

6. 軸受の取扱い

① 軸受の洗浄とグリース封入作業

精密転がり軸受を使用して、最高の回転速度、低温度上昇を得るためには、軸受の取扱いが重要となります。

軸受の取扱いには洗浄、乾燥、(グリース封入)慣らし運転があり、各項のポイントに注意の上作業下さい。

なお、シール付軸受については内部にグリースが封入してありますので、洗浄、乾燥はせず、外部防錆油を清潔な布で拭き取り組立てして下さい。

軸受の洗浄 (防錆油をおとす)

- ・白灯油やナフテゾールなどの揮発性の高い溶剤に浸漬し手回し洗浄の後ベンジン、アルコールなどで白灯油を除去します。エアガンにより洗浄油を飛ばす時は、エアの清浄度に注意下さい。

(エアオイル潤滑の場合は、そのまま使用できますが、洗浄後使用潤滑油あるいは低粘度油を塗布または浸漬後使用することを推奨します。)

軸受の乾燥

グリース潤滑の場合、グリースの流出を防ぐため十分に軸

受を乾燥する必要があります。なお、乾燥後は速やかにグリース封入を行って下さい。

- ・温エアによる熱乾燥。(エアの清浄度に注意のこと)
- ・恒温槽での乾燥。

グリースの封入

グリースは、封入後手回しにて転がり部に満遍なく行き渡らせるようにして下さい。

<玉軸受> 写真6.1参照

- ・注射器、ビニール袋等で、内輪転走面を狙いボール間に等配に封入します。
- ・軌道輪案内の保持器の場合、へらなどで保持器案内内にも塗布することを推奨します。
- ・内輪側空間が狭く内輪転走面に封入出来ない場合、外輪転走面に封入します。この場合、内輪側にグリースが行き渡るよう念入りに手回しを行ないます。

<ころ軸受> 写真6.2参照

- ・ころ外径面(内径面)側にグリースを塗布し、指先でころを回転させながら内輪(外輪)側にグリースを塗り込みます。



注射器ビニール袋などで、ボール間に内輪転走面狙いで等配に封入する。



封入後



手回しにて、グリースを十分行き渡らせる。
手回し時、適度に荷重をかける。

写真6.1 アンギュラ玉軸受のグリース封入方法



保持器外径にグリースを塗布する。



ころ外径面にグリースを塗布し、指先でころを回転しながら(ころが自転するように)内輪側にグリースを塗り込みます。



(塗布後)
保持器リップ外径面にグリースの塊が残ると、グリースが再巻き込みされ、慣らし運転に時間がかかる可能性があります。保持器リップ外径面に付着したグリースは、指で広げて(写真の如く)ご使用ください。

写真6.2 円筒ころ軸受のグリース封入方法

慣らし運転

[エアオイル, オイルミスト潤滑]

油潤滑では, ピーク温度が現れず比較的短時間で軸受温度がサチレートするため慣らし運転は比較的簡単です。2000 ~ 3000min⁻¹毎に30min程度保持し, 最高回転速度まで上げることを推奨します。但し, d_{mn} (転動体中心径 × 回転速度) が100万を超える範囲は, 安全をみて1000 ~ 2000min⁻¹ごとに上げて下さい。

[グリース潤滑] (⑨主軸用軸受の慣らし運転参照)

グリース潤滑では, 安定した温度上昇を得るために慣らし運転が重要です。慣らし運転時, 回転速度増加後に高い温度上昇(ピーク)を示した後, 徐々に温度が安定します。安定化までにはある程度の時間を要します。

<玉軸受>

1000 ~ 2000min⁻¹ごとに温度がサチレートしてから上げることを推奨します。

d_{mn} (転動体中心径 × 回転速度) が40万を超える範囲は, 安全をみて500 ~ 1000min⁻¹ごとに上げて下さい。

<ころ軸受>

ころ軸受は玉軸受より慣らし運転時のピーク温度やサチレートまでの時間が長い傾向があります。また, グリースの再巻き込みによる温度上昇があり温度推移も不安定な場合があるため最高回転速度で長めの運転を行って下さい。

500 ~ 1000min⁻¹ごとに温度がサチレートしてから上げて下さい。

d_{mn} (転動体中心径 × 回転速度) が30万を超える範囲は, 安全をみて500min⁻¹ごとに上げるようにして下さい。

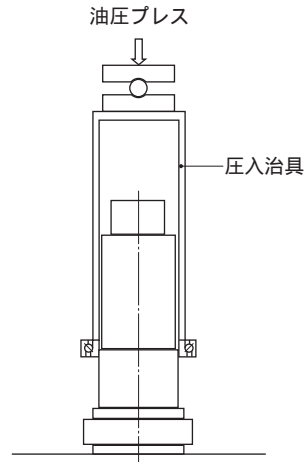


図6.1 プレス圧入

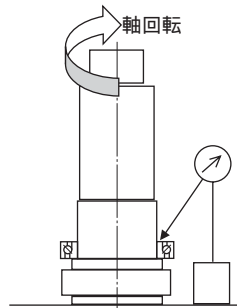


図6.2 内輪端面振れチェック

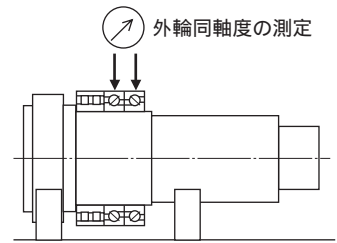


図6.3 外輪同軸度チェック

② 軸受の組み込み

主軸に軸受を組付ける場合は, 軸 - 軸受内輪はタイトフィット(しまりばめ)であることから組立て手法としては,

- (1) 油圧プレスによる圧入
- (2) 焼きばめによる挿入

が一般的です。いずれの手法においても, 組立ての影響をおさえ軸受精度を維持することが重要です。

(1) 油圧プレスによる圧入について

ハンドプレス等の油圧プレスにて軸受を圧入する場合, まず, 軸 - 内輪間のしめしろによって発生する圧入力が必要。次に内輪圧入時には, 内輪押さえ治具を用い, 確実に軸肩まで押し込みます。(外輪に力が加わらないようにして下さい)

押し込み後, 軸受各部の精度を測定し軸に対し確実に取り付いていることを確認することも重要です。なお多列の軸受を組合せて使用する場合, 組立て後の振れを測定し, 外輪同士の芯ずれを補正して下さい。

圧入力計算

軸 - 内輪間のしめしろによって発生する圧力は以下の計算式により求めます。

本計算による圧入力に対し, ばらつきを考慮し, 余裕をもった油圧プレスでの組立てが必要です。軸に内輪を圧入する場合に要する力は, 式(6.1)により求めることができます。

