

オートマチック・トランスミッション・ カウンタードリブン用複列円すいころ軸受

Double Row Tapered Roller Bearing of Counter Driven Shaft
for Automatic-Transmission of Automobile

キーワード

円すいころ軸受、複列円すいころ軸受、低トルク、トランスミッション、
長寿命

軸受製造所技術部

町 哲一

1. はじめに

自動車用オートマチックトランスミッション（以下 A/T）は変速フィーリングの向上、効率化、コンパクト化が進んでいる。

A/T のカウンタードリブンに使用される軸受としては、コンパクトであること、ラジアル荷重とアキシャル荷重の合成荷重下での剛性と寿命に優れること、そして省エネにも貢献することが要求される。不二越では従来より、自動車用円すいころ軸受として特殊熱処理による長寿命化、滑り摩擦部の粗さ向上による低トルク化、外部荷重に適した内部設計の確立による寿命とトルクの最適化を行ってきた。この培ってきたノウハウを生かして A/T カウンタードリブン用複列円すいころ軸受を開発したので、ここに紹介する。

2. 軸受の構造

A/T の代表的構造を図 1 に示す。軸受にはラジアル荷重とアキシャル荷重が負荷される。また、4 速の時は外内輪が伴回りとなり、フレッチングを発生し易い状態となる。従来品は単列軸受 2 個の組み合わせであったが開発品は複列円すいころ軸受とした。（図 2）

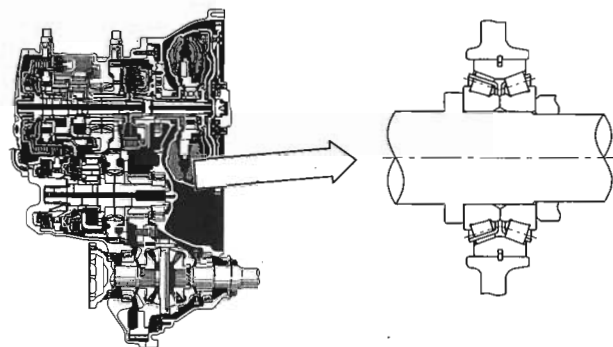


図 1

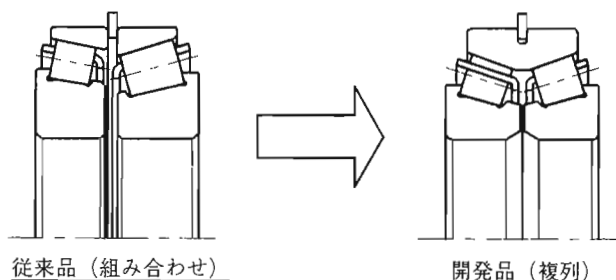


図 2

3. 開発の狙い

従来品に対して開発品の狙いは次の項目である。

- (1) 予圧調整を不要として、組付け性を向上する。
- (2) 外部荷重に対して予圧の変化しない軸受の構造とする。

- (3) 外部荷重に適した最適な内部設計にすることにより
- ①損失トルクを低減する
 - ②総合寿命を向上する
 - ③モーメント剛性は同等以上とする
- (4) 従来品と同様に、低トルク仕様と特殊熱処理の技術を取り入れる。

4. 軸受の特徴

4.1 組付け性の向上

従来品の組み合わせ軸受は、組付け時に起動トルクによる予圧管理が必要となる。

開発品は、内輪を締め切りにしたときに適正な予圧となるように予めアキシャルすきまを調整してあり、組付け時の予圧調整が不要である。

4.2 外部荷重による予圧変化が生じない構造

軸受の外部荷重を図3に示す。従来品は外部荷重Fa3により予圧が上昇し、一度予圧が上昇すると外部荷重Fa3が低下しても予圧は元に戻らない場合がある。円すいころ軸受は予圧が一定以上に上昇すると急激に寿命低下を生じる。

