

## 自律分散式転がり軸受（ADB）の水浴動作試験

### 1. はじめに

自律分散式転がり軸受（ADB）は、通常の潤滑油よりも白灯油で潤滑した方が低摩擦になる。これは転がり本来の特性（油が摩擦の原因）であって、ADB が転がり軸受中のすべり摩擦を殆ど排除していることにより現出したもの、と考えられる。

今回、白灯油と同様に潤滑性能が悪く、混入による損傷が頻繁にみられる水（水道水）環境での比較試験を実施したので報告する。

### 2. 評価方法

軸受 2 個の外輪の間に波ワッシャーを挿み、内輪の間隔をシム調整して、ばね予圧を付与し、試験軸とした。

これを、水道水を満たしたアクリルケース内のハウジングに収め、上部のスピンデルにより軸（＝内輪）を回転させた。

ハウジングは、外輪のクリープによる発塵、及び芯振れによるラジアル負荷が掛ることを防ぐため、シリコンゴム製として弾性的に外輪を保持した。（fig 1）

1 回の評価で組付ける軸受は、同一仕様の 2 個とした。これは、一方の軸受の摩耗粉が水の循環によって他方に影響するからである。また、波ワッシャー等の試験装置はばらつきによる誤差を防ぐため、同一品を使用した。

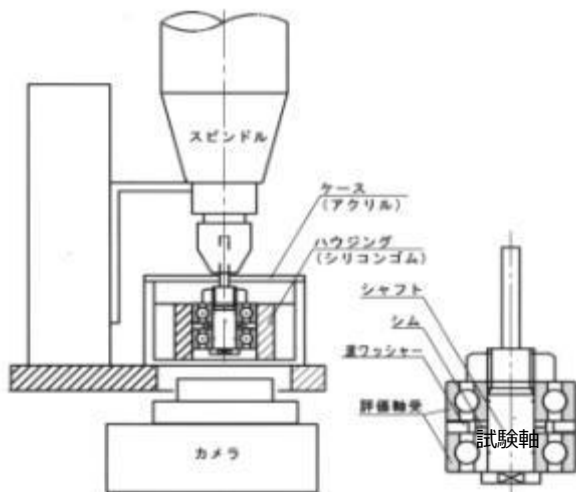


Fig 1 評価装置

### 3. 評価仕様

- 1) 軸受 : ミニアチュア玉軸受 608  
(外径 22, 内径 8, 幅 7 mm SUS 品では無い)
  - ① ADB No1: 接触点変化路オフセット 0.2mm 2 個
  - ② ADB No2: 接触点変化路オフセット 0.5mm 2 個  
(保持器を改造)
  - ③ 比較品: 保持器付従来品 (市販品) 2 個
  - ④ 比較品: 保持器無従来品 (保持器のみ撤去) 2 個
- 2) 負荷 : 軸方向 約 10N  
(波ワッシャー撓み 0.3mm での計算値)
- 3) 回転速度  $8000 \text{ min}^{-1}$  24min 連続運転  
(回転速度は調速機仕様値)
- 4) 前処理: 評価軸受とケースに入る部品は全て、  
白灯油洗浄⇒石鹼水洗浄 2 回⇒流水洗浄を実施。

### 4. ADB の仕様

#### 1) 玉数

評価品は玉数が軌道周長の約半分しかなく、保持器により玉を分散配置する、深溝軸受タイプである。このタイプは保持器を外すと、玉が偏った場合に内外輪が分離する心配があるが、玉入れ溝を設けて、玉を追加することにより、分離を防ぐと同時に、負荷容量を大きくすることができる。（fig 2）



Fig 2 玉の偏り、玉入れ溝

しかしながら今回は、比較条件を合わせるために、玉入れ溝を設けず、玉も増やしていないが、試験中に内外輪が分離することは無かった。

なお、玉入れ溝を設けた軸受は、ホームページより以下の Video が見られるので、参照頂きたい。

“5. ボール数 2 倍、トルク半減”

“6. 真空グリースでの速度－トルク特性”

#### 2) 接触点変化路の位置

接触点変化路は ADB の要であり、軌道の玉が通過する部分に設ける。

軸受がラジアル負荷のみを受ける場合、玉は軌道の中央を通過するが、本評価の様にアキシャル負荷を伴う場合、玉通過位置は軸受の内部隙間に応じて変わる。

本仕様の玉通過位置は大凡  $\pm 0.8 \text{ mm}$  の範囲にあるが、個々の値は未知であるので、性能の相違を確認するため、接触点変化路の軌道中央からのオフセット量位置  $\Delta y$  を、No.1 :  $\Delta y = 0.2 \text{ mm}$ , No.2 :  $\Delta y = 0.5 \text{ mm}$  とした。（Fig 3）

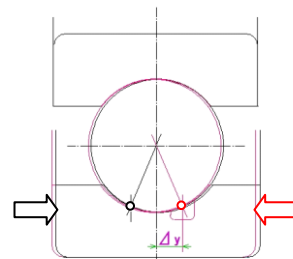


Fig 3 接触点と接触点変化路の位置

#### 3) 接触点変化路の寸法

玉同士に 0.1mm 程度の隙間を作る想定で下記とした。

幅 約 0.6mm  
長さ 約 4mm

## 5. 結果

### 1) 静トルク

試験後の軸を水平に固定し、軸受外輪に巻きつけた糸に重りを付けて、静トルクを測定した。ひっかかりが生じた個所で重りを増してゆき、外輪が回転し始める直前の質量×外輪半径＝静トルク、である。

