

## 2 RU 密封形玉軸受について

光洋精工KK 岡 田 守  
孝 橋 徹  
中 本 寛

## 1. はじめに

グリース封入型ころがり軸受は、封入グリースの性能向上と相俟って運転保守費の軽減、騒音の低下とともに、軸受まわりの設計を簡潔化する有力な手段として、最近広く用いられるようになった。当社においても、従来より接触ゴムシール密封形のDDや、非接触鋼板またはプラスチックシールド密封形のZZ・ZZL・ZZU等のラジアル玉軸受を製作していたが、これらよりも一層優れた密封方式を求めて、非接触ゴムシール密封形のグリース封入ラジアル玉軸受2RUを開発した。

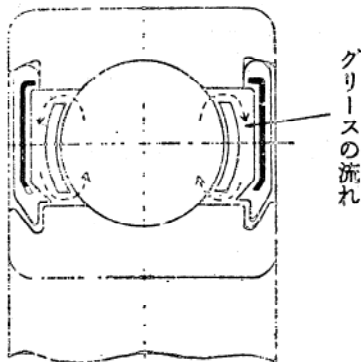
以下2RU玉軸受の構造、特徴およびその性能について実験した結果をとりまとめて報告する。

## 2. RU玉軸受の構造と特徴

## 2-1 構造

2RU玉軸受の概略の構造を図1に示す。

(1) シールのリップは二又になっており、一つは内輪外径との間にラビリンス効果を示すと同時にグリースの流れを誘導する役目を持つ（グリースをUターンさせる）が接触はしない。



グリースの流れ

なお、もし、シールと内輪が接触した場合でもシールはゴム製であるため軸受性能には悪影響を及ぼさない。

- (2) シールは芯金を内蔵し、強度を増加させてある。
- (3) 外輪とシールの嵌合はゴムの弾性で行なわれる。
- (4) 封入グリースはアルパニア2または3を標準とし、用途に応じて適宜封入できる。

## 2-2 特徴

2RU玉軸受は、従来からあるゴムシール軸受に比べ

(1) 非接触型であるから摩擦トルクが小さく温度上昇が低い。

(2) グリースをUターンさせる機構を有するからグリース洩れがはるかに少く、従って封入グリースを有効に利用できる。

(3) 上の2つから必然的に高速回転に耐える。

(4) シールと内輪との間に2重のラビリンス構造を有し、防塵性は同等またはそれ以上である。

(5) 運転、停止を繰返しても内部が負圧になることによるリップの吸い付けがない。従って、起動摩擦トルクが特に小さい。

(6) ゴムシールは、別にストップリング等を用いずに取り付け、取外しが可能である。

(7) ただ、非接触でスキマがあるから油潤滑の場合、オイルシールの代用はできない。

## 3. 2RU玉軸受の性能

## 3-1 試験条件

2RU玉軸受の各性能を試験するに当り、採用した条件は次のとおりである。

使用軸受 6203~6313

回転速度  $d_{mn} 5 \sim 55 \times 10^4$

封入グリース 表1参照

封入量 軸受空間容積の30~70%

試験温度 常温 グリース洩れについては別に高温試験(60~100°C)を追加した。

荷重 ラジアル荷重1.5~8 kg (各型番毎に一定)

組込試験に用いたモータ

4Pまたは2P 0.2~2.2KW

軸受による特性を明かにするため冷却ファン等を取外し、軸・軸箱にも一部加工したことがある。

## 3-2 摩擦トルク 温度上昇

単体の性能については、重錘光テコ式のラジアル摩擦試験機を用いた。光源から出た光がレンズを通過して、軸箱にとりつけた鏡で反射され、尺度上に結像するようになっている。軸を回転したとき、摩擦トルクによって重力と平衡する位置まで軸箱が傾くと尺度上の光点が移動

表 1

| グリース      | メーカ      | 稠度      | 石鹼基(備考)     |
|-----------|----------|---------|-------------|
| アルバニア 2   | シエル石油    | 265—295 | Li          |
| アルバニア 3   | 〃        | 220—250 | 〃           |
| サイプリナ 3   | 〃        | 〃       | 〃           |
| エアロシエル 11 | 〃        | 260—310 | 〃(基油=合成潤滑油) |
| アンドック C   | エソスタンダード | 190—220 | Na          |
| リマックス 3T  | 丸善石油     | 220—250 | Li          |
| マルチノック 2  | 日本石油     | 265—295 | 〃           |