軸と内輪の場合

$$K_d = \mu \cdot P \cdot d \cdot B \dots \dots \dots (6.1)$$

ここで

- K_d : 内輪の圧入または引抜き力 N
- P : はめあい面の面圧 MPa (表6.1参照)
- d : 軸径, 内輪内径 mm
- D : 外輪外径 mm
- B : 内輪の幅 mm
- μ : 滑り摩擦係数(内輪を円筒軸に圧入する場合 0.12)

表6.1

はめあい条件と計算式		記号 (単位[N, Kgf], mm)
はめあい面圧	鋼製中実軸と内輪のはめあい $P = \frac{E}{2} \frac{d_{eff}}{d} \left[1 - \left(\frac{d}{D_1} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (6.2)$	d : 軸径, 内輪内径 d_0 : 中空軸内径 D_1 : 内輪平均みぞ径
	鋼製中空軸と内輪のはめあい $P = \frac{E}{2} \frac{d_{eff}}{d} \frac{[1 - (d/D_1)^2] [1 - (d_0/d)^2]}{[1 - (d_0/D_1)^2]} \dots\dots\dots (6.3)$	d_{eff} : 有効しめしろ E : 縦弾性係数 = 210 GPa

$$d_{eff} = \frac{d}{d+2} d \dots\dots\dots (6.4)$$

(研削軸の場合)

d : 理論しめしろ

$$D_1 = 1.05 \frac{4d + D}{5} \dots\dots\dots (6.5)$$

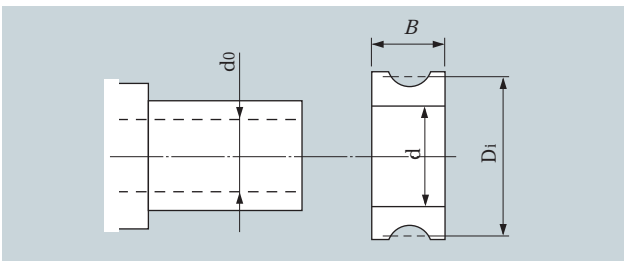


図6.4

< 圧入力計算例 >

標準アンギュラ玉軸受7020UCについて軸 - 内輪間しめしろ $2 \mu\text{m}$ タイプ時の圧入力を求めると以下ようになります。

- ・ 7020UC ($100 \times 150 \times 24$)
- ・ 軸としめしろ $2 \mu\text{m}$ タイプ (中実軸の場合)

$$d_{eff} = \frac{100}{102} \times 0.002 = 0.00196$$

$$D_1 = 1.05 \times \frac{4 \times 100 + 150}{5} = 115.5$$

$$P = \frac{210000}{2} \times \frac{0.00196}{100} \left[1 - \left(\frac{100}{115.5} \right)^2 \right] = 0.52 \text{ MPa}$$

$$K_d = 0.12 \times 0.52 \times 100 \times 24 = 470 \text{ N}$$

はめあい面の潤滑条件のばらつきを考慮し2~3倍の安全率を見込んで下さい。したがって

$$470 \times (2 \sim 3) = 940 \sim 1410 \text{ N} \text{ となります。}$$

(2) 焼きばめによる挿入について

恒温槽、ベアリングヒータ等を用いて軸受に付ける際には、以下の配慮が必要です。

軸 - 内輪間のしめしろを考慮した温度での加熱を行って下さい。(図6.5参照)

軸受の線膨張係数 12.5×10^{-6} , 加熱温度 T , 内輪内径 d はめあいしめしろ $= 12.5 \times 10^{-6} \times d \times T$

例) $d = 100$, $= 0.030$ ($30 \mu\text{m}$ タイプ) とすると、必要加熱温度 $T = 23.8$

よって、軸受温度を室温 + 30 程度に加熱すればよいこととなります。(ただし組立時間中の冷却を考慮しておくことが重要です)

注意

- ・ アンギュラ玉軸受の保持器として樹脂材料が使用されている場合、あまり高温まで加熱しないで下さい。(80 以下程度)
 - ・ 焼きばめにすると冷却時に内輪が軸方向に収縮し軸受 - 軸肩間にすきまを生じます(図6.6)ので、はめあい後常温に下がるまでプレス等で押さえて下さい。また冷却後、直角の確認を行ってください。
 - ・ ベアリングヒータで加熱する場合、温度が上がりにすぎないように注意してください。
- 残留磁気がないように脱磁装置の付いたものを使用して下さい。

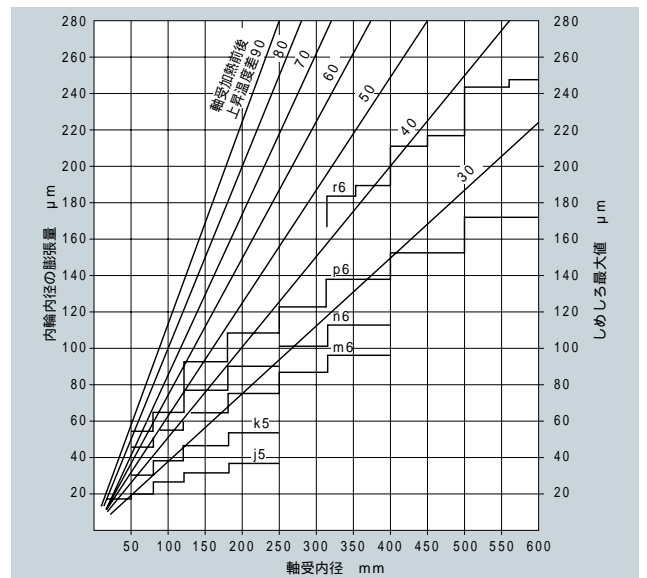


図6.5 内輪の焼きばめに必要な加熱温度
備考 しめしろの最大値は0級軸受とのはめあい値である

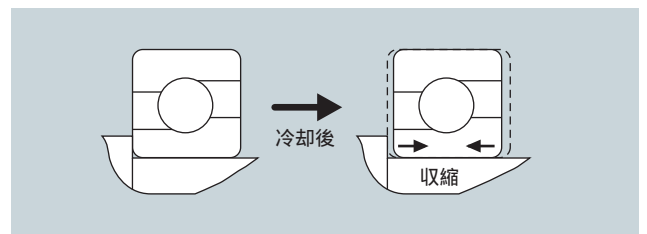


図6.6 焼きばめ後の冷却について

③ 内輪締付け

主軸に軸受を組付け、固定するに際しては、内輪側はステップスリーブまたは精密軸受ナットによる締付け、外輪側は前蓋をボルトで締結する方法が一般的です。内輪側の締付けで、ステップスリーブあるいは精密軸受ナットを使用する場合、以下の点に注意する必要があります。