開発品は内輪が締め切りの状態にあるため、外部荷重Fa3が負荷されても予圧は変化しない。

そのため、安定した寿命が保証される。

また、従来品は外部荷重Fa3が負荷されても予圧過大とならないように予圧を小さくしていたためフ

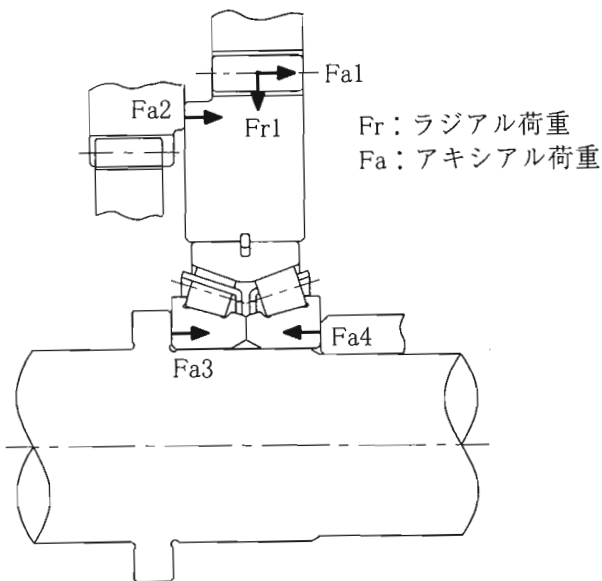


図3

レッチングに対して不利であったが、開発品は適正な予圧を安定して維持することにより、フレッチングに強い軸受となる。

4.3 外部荷重に最適な設計による低トルク化

円すいころ軸受でのトルクの要素は表1に分類できる。このトルク要素のうち、保持器の摺動摩擦によるものと潤滑剤の攪拌抵抗を除外すればトルクは表2に示す理論式で表される。このトルクの理論値は実験値とも一致することが検証されている。

このトルク理論式を活用して、接触角、ころ径、ころ長さを改善して従来品よりも低トルクの軸受とした。(図4)

表1 円すいころ軸受のトルクの要素

トルクの要素	トルクの要因
転動体が外力を支持することによるもの	弾性ヒステリシスによるもの
摺動摩擦によるもの	保持器摺動摩擦によるもの
潤滑剤によるもの	EHL 油膜厚みのせん断抵抗によるもの(ころの大端面と内輪案内つばとの接触部で生じるもの) 必要最小油量以上の潤滑剤の攪拌抵抗

表2 円すいころ軸受のトルク理論式

$$T = T_R + T_S$$

$$T_R = f_R \cdot \ell^{0.69} \cdot \left[\frac{dpc}{\cos \alpha} \right]^{1.69} \cdot \Sigma Q^{0.31} \cdot (v \cdot n)^{0.69}$$

$$T_S = e \cdot \mu_0 \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha \cdot \Sigma Q \cdot \exp(-1.8 \Lambda r^{1.2})$$

- T : 損失トルク(N・mm)
- T_R : 転がりによる摩擦抵抗(N・mm)
- T_S : 滑りによる摩擦抵抗(N・mm)
- f_R : 約 8.834×10⁻⁸
- ℓ : ころ有効長さ(mm)
- dpc : 転動体ピッチ円径(mm)
- α : 軸受接触角(°)
- Q : 転動体荷重(N)
- v : 潤滑剤の動粘度(mm²/sec)
- n : 回転数(rpm)
- e : ころ大端面と内輪案内つばの当たり長さ(mm)
- μ₀ : 起動時の摩擦係数
- θ : ころの円すい半角(°)
- Λr : 内輪つばの油膜パラメータ

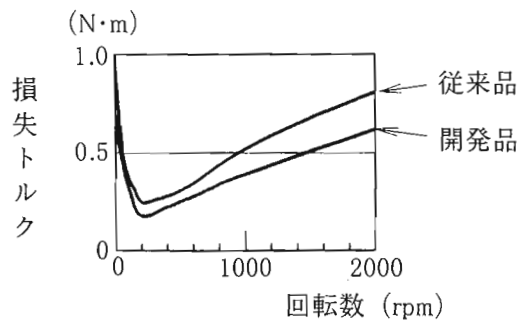


図4

4.4 総合寿命の向上

開発品の損失トルクを低減するために、接触角、ころ径、ころ長さを改善した。これらの設計諸元を選定する際には外部荷重に対して総合寿命が従来品以上になるようにした。(図5)

