order to avoid this, optimum selection of pre-loading level and method is highly recommended.

10.2 Effect of Pre-loading

1. Maintains the bearings in exact position both radially and axially and also maintains the running accuracy of the shaft
2. Increases the bearing rigidity
3. Minimizes noise due to axial vibration and resonance
4. Prevents sliding between the rolling elements and raceway due to gyroscopic moment for high speed application
5. Maintains the rolling elements in their proper position with the bearing rings

10.3 予圧方法

予圧方法は定位置予圧と定圧予圧がある

定圧予圧

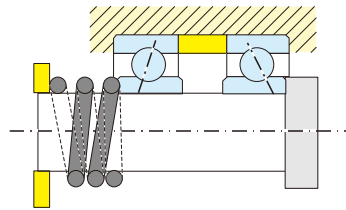
図 10.1 のようにコイルばね、皿ばねなどを利用して適正な予圧を軸受に与える方法である。

軸受の相対的な位置が使用中変化しても、予圧量をほぼ一定に保つことができる。

例えば、温度に対する寸法変化などの影響を受けにくい。しかし、ばね要素を取り付けるスペースやそのための部品が必要である。定位置予圧に比較して剛性は低い。

図 10.1 定圧予圧の例

Fig 10.1 Constant pressure preload

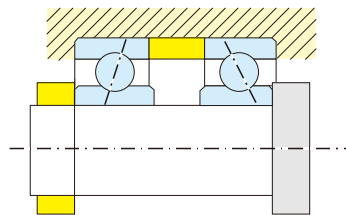


定位置予圧

図 10.2 のように対向した軸受間の位置を決めて、予圧量を設定する方法である。例えばアキシャル荷重とアキシャル変位の関係から、アキシャル荷重に相当する変位を間座寸法や軸受の幅寸法により設定し、軸受を固定する。剛性は高い。ただし温度に対しての寸法変化で予圧量が変化する。

図 10.2 定位置予圧の例

Fig 10.2 Position preload



10.4 予圧の大きさや方向

予圧量は玉と軌道輪の弾性接触状態を決めるので、予圧量を必要以上に大きくすると、異常発熱、摩擦モーメントの増大、疲れ寿命の低下を招く。一方小さいと剛性不足や外部荷重による予圧抜けを発生するなど、振動発生の原因になる。実績から小型モータ用など長時間の耐久性を求められる場合にはCrの0.5%程度、機械部品など剛性を求められる一般用途にはCrの1%程度を目安にする。予圧以外に外部荷重、自重などの影響を考慮して決める。

予圧の方向には図 10.3 の背面組合せ (DB) と図 10.4 の正面組合せ (DF) がある。背面組合せはモーメント荷重が作用する場合剛性が高い。しかしハウジングの精度が悪くて取り付け誤差 (ミスアライメント) がある場合は、内部荷重が増大しやすい。正面組合せはモーメント荷重に対しての剛性は比較して低いが、ハウジングの精度や軸のたわみなどミスアライメントの影響を受けにくい。

図10.3 背面組合せ (DB) の例

Fig 10.3 Back-to-back matching (DB)

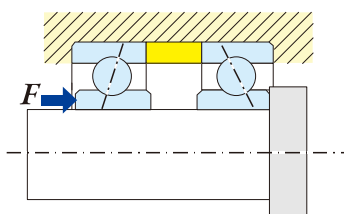
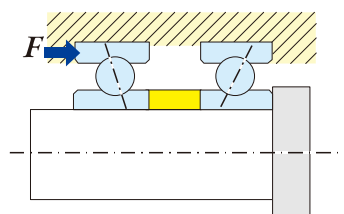


図10.4 正面組合せ (DF) の例

Fig 10.4 Face-to-face matching (DF)



10.3 Pre-Loading Methods

Position pre-load and constant-pressure pre-load are available for pre-loading methods.

Constant-pressure preload

Constant pressure preload is achieved using a coil or leaf spring to impose a constant preload (refer to Fig.10.1).

Even if the relative position of the bearings changes during operation, the magnitude of the preload remains relatively constant. For example, this methods is effective for dimensional defect due to the temperature change. On the other hand, this method requires the additional parts and space for spring element. Rigidity is lower compared with the position preload.

Position Preload

A position preload is achieved by fixing two axially opposed bearing in a position to impose a preload and their relative position remains unchanged while in operation (refer to Fig. 10.2). For example, bearings are fixed in the certain displacement positions set by the spacer dimension or bearing width. This method offers higher rigidity. On the other hand, preload amount varies depending on the dimensional defect due to the temperature change.

10.4 Preload Amount and Direction

Since preload amount is a decisive factor for elastic contact status of rolling elements and raceway, excessive preloading leads the bearing to abnormal heat generation, increase of friction moment and decrease of fatigue life. On the contrary, insufficient preload causes rigidity loss, preload loss due to the outer load and vibration. ISC, from past experiences, recommends preload of 0.5% of Cr for the application of small motor which requires long lasting durability. Preload of 1.0% of Cr is recommended for the application for mechanical parts which requires higher rigidity. Other factors such as outer load and self weight are also important to decide the preload amount.

Preload direction has two types, back-to-back matching (Fig. 10.3) and face-to-face matching (Fig. 10.4). Back-to-back matching DB holds higher rigidity when moment load is in effect. However, in the case of misalignment due to poor accuracy of the housing, it tends to carry higher internal load. Face-to-face matching DF has relatively lower rigidity against moment load. However the effect of misalignment, due to the housing accuracy and shaft deflection, is relatively low for this type.