ステップスリーブによる締付け

ステップスリーブは油圧により膨張させたスリーブを軸に挿入し、所圧の押込力（締付力）を付加した後、油圧を除去し、スリーブを軸に固定すると同時に軸受に締付力を与えるもので、比較的容易な固定方法です。（図6.7）

ただし、スリーブの固定が軸とのしめしろだけで行われているため、軸のたわみやモーメント荷重に対しては緩む可能性があります。

そのため、図6.8のように軸受ナットと併用されて使用されるケースが多いといえます。

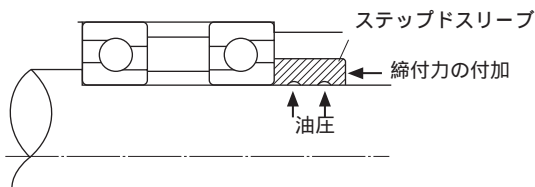


図6.7 ステップスリーブによる締付け

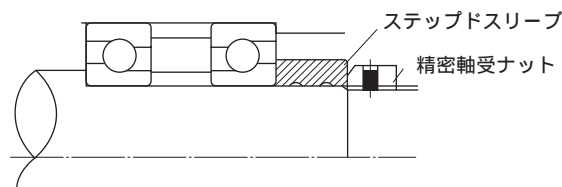


図6.8 ステップスリーブ+精密軸受ナットによる締付け

精密軸受ナットによる締付け

精密軸受ナット（精密ロックナット）による締付けは、軸受トルクの管理により所定の締付け力が与えられます。

また、精密軸受ナットを使用して軸受を固定する時の注意として軸受精度を保つ点から、座面と軸心との直角度は3μm以下程度となるようにして下さい。

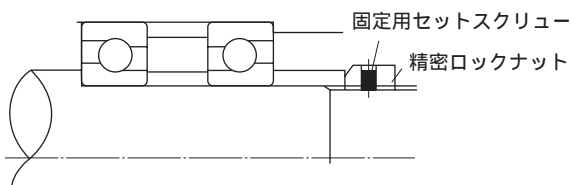


図6.9 精密軸受ナットによる締付け

精密軸受ナットの締付トルクと締付力の関係

締付トルクと締付力の関係は次式で与えられます。

精密軸受ナットのねじ面と軸のねじ面及び精密軸受ナットの座面は滑り面となるため締付時の摩擦係数により、トルク - 締付力の関係が変化することから、十分なじませておくことが必要です。

また、予め締付トルク - 締付力の関係をロードワッシャ等を使ってキャリプレート（校正）しておくことも重要です。

$$F = \frac{M}{(d/2)\tan(\alpha + \phi_n) + r_n \mu_n} \dots\dots\dots (6.6)$$

- F : ねじの締付力 N
- M : ナットの締付力トルク N・mm
- d : ねじの有効径 mm
- α : ねじ面の摩擦角

$$\tan \alpha = \frac{\mu}{\cos \lambda} \dots\dots\dots (6.7)$$

λ : ねじのリード角

$$\tan \lambda = \frac{\text{ねじの条数} \times \text{ピッチ}}{d} \dots\dots\dots (6.8)$$

- r_n : ナット座面の平均半径 mm
- μ_n : ナット座面の摩擦係数 $\mu_n \approx 0.15$
- μ : ねじ面の摩擦係数 $\mu \approx 0.15$
- ϕ_n : ねじ山の半角

< 計算例 >

- ・ 軸受ナット AN20（図6.10）
- ・ ねじ部諸元 M100×2（2級ねじ）
有効径 $d = 98.701$
ねじ山の半角 $= 30^\circ$

ねじの締付け力と締付トルクの間係を求めると次のようになります。

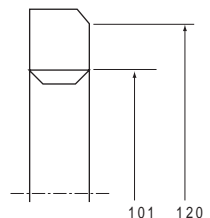


図6.10

$$\tan \alpha = \frac{0.15}{\cos 30^\circ}$$

$$= 9.826^\circ$$

$$\tan \lambda = \frac{1 \times 2}{98.701}$$

$$= 0.370^\circ$$

$$r_n = \frac{(101 + 120)/2}{2} = 55.25$$

$$F = \frac{M}{\frac{98.701}{2} \tan(0.370 + 9.826) + 55.25 \times 0.15} = \frac{M}{17.163}$$

④ 締付力による間座の弾性変形

主軸に軸受を組込む際には、精度、すきま、剛性を確保するために、所定の位置まで確実に押し込まれ、所定の面圧で維持されることが重要となります。

組合せアンギュラ玉軸受等に軸受間座を用い軸方向位置決めをする際には、間座の断面積、締付力によっては締付けによる面圧及び弾性変形を考慮する必要があります。

内輪間座締付力と弾性変形量の関係

主軸にアンギュラ玉軸受を固定する場合、軸受内輪は主軸の肩と軸受ナット、あるいはステップスリーブ又は両者で締め付け固定されます。この内輪締付力によって間座の軸方向の弾性変形が発生し、軸受のアキシャルすきまが変化します。特に主軸軸受の組合せとして使用される背面組合せ(DB, DTBT)では、内輪締付力によりすきまが減少するため、組立後予圧量や運転時予圧量の増加が推定されます。内輪締付力による軸方向の変形については内輪、内輪間座両者の変形が考えられますが、現在NTNでは過去の経験から内輪間座のみについて考慮しています。

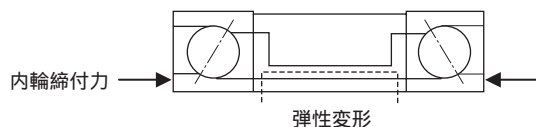


図6.11 内輪間座の弾性変形

間座の変形量については、弾性変形による変形計算式を用い計算を行います。

$$= \frac{P \times L}{A \times E} \dots\dots\dots (6.9)$$

- ：間座の弾性変形量 (mm)
- P：内輪締付力 (N)
- L：内輪間座幅 (mm)
- A：内輪間座断面積 (mm²)
- E：縦弾性係数 210000MPa

内輪間座の締付力は各メーカーにより異なりますが、NTNの経験では表6.2の値(目安値)が使用されています。

表6.2 ナット締付力

軸受内径 (mm)	ナット締付力 (N)	前蓋押えしろ (mm)	
20	2940 ~ 4900	0.01 ~ 0.02	
25			
30			
35			
40			
45	4900 ~ 9800		
50			
55			9800 ~ 14700
60			
65			
70			
75			
80	14700 ~ 24500		
85			
90			
95			
100			
105	24500 ~ 34300		
110			
120			
130			
140			
150	(34300 ~ 44100)		
160			
170			
180			
190			
200			
220			
240			
260			
280			
300			

