

低フリクション・一方クラッチの開発

Development of Low Friction One-Way Clutches

池田尚明 T. IKEDA 合田憲和 N. GOUDA

With the growing needs of improvement in automotive fuel efficiency, drive train systems are more and more required of improvement in transmission efficiency.

As for one-way clutches for automatic transmission systems, it is required to reduce the friction (drag torque). Koyo has succeeded in developing low friction one-way clutches to cope with this need.

One-way clutches achieved 50% reduction in friction, 50% improvement in anti-seizure performance, while maintaining equivalent abrasion resistance. Therefore, one-way clutches achieved low friction, also satisfied endurance performance.

Key Words: one-way clutch, low friction, automatic transmission

1. はじめに

スプラグ形一方クラッチは主として自動車のオートマチックトランスミッション(図1)に使用されており、当社はKWシリーズ(図2)、KXシリーズの2種類の一方クラッチを商品化している。

一方クラッチとは、円筒形の内輪と外輪の間に組付けてトルクを伝達・遮断する機能部品で、一方向の回転に対してはトルクを伝え、逆方向の回転に対しては空転してトルクを遮断する機能を持っている。

近年、自動車の燃費向上対策としてドライブトレイン系では伝達効率向上の要求が高まっている。したがって、AT用一方クラッチにおいても、空転時のフリクション(ひきずりトルク)低減取組みが必要となっている。

ここでは、これらのニーズに対応するために一方クラッチの構成部品であるエンドベアリングに着目した低フリクション一方クラッチに関する開発結果を紹介する。

2. フリクション要因の分析

フリクション低減を実現するために、まずは一方クラッチのフリクションの要因分析を行った。

図3に一方クラッチがしゅう動する相手側である内外輪との状況を示す。これより、一方クラッチと相手側とのしゅう動部はスプラグとエンドベアリングの2種類であることがわかる。