して、その距離により、摩擦トルクの値を知ることができる。

軸箱上部に外輪まで達する孔を明け、サミスタ温度計によって外輪温度を測定した。従来の密封形軸受と比較した結果摩擦、昇温とも2RUはZZと同程度であって、ZZSやZZLよりも少し小さく、DDと比べると約半分に過ぎない。回転数の影響では、回転数が増すほど摩擦も大きくなり、大体回転数の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ 乗に比例して増加する。

封入グリースおよびその封入量によっても摩擦トルクに大きな差がある。サイプリナ3、エアロシエル11などは値小さく、かつ封入量の影響も少なく、低トルク用として秀れているが、アルバニア2、マルチノック2などは封入量が少くても大きい値を示す。

型番寸法による違いに対し、摩擦トルクに適用できる実験式として次式が得られた。

$$M=k(DW^2d_m)^{4/5}$$

M: 摩擦トルク (gr·cm)

DW: 球径 (mm)

$d_m$ : 軸受平均径 (mm)

k: 回転速度、封入グリース等によってきまる比例係数

アルバニア2またはマルチノック2を40%程度封入したとき、

1800 r.p.m. では  $k=0.25\sim 0.45$

### 3-3 ワットロスおよび組合せ摩擦トルク

2RU玉軸受の実用性能を知るため汎用モータに組込んで動力損失(無負荷運転時の消費電力)軸箱温度を測定した。

またモータなどに使用されるように2個1組として軸箱に組込み、軸方向に予圧した場合の摩擦損失、温度上昇なども調査した。この場合の摩擦は単体の摩擦トルクとやや異なるので、組合せトルクと呼んで区別した。

モータの消費電力(ワットロス)は、鉄損(磁気履歴)、銅損(渦電流)などの電磁気的な成分と通風損な

ど軸受部以外に基く機械的成分および軸受に起因するものの3つに分けられ、最後の項は無負荷運転の場合、全損失の15~30%程度と言われている。<sup>1)</sup>

このワットロスは組込んだ軸受2個の単体トルクの和としては簡単に表わせないので、実験の結果、組合せ摩擦トルクと良い相関のあることが明かとなった。

(1) 単体トルクと組合せトルクの関係 単純に考えれば、組合せトルクの大きさは単体トルクの和と等しいはずであるが、測定結果は前者の方が大きい。これはスラスト負荷のためにボール自転による保持器ポケット孔へのグリースの引込がラジアル負荷のみの場合の無負荷圏でも行なわれ、グリースの攪拌が著しくなるためと考えられる。

(2) ワットロスと組合せトルクの関係 組合せトルクは回転軸水平で、ワットロスは堅型モータで測定している。グリースの種類によってとくに柔かく流動しやすいエアロシエル11、マルチノック2などは回転軸垂直の場合封入量が多いと上側のシールからグリースが転走面に流入しやすいので軸水平のときよりグリースがよく攪拌されて、摩擦トルクは増加する傾向がある。アルバニア2も柔かいグリースであるが、洩れてしまうので、この傾向は認められない。

(3) 封入グリースの種類と量の影響 グリースの種類によってワットロスは相当大きく変化し、最大20Wに達する。またグリースの封入量がワットロスにおよぼす影響の大きく15Wも変化するグリースと、余り変化しないグリースがあり、サイプリナ3、エアロシエル11などが後者である。ワットロスの大きいものは温度高く、稼走も短い。

(4) 組合せトルクにおける回転数の影響 回転数の増加とともにトルクも増加し、その増加の割合はマルチノック2を除いてほぼ回転数の $\frac{1}{2}$ 乗に比例する。

玉軸受で回転数が摩擦トルクにおよぼす影響は、開放形、油潤滑の場合、油粘度と回転数の積のほぼ $\frac{1}{2}$ 乗に比例するとされているが、<sup>2)</sup>密封形グリース潤滑の場合は、