注1) ナット締付力は今までの図面・検討実績より決定しております。ただし、軸受内径 220は実績がないため()付き参考値です。
 注2) 軸と内輪とのはめあいしめろが大きい場合には、その圧入力計算値の2倍程度の締付力が必要となります。

⑤ 前蓋の押えしろ

主軸に軸受を取付け、固定する際には、内輪側はステップスリーブまたは精密軸受ナットによる締付け、外輪側は前蓋をボルトで締結する方法が一般的です。前蓋で外輪を固定する際には、以下の点に注意する必要があります。

前蓋押えしろ

軸受外輪はハウジングの肩と前蓋(主軸フロント部)で締め付け固定されます。前蓋は、そのフランジ部に設けられたボルト穴(6~8本)により取り付けられます。前蓋による外輪の押えしろは、0.01~0.02mmが実績となっています。前蓋の押えしろが多かったり、締め付けるボルト本数が少ないと軸受軌道輪の真円度劣化の原因となるので注意が必要です。

図6.14に外輪の押えしろを0.05mmとした時のはめあいと軌道面の真円度劣化の例を示します。また図6.15にはめあいを5μmルーズにした時の外輪押えしろと軌道面の真円度劣化の例を示します。

外輪軌道面形状を損なわないためには、精度の良いハウジングにとまりばめで多数のボルトで固定することを推奨します。

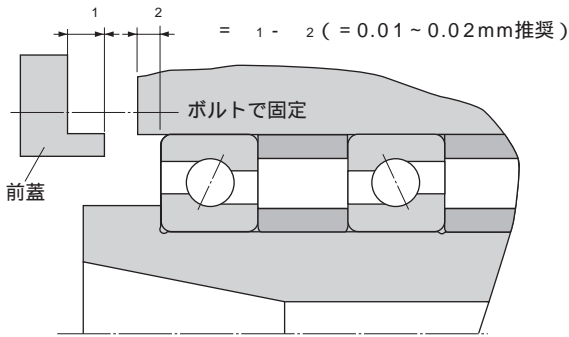


図6.12 前蓋押ししろ

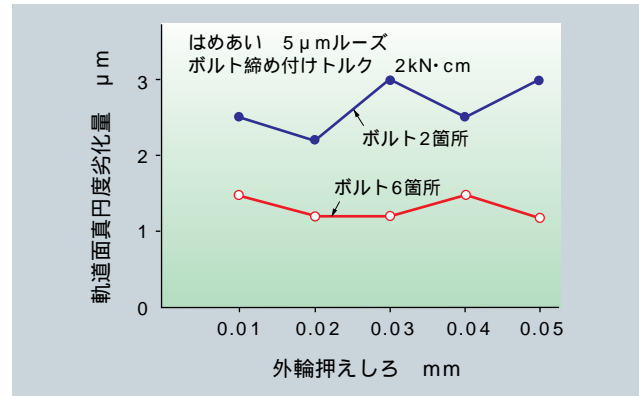


図6.15 外輪押ししろと軌道面真円度の劣化

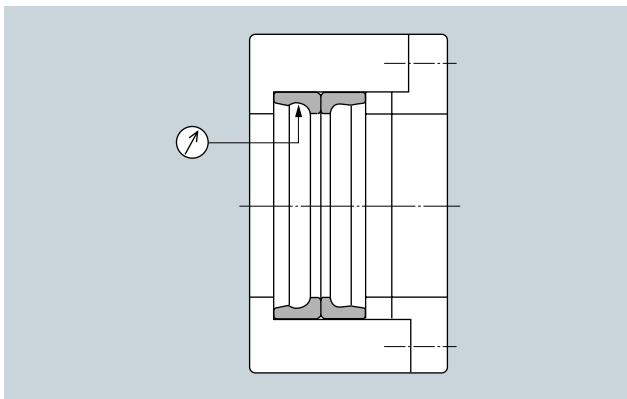


図6.13 外輪軌道面真円度測定位置

⑥ 軸受アキシアル剛性の確認方法

実機における軸受のアキシアル剛性確認方法については、通常主軸そのものをプッシュブルゲージ等にて押し、アキシアル方向の変位量を計測する方法が一般的です。ここでは測定方法の一例としてダイヤルゲージを用いた方法を下記に紹介します。

主軸先端2ヶ所（180° 対照位置）にダイヤルゲージを当て（マグネットスタンドにてハウジング端面に固定します）、主軸に荷重を加え、アキシアル変位量を読み取ります。

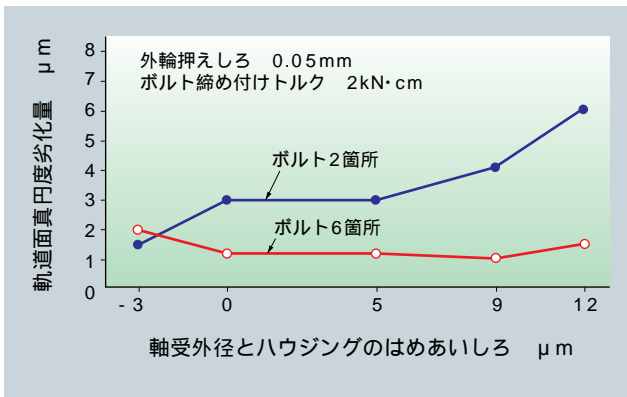


図6.14 外輪はめあいによる軌道面真円度に与える影響



写真6.3

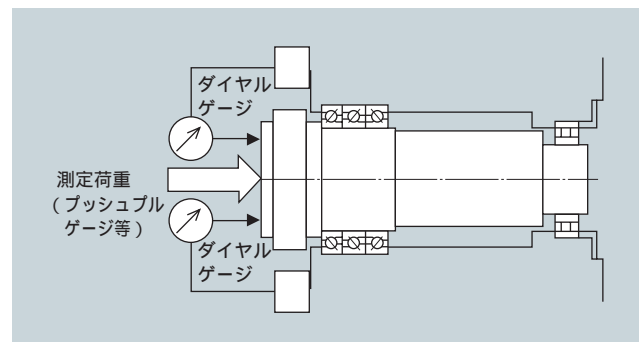


図6.16 アキシアル剛性の確認

⑦ 円筒ころ軸受のすきま調整

NC旋盤やマシニングセンタのような工作機械主軸に円筒ころ軸受を使用し、軸受内部すきまを0～負すきまとする場合、一般的に内輪内径面がテーパ穴となった円筒ころ軸受が使用されます。