従来品と開発品では予圧に対する寿命の低下する比率が異なる。これは従来品では図3の外部荷重Fa3が予圧として作用するのに対して、開発品ではFa3は内輪で受けるために寿命に影響を与えない事による。(図6)

4.5 モーメント剛性

開発品のモーメント剛性は従来品と比較して同等以上である。(図7)

4.6 低トルク仕様の取り込み

表2のトルク理論式にある T_s (滑りによる摩擦抵抗)

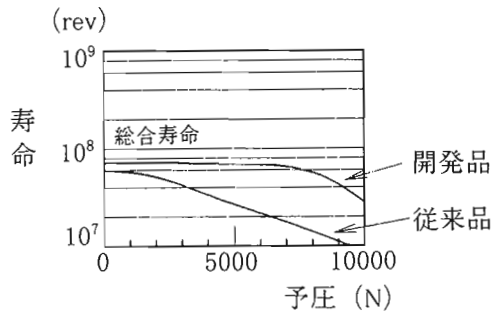


図5

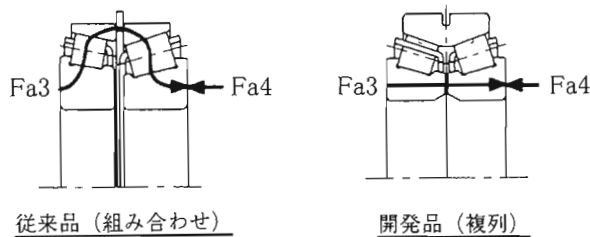


図6

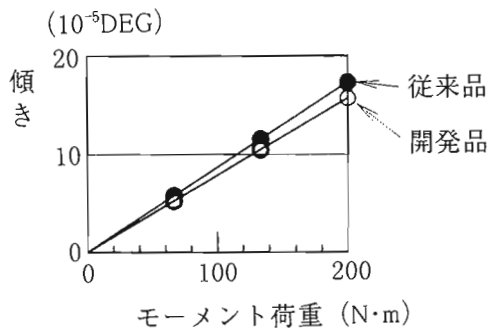


図7

抗)を低減させるためには e (ころ大端面と内輪案内つばの当たり長さ)を小さくすること(図8)、および Ar (内輪つばの油膜パラメータ)を大きくすることで効果が出せることが分かる。 Ar を大きくするためには、滑りを生じているころの大端面と内輪案内つばの粗さを改善している。 Ar を大きくするための e の極小化と粗さの改善は従来品に取り入れてきた技術であり、開発品でも採用している。

4.7 特殊熱処理の技術の取り込み

特殊熱処理とは、材料の表面に炭素と窒素を浸透させて、軌道表面に硬い炭窒化物を形成し、マトリックスを強化して、耐圧性、耐摩耗性を与えると同時に、高温使用時における軟化抵抗性を与えて転がり疲れ寿命を向上させることを目的とした。不二越ではこの技術を確認しており、開発品に採用した。

5. おわりに

軸受の構造と内部設計をより適正なものにすることにより、開発品は従来品よりも組付け性の向上、損失トルクの低減、総合寿命の向上を実現できた。今後、この軸受の使用分野を拡大し、他のユニットへの展開を進めていきたい。

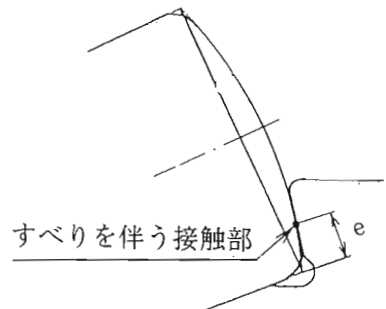
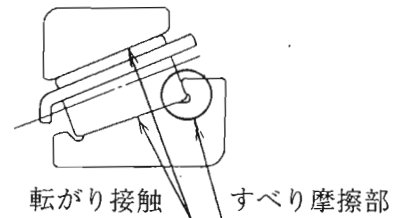


図8