高速になる程潤滑剤の見掛粘度が油に比べて著しく低下するため、単体の場合と同様回転数のみに着目するときにはあたかもその $\frac{1}{2}$ 乗に比例するかのようには表われないかと思える。

スラスト荷重が増加してもトルクは僅かしか増加しない。その増加の割合は、荷重5kgについて約13 r·cm前後である、普通玉軸受の荷重が摩擦トルクに及ぼす影響は

$$\Delta M = 0.122W^{3/2}$$

$\Delta M$ : 摩擦トルクの変化(gr·cm)

$W$ : 等価ラジアル荷重(kg)

の式がSKFによって与えられている。<sup>2)</sup>

この式の計算値と測定結果は大体一致する。

### 3-4 グリース洩れ

3-2 に述べたラジアル摩擦試験機を主として利用し、摩擦・昇温試験と並行して行った他、モータに組込んだ場合、組合せ摩擦試験機を用いた場合などを調査した。

モータに組込んだ場合単体に比べて洩れが大きくなる原因を解明するため恒温槽を用いて、雰囲気温度を変えた試験も行った。

(1) 各種密封形と2RUの比較 従来の密封形と比べて2RUは非常に洩れが少い。

封入量30%のとき、1800 rpm ではほとんど洩れず、3600 rpm でもZZ1.2~2 gr., DD0.4~0.8 gr の洩れに対し、2RUは0.2 gr 以下である。また1800 rpm のとき、50%封入でもDDの半分以下、ZZのほぼ1割程度しか洩れない。

これは2RU独特のラビリンス構造が、ZZなどの簡単な密封形式はもちろん、DDのように接触摺動により、発熱してグリースの軟化流動を招きやすい形式よりも格段に優れている証拠と考えられる。

事実中速で適正グリース量封入のとき、常温では、グリースはリップ部に滲み出る程度である。

(2) モータに組込んだ場合のグリース洩れ。グリース洩れはいずれも単体の場合と似た傾向を示すが、モータに組込んだ場合かなり大きく表われるのは軸受雰囲気は単体の場合と異りかなり高温になるためと思われる。

(3) 高温におけるグリース洩れを調査した結果常温での単体試験結果に比べ、雰囲気温度が高くなるとかなり洩れ易くなることが分る。これは軸受温度の上昇に伴ってグリースが軟化流動し易くなること、機械的な剪断安定度が低下することなどの為と思われる。

(4) 総体に封入グリースによっても洩れ易さは異なるようであり、たとえばアルバニア2はやや洩れ易く、アルバニア3、マルチノック2がこれに次ぐ。エアロシエル11、サイプリナ3、リマックス3Tなどは優れている。アンドックCも洩れの少いグリースのようである。

### 3-5 防塵性

試験終了後のモータの分解状況はダストの雰囲気条件は非常に苛酷である。また、軸受の取付もロータ側のスリンガーを取外して直接シールにダストを吹きつけるようにしたので、ほとんどロータ側のシールから侵入したものが多かった。

大体異物の侵入は回転軸に沿って、シールのスキマから内輪肩を通り転送面に進むので、ラビリンスを設けてこの進行を遮断する2RUでは、ZZを始めとして他の非接触型のいずれよりも格段に優れ、内輪とシールが接触摺動するDDと同程度か或はそれ以上の防塵効果が得られる。

## 4. おわりに

以上グリース密封形の非接触シール軸受であるKOYO 2RUについて、その特徴と性能試験結果の一端を報告した。その結果、摩擦損失が低く密封効果が良くかつ高速回転が可能という最初目指した各項目に対し極めて優れた性能を示すことが確認された。

従って従来の密封形式では不満足である場合たとえば接触型シールでは摩擦・昇温が大きすぎるとか、単純な非接触型シールドではグリース洩れ、防塵性が良くない、といった使用箇所には、2RU玉軸受の採用によって、その特徴が遺憾なく発揮され、優れた成績を納め得るものと確信する次第である。

## 文 献

- 1) 機械工学便覧 第3版(S26), 20~38頁
- 2) A. Palmgren: VDI Berichte 20 (1957) 117頁