軸受内輪テーパ穴と主軸テーパをはめあい、更に軸方向に追い込むことにより軸受内輪を膨張させ、内部すきまの調整を行います。

内部すきまの調整には、軸受毎のすきま測定 間座調整による方法と残留内部すきま調整ゲージによる方法があります。

すきま測定 - 間座調整法

軸受内部すきまの調整に関しては、以下の手順で調整下さい。

(1) 外輪収縮量の計算(図6.17参照)

- 外輪 - ハウジング間のはめあい部しめしろ $deff$ を計算する。
ハウジング内径寸法 D を測定し、軸受検査成績表の外輪外形寸法との関係よりはめあい部しめしろ $deff$ を算出する。

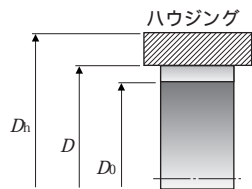


図6.17 外輪 - ハウジングのはめあい

EX. 1

- 軸受外輪外径寸法 150(成績表 = - 0.005)
- ハウジング内径寸法 $D = 150$ (測定データ = - 0.007)
- はめあい部しめしろ $deff = 0.002$ (2 μ mタイト)
- 外輪収縮量 G を(6.10)式にて計算する。

$$G = deff \cdot \frac{D_0}{D} \cdot \frac{1 - (D/D_h)^2}{1 - (D_0/D)^2 \cdot (D/D_h)^2} \dots\dots\dots (6.10)$$

EX. 2

ハウジング外径 $D_h = 200$, 外輪外径 $D = 150$, 外輪内径 $D_0 = 137$

$$G = 0.002 \cdot \frac{137}{150} \cdot \frac{1 - (150/200)^2}{1 - (137/150)^2 \cdot (150/200)^2} = 0.0015 \dots\dots\dots (6.11)$$

(2) 仮組み状態での軸受位置と軸受ラジアルすきまの測定

- 軸テーパ面に保持器とところがついた軸受内輪を組込む。(図6.18参照)

この時内径テーパ面がしっかりとはめあうまで押し込み、軸肩と内輪端面の距離 (L_1) を測定する。

注：内輪組み込み後、主軸中心に対し軸受端面直角度が出ていることを確認しておくこと。

- この状態で外輪を組み入れ、外輪を手で上下させ、内部残留すきま (r_1) を測定する。(図6.19参照)
- ハウジングへの外輪圧入後の推定軸受すきま r_2 は(6.12)式で計算する。(外輪収縮量 G を考慮したもの)

$$r_2 = r_1 - G \dots\dots\dots (6.12)$$

EX. 3

- 内部残留すきま r_1 は $r_1 = 0.030$,
- 外輪収縮量 $G = 0.0015$
- 推定軸受すきま r_2 は $r_2 = 0.030 - 0.0015 = 0.0285$

(3) 軸肩と内輪間の間座幅調整

主軸への軸受組立後すきまを所定の狙い値 (r) とするために、間座幅 L_n を(6.13)式により決定する。(図6.20, 図6.21参照)

$$L_n = L_1 + f \left(\frac{r - r_1}{G} \right) \dots\dots\dots (6.13)$$

($n = 2, 3, 4 \dots$)

なお、(6.13)式の f 値は下表による。

表6.3 f 値について

d_m / d の値	f の値
0 ~ 0.2	13
0.2 ~ 0.3	14
0.3 ~ 0.4	15
0.4 ~ 0.5	16
0.5 ~ 0.6	17
0.6 ~ 0.7	18

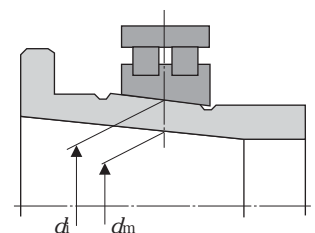


図6.21 d / d_m について

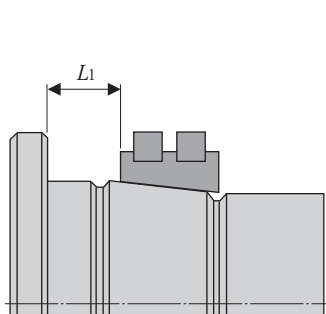


図6.18 軸受位置の測定

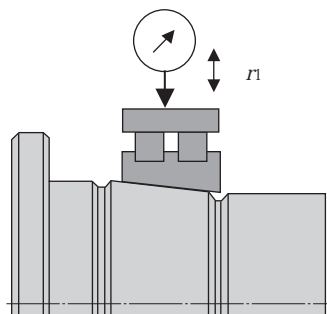


図6.19 軸受ラジアルすきまの測定

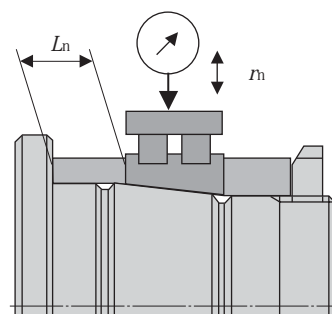


図6.20 間座挿入後のすきま測定

EX. 4

NN3020Kの場合、 $d = 100$ 、幅 $B = 37$ 、 $d_i = d + \frac{1}{12} \cdot \frac{B}{2}$ より、
 $d_i = 101.54717$ となる。

組立後のすきま狙い値 $= 0.015$ 、 $L_1 = 15$ 、 $d_m = 60$ 、
 $i = 0.0285$ とすると、 $d_m / d_i = 60 / 101.54717 = 0.5909$ より $f = 17$ となる。

よって、 $i = 0.015$ となる軸肩 - 内輪間座幅 L_n は以下の寸法となる。

$$L_n = 15 + 17 \times (0.015 - 0.0285) = 14.7705$$

(4) 間座挿入後の軸受すきま測定 (図6.20参照)

前項で求めた軸肩 - 内輪間座幅 L_n の間座を挿入し、間座が動かなくなるまで軸受内輪を締め込む。次に軸受外輪を手で上下動させ、内部残留すきま r_m を測定する。ハウジングへの外輪圧入後の推定軸受すきま r_n は次式で与えられる。

$$r_n = r_m - G \dots \dots \dots (6.14)$$

($n = 2, 3, 4 \dots$)

(5) 最終間座幅の調整

- (3)及び(4)項の内容を繰り返すことにより、間座幅 L_n を徐々に削り込み組立後軸受すきまを最終狙いすきま値に近づける。
- 図6.22のように間座幅と組立後すきまの関係プロットすると最終狙いすきまに対する間座幅が出しやすい。
 正すきまの場合：全数のころが転がらずに滑っている。
 すきま = 0の場合：約半数のころが転がり、残りは滑っている。
 負すきまの場合：全数のころが転がり、滑りはない。