結果を、新品の保持器付の測定値（防錆油塗布、及び脱脂後水浴）と共に Fig 4 に示す。

- ・保持器付従来品は、新品水浴品に対し 2.0 倍超となった。触感でも強い引っかかりがあった。
- ・保持器無従来品は、新品水浴品の 2 倍強を示し、触感でも引っかかりを感じた。
- ・ADB は No.1, 2 共、新品水浴品（従来品）との、数値上、及び触感上の相違が見られなかった。

なお、本評価の ADB は回転時の遠心力により玉同士を非接触とするものであるが、静トルク測定では遠心力が働かず玉同士が接触するので、ADB 本来の性能評価では無い。

よって、fig 4 の ADB の値自体に意味は無いが、従来品との比較により、軸受が試験中に受けた損傷の程度は分る。

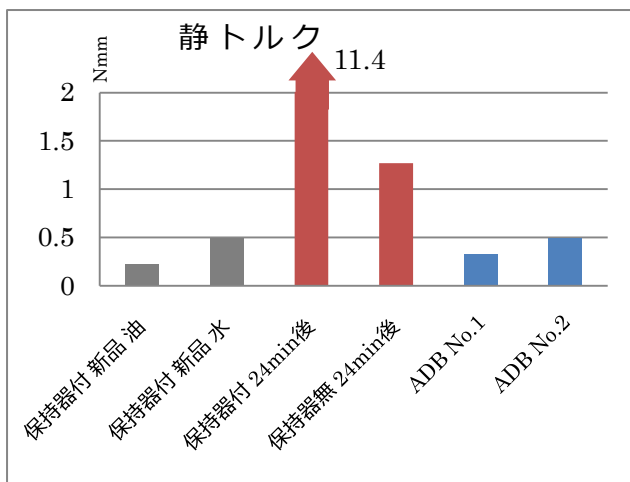


Fig 4 静トルク特性

### 2) 外観

次ページ以降、Fig 6～9 に各軸受の写真を示す。

上段の全体写真は評価直後の状態、各部品はウエスで拭いた後の写真である。

- ・保持器付従来品は、A 側、B 側共、錆が著しい。特に A 側は拭き取りで除去されない錆である。
- ・保持器無従来品は、上記より軽度ではあるが主に B 側に拭き取りで除去されない錆がある。
- ・ADB は、No.1, 2 に外観上の相違は無く、共に錆が少なかった。

なお、本試験の様子は、ホームページより、Video “7. 水浴試験” でご覧下さい。

## 6. まとめと考察

### 1) 静トルクと錆

ミニチュア玉軸受 608 (SUS では無い) の ADB 仕様の水浴動作試験を、保持器付従来品、及び保持器無従来品と共に実施した。

結果、従来品は、2 倍（保持器無）から 2.0 倍（保持器付）以上の静トルクの増加（引っかかり）と激しい錆の発生が見られたのに対し、ADB の静トルクは増加が見られず、錆も軽度であった。

以下に、この理由を考察する。

水潤滑の場合、玉と軌道、玉と保持器、又は玉同士の接触部は、水の粘度が低いことにより金属凝着を多数含む境界潤滑であること、そして境界潤滑において摩擦力は安定せず、激しく変動しているはずである。

この状況において従来軸受は、玉と保持器の摩擦が、軌道との摩擦より大きくなる瞬間に、玉と軌道面が滑ると考えられ、その際に凝着部が引きちぎられ、露出した新生面が水と反応し、錆 ( $2\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) が生成される。

結果、錆によって軌道面や玉表面の平滑性が悪化し、静トルクが高くなったと思われる。

一方 ADB の玉と軌道面は殆ど滑らないので、金属表面（酸化膜 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) で覆われ不活性化している。Fig 5<sup>1)</sup>）が破られ難く、錆が軽度であった、と推測出来る。

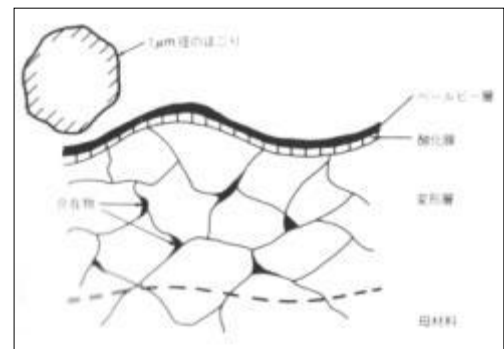


Fig 5 金属表面

### 2) 玉通過位置と接触点変化路の位置

接触点変化路の位置が異なる 2 種類の ADB の相違は明確では無かった。

玉通過位置は、先に記した軸受の内部隙間の他、外部負荷、回転速度（玉の遠心力）等により変化するが、本試験においては、接触点変化路の位置ずれは、従来品の錆の問題に比べて些細な事項であった。

## 7. あとがき

今回のテーマ、“水⇒錆”は非常にポピュラーな問題です。よって、同様にポピュラーな深溝タイプ（ADB 化の問合せが最も多い）の軸受で評価しました。

結果、ADB は、材質に頼らない初めての錆対策だと思います。それでも錆の発生を防げるものではないので、実用化においては、既存の対策軸受（SUS/樹脂 材質、シール、グリース等）をベースに ADB 化するべきです。

お客様がご使用中の軸受について、これを実施したく、ご要望をお待ちしております。

## 参考文献

- 1) トライボロジー J.ホリック, 松永正久 著 近代科学社



Fig 6 保持器付 従来品 8000min<sup>-1</sup> 24min 後





Fig 7 保持器無 従来品 8000min<sup>-1</sup> 24min 後



Fig 8 ADB No.1 8000min<sup>-1</sup> 24min 後





Fig 9 ADB No.2 8000min<sup>-1</sup> 24min 後