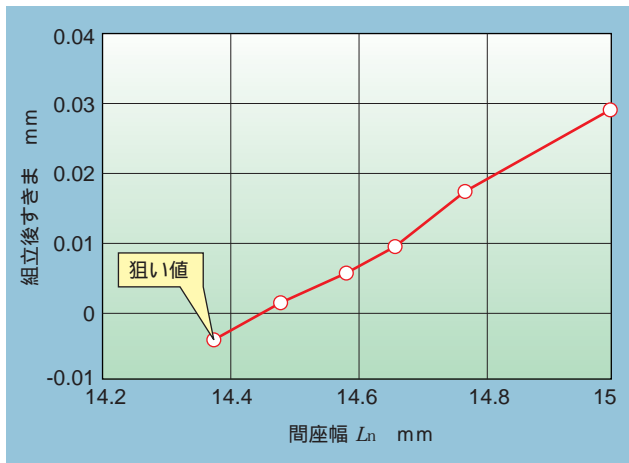


図6.22 間座幅 L_n と組立後すきま r_n の関係

残留内部すきまゲージによる方法

残留内部すきま測定ゲージは、円筒リングの一部を切断し、リングを開閉できるようにしてあり、円筒リングの内径面を測定部として使用します。(測定部でのすきま値とダイヤルゲージの表示値は一定の比率を示します。)その構成は、図6.23に示すように、リングゲージ、ダイヤルゲージ、アタッチメント部品からなっております。固定具とは、残留内部すきま測定ゲージを使用しない時に、何らかの外力が加わり変形するのを防止するものです。測定の際は固定具を取り外してご使用下さい。

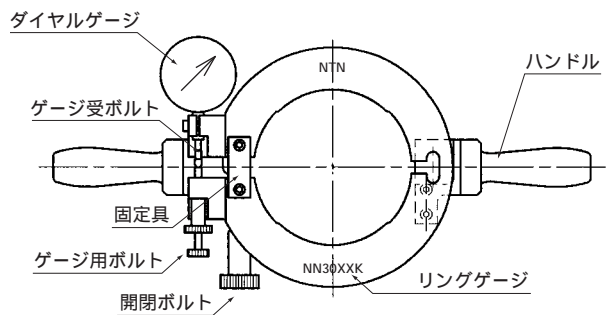


図6.23 残留内部すきま測定ゲージ各部名称

残留内部すきま測定ゲージの使用方法について

(1) 外輪溝径 (内径軌道直径) の測定

- 軸受の外輪をハウジングに組込む。
 (ハウジングを加熱すると、容易に組込むことができる)
- ハウジングに組込んだ外輪と、内輪の温度が等しいことを確認し、シリンダゲージで外輪の溝径(内径)を測定する。測定は数ヶ所行い、その平均値にシリンダゲージのダイヤルを0にセットする。



写真6.4

(2) 残留内部すきま調整ゲージのセット

- (1) で測定しセットしたシリンダゲージを、写真6.5のようにすきま調整ゲージの内径面にあて、開閉ボルトでシリンダゲージのダイヤルが0になるように開閉ボルトを調整する。
- シリンダゲージのダイヤルが0の状態では、すきま調整ゲージのダイヤルの指針が赤マーク(ゲージの補正量)を指すようにゲージ用ボルトを調整する。(写真6.6)
短針はゲージ用ボルトにて目盛2の付近になるよう調整する。

注意1) 写真6.6は内輪・ころが写っていますが、ダイヤルの指針は、シリンダゲージ挿入状態でダイヤルが0の読みで設定下さい。

注意2) ダイヤルの読み0の読みダイヤルの指針を赤マークに調整する理由は、実測する軸受とシリンダゲージの差による補正量です。補正量はゲージ毎に異なります。

注意3) ダイヤルの指針を赤マークに調整により、ダイヤルの読み0が軸受すきま0に相当します。

(3) 主軸スピンドルへの残留内部すきま調整ゲージのセット

- 内輪を主軸スピンドルに組込み、軸ナットを軽く締める。
- すきま調整ゲージの開閉ボルト(図6.23参照)を締むとゲージ内径が膨らむ。
0.15mm程度ゲージ内径を膨らませ、ころが傷つかないように内輪ころ外接部にゲージを挿入する。(写真6.7)
- 開閉ボルトを緩めるとゲージ内径は収縮する。
開閉ボルトを緩め、ゲージ内径が内輪ころ外接に接するようにセッティングする。
- すきま調整ゲージを軽く周方向に揺動させ、ダイヤルゲージの指針を安定化させる。

(4) 内輪のすきまセッティング

- 軸受にできるだけ衝撃を与えずに、主軸スピンドルの軸ナット(精密ロックナット等)を締め込む。
- 主軸スピンドルの軸ナットの締め込みは、すきま調整ゲージのダイヤルが0になるまで続ける。
- すきま調整ゲージのダイヤルが0になった時点で、再度調整ゲージをゆっくり揺動させ、測定値が正しいことを確認する。
- すきま調整ゲージの開閉ボルトを締め込み、ゲージ内径を膨らませ、内輪からゲージを抜き取る。

(5) 間座幅寸法の決定

- (4)ですきま調整ゲージのダイヤルが0になった内輪位置で内輪端面と軸肩までの寸法 l (図6.24)をブロックゲージで測定する。
- 寸法 l の測定は3ヶ所以上行い、その平均値に間座幅を仕上げる。
- 主軸スピンドルの軸ナット(精密ロックナット等)を緩

め、軸ナット、内輪間座、内輪を主軸スピンドルから取り外す。



写真6.5



写真6.6



写真6.7

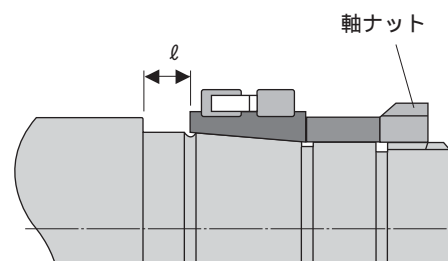


図6.24 間座幅寸法

(6) 正規組立及び組立後の内輪ころ外接円径の再確認

- 寸法に仕上げた正規間座を入れ、内輪、組立て用間座を入れ、軸ナットを締めつける。
- (3) 主軸スピンドルへの残留内部すきま調整ゲージのセット、(4) 内輪のすきまセッティングと同様の手順で内輪ころ外接円径の寸法を確認し、設定すきまの確認を行なう。なお、本工程は再確認作業であり、測定が安定すれば省略してもよい。

すきま表示係数と残留内部すきまの読みについて

(1) すきま表示係数について

NTN残留内部すきま調整ゲージは、構造上から軸受測定部のすきま値とダイヤルゲージのすきま表示値は1：2.5（すきま表示係数）となります。（残留内部すきまの2.5倍がダイヤルゲージのすきま読みとして表示されます。）参考までに、読替え表を表6.3に示します。

注：なお、形番によってはすきま表示係数が1：2.5とならないものもありますので注意下さい。（この場合、実測によるすきま表示係数を別途表記します。）

(2) 残留内部すきま値について(すきま表示値1：2.5の場合)

残留内部すきま値は、ダイヤルゲージの読みに対して以下の換算となります。

- CASE1：0点に対し、表示値が時計方向（C.W）にずれている場合（図6.25）ダイヤルゲージの読みの1/2.5が残留内部すきま（+）の値
 図6.25のダイヤルゲージの読み = 2.5
 残留内部すきま = $2.5 / 2.5 = (+) 1 \mu\text{m}$
- CASE2：0点に対し、表示値が反時計方向（C.C.W）にずれている場合（図6.26）ダイヤルゲージの読みの1/2.5が残留内部すきま（-）の値
 図6.26のダイヤルゲージの読み = 5.0
 残留内部すきま = $5.0 / 2.5 = (-) 2 \mu\text{m}$

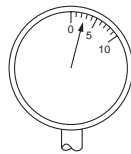


図6.25

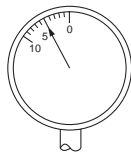


図6.26

表6.4 すきま読替え表

ダイヤルゲージの読み (μm)	測定部残留内部すきま値 (μm)	ダイヤルゲージの読み (μm)	測定部残留内部すきま値 (μm)
0.5	0.2	5.5	2.2
1.0	0.4	6.0	2.4
1.5	0.6	6.5	2.6
2.0	0.8	7.0	2.8
2.5	1.0	7.5	3.0
3.0	1.2	8.0	3.2
3.5	1.4	8.5	3.4
4.0	1.6	9.0	3.6
4.5	1.8	9.5	3.8
5.0	2.0	10.0	4.0

残留内部すきまの設定について

残留内部すきまを、マイナスまたはプラスの所定のすきまに設定する場合、すきま調整ゲージのセッティング時に、ダイヤルゲージの0点を『狙いすきま × 2.5』の値だけずらしておきます。

(2.5：すきま表示係数)

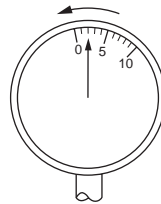


図6.27

マイナスすきま狙い

(残留内部すきま - 0.8 μm)

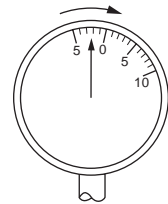


図6.28

プラスすきま狙い

(残留内部すきま + 1.0 μm)

<残留内部すきま調整ゲージの作業時の注意点及び保管について>

残留内部すきま調整ゲージの使用に際しては、以下の点に注意の上作業下さるようお願いいたします。

- シリンダゲージで測定した外輪溝径を残留内部すきま調整ゲージにセットする際には、ゲージの姿勢を縦置き（写真6.8）にして作業下さい。
- 残留内部すきま調整ゲージを使用しないときには、ゲージの姿勢を横置き（写真6.9）として下さい。また、作業終了後は、残留内部すきま調整ゲージを防錆処理し、湿度の低い所に保管するようにして下さい。



写真6.8 縦置き姿勢



写真6.9 横置き姿勢

⑧ 円筒ころ軸受テーパ穴と主軸テーパ角度

精密軸受の性能を発揮するためには、軸受が軸やハウジングに正しく取り付けられなければなりません。特にテーパ穴円筒ころ軸受を使用する場合は、主軸テーパを正確に仕上げると同時に軸受テーパ穴とのはめあいを確実にすることが主軸の高精度化のためには重要となってきます。NTNでは高精度を維持するためにも、軸受と同じ精度に仕上げられたテーパ軸用リングゲージの使用を推奨しています。また、リングゲージの精度を確認するため、プラグゲージも併せて用意しています。

精密円筒ころ軸受用テーパゲージについて

NTN精密円筒ころ軸受用テーパゲージはリングゲージ（雌ゲージ）とプラグゲージ（雄ゲージ）とから構成されています。（図6.29）

リングゲージを使用し、主軸テーパとの当たりをブリュー等で管理します。主軸と軸受の正確なはめあいが、主軸の高精度化を実現します。プラグゲージはリングゲージの精度確認用です。プラグゲージを使用し、リングゲージのテーパ精度の検証を行ないます。（図6.30）

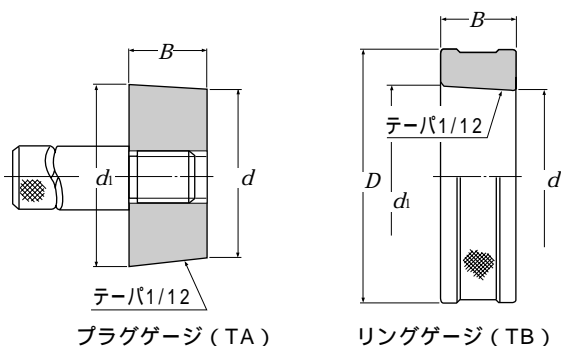


図6.29 テーパゲージ

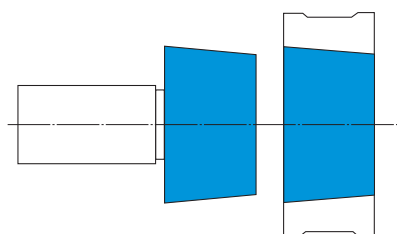


図6.30 テーパゲージのブリュータッチ

テーパ角度について

円筒ころ軸受テーパ穴及びテーパゲージのテーパ角度は以下の公差で製作されています。

- ・テーパ基準角度1/12 ($4^{\circ} 46' 18.8''$)
- ・精密円筒ころ軸受 (JIS 4級, 2級) 1/12 に対し $+12'' \pm 12''$
- ・テーパゲージ 1/12 に対し $+9'' \pm 3''$

円筒ころ軸受テーパ穴とテーパゲージのブリュータッチは一般的には図6.31のような小径当たり（小径側に強い当たり）となります。これは複列円筒ころ軸受内輪のころ真下部の肉厚差に配慮したもので、肉の厚い小径側を膨らみ易くするためです。

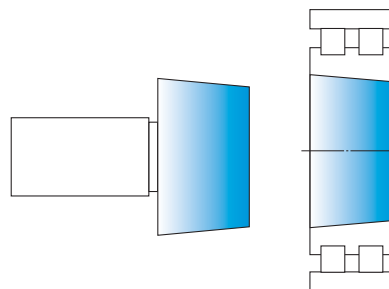


図6.31

主軸テーパ部のリングゲージによる管理

リングゲージを使用し、主軸テーパ角度を管理する場合、以下の手順で実施下さい。

- ・リングゲージのテーパ面を清浄にした後、相対4ヶ所にブリューを薄く塗布する。
- ・確認する軸テーパ面を清浄にした後、リングゲージを軽く挿入する。
- ・リングゲージを軽く回転する感じで軸テーパから引き抜く。
- ・軸テーパ面に付着したブリューの状況を確認する。
この時付着したブリューの上から透明テープを貼り付け、静かに剥がす。
透明テープを白い紙に貼り付け、ブリューの付着状況を確認する。
付着したブリューの状況が全体の80%以上であることを確認する。

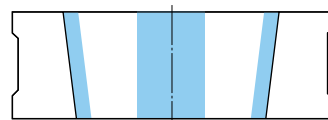


図6.32 リングゲージのブリュー塗布

表6.5 ブリュータッチ記録例

部位A	小	大
部位B	小	大
部位C	小	大
部位D	小	大

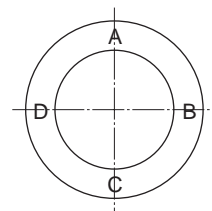


図6.33
ブリュー測定箇所

小：小径側，大：大径側

⑨ 主軸用軸受の慣らし運転

主軸軸受がグリス潤滑の場合には軸受の安定した運転を得るために、慣らし運転を行なう必要があります。

慣らし運転には次の方法があります。

- (1) 低速回転から順次回転数を上げ、温度が平衡になってから回転速度を上げる方法 (図6.34)
- (2) 最高回転速度付近まで数分間回し、これを2~3回繰り返して慣らし運転を行なう方法 (図6.35)

(1)の方法は温度上昇によるグリスの劣化は少ないですが、慣らし運転の時間が長いのが欠点です。一方(2)の方法は慣らし運転の時間を短縮できますが、立ち上がり時の急激な温度上昇は、潤滑剤を劣化させる可能性があります。

(1)と(2)の場合のデータ例を示します。

一般に温度測定は前蓋部で行なわれますが、軸受外輪の温度と前蓋部の温度差は2~3あり、また外輪外径と一番温度の高い回転体と内輪転走面の温度差は5~10程度と推定されます。したがってグリスの劣化を少なくする点から、前蓋部の温度が約60になれば機械を止め、しばらく冷えてから再び慣らし運転することを推奨します。

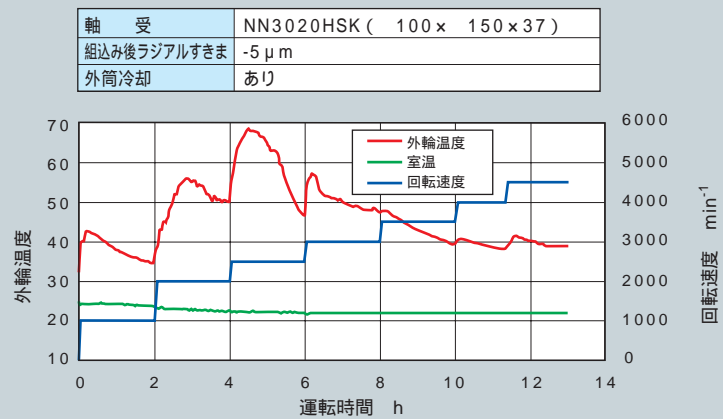
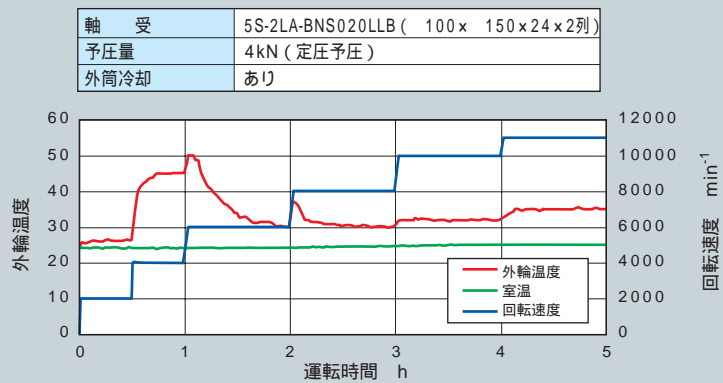
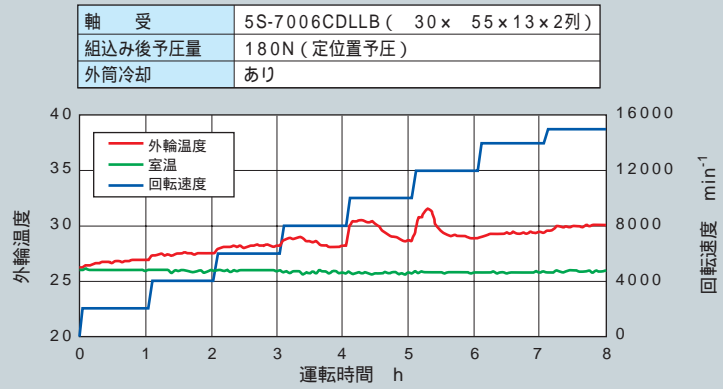


図6.34

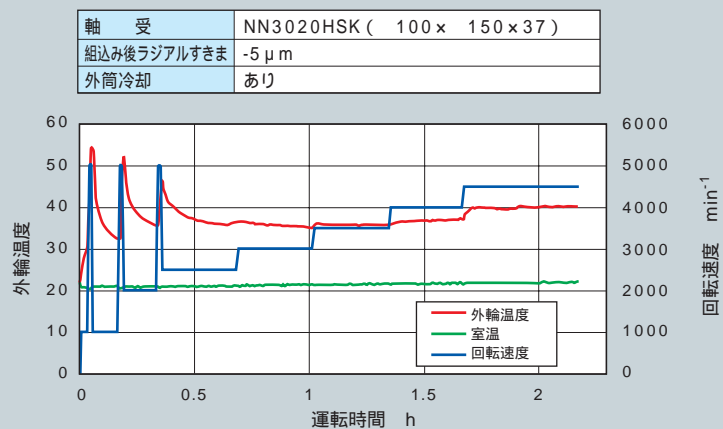


図6.35