次にスプラグとエンドベアリングについて、フリクションの要因を図4のように分類するとともに、それぞれの影響度合を図5の通り実測結果に

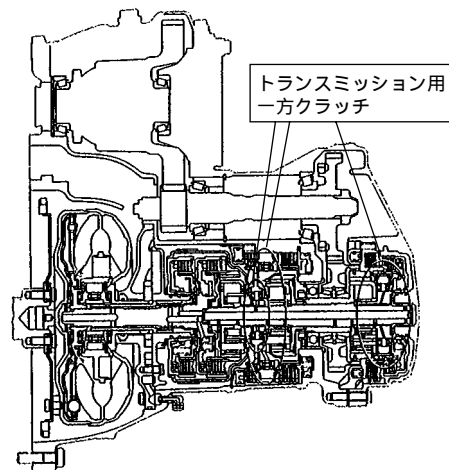


図1 ATの構造

Structure of automatic transmission

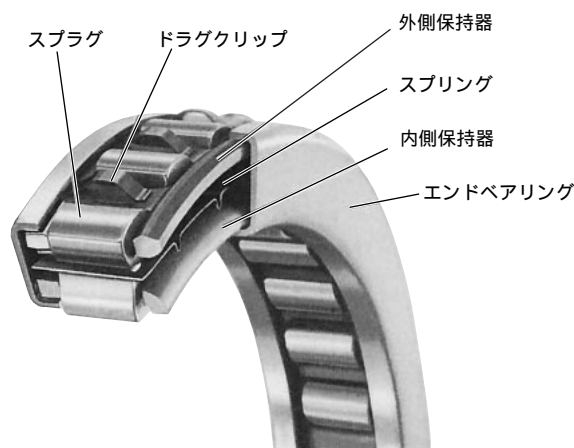


図2 KWシリーズ一方クラッチ

KW series one-way clutch

より比較した。

結果，エンドベアリングがフリクションの大きな要因となっていることがわかった。

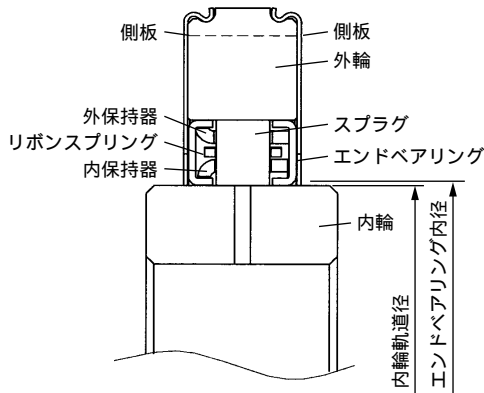


図3 一方クラッチと内外輪
One-way clutch and inner/outer ring

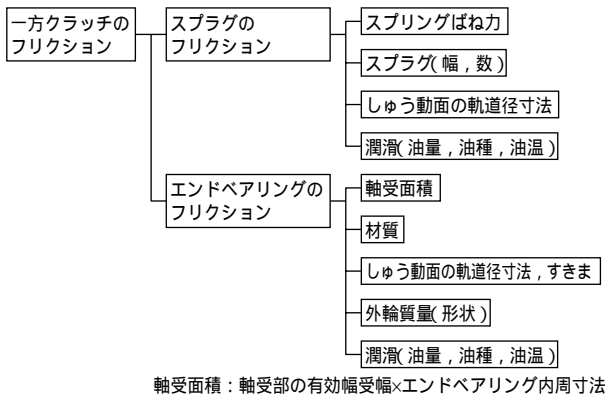


図4 フリクション要因
Friction factors

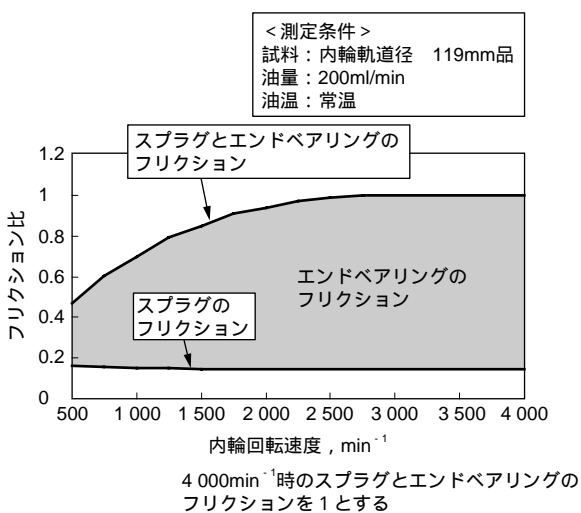


図5 スプラグとエンドベアリングのフリクション比
Friction ratio of sprags and end bearings

3. フリクション低減手法の検討

3.1 フリクション低減に対する考え方

エンドベアリングのフリクションは主に内輪とのしゅう動により発生しており，このときの状態は(1)式で示すニュートン流体と考えられる。

$$F = \mu AU / h \dots\dots\dots(1)^{1)}$$

- F : 粘性抵抗 (回転抵抗)
- μ : 粘性係数
- A : せん断面積
- U : せん断速度
- h : すきまの厚さ

(1)式より，フリクションとなる粘性抵抗Fは，
・せん断面積Aとせん断速度Uに比例
・すきまの厚さhに逆比例

することがわかる。

したがって製品側としては，フリクション発生要因となるエンドベアリング軸受面積の改良が必要となる。

3.2 デザインの検討

デザイン検討は，生産性確保・要求機能確保の観点から，エンドベアリング内径しゅう動面にプレス加工で溝を付与する手法を選定した。

溝は，潤滑性を改良する軸方向溝(図6)と油を保持する円周方向溝(図7)の2種類で効果確認を実施した。

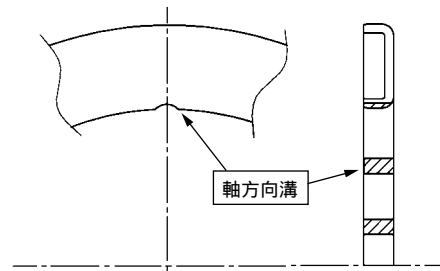


図6 軸方向溝のデザイン
Axial grooves design

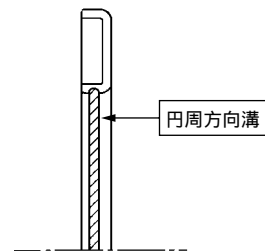


図7 円周方向溝のデザイン
Circumferential groove design

結果は、図8の通りとも軸受面積低下によるフリクション低減を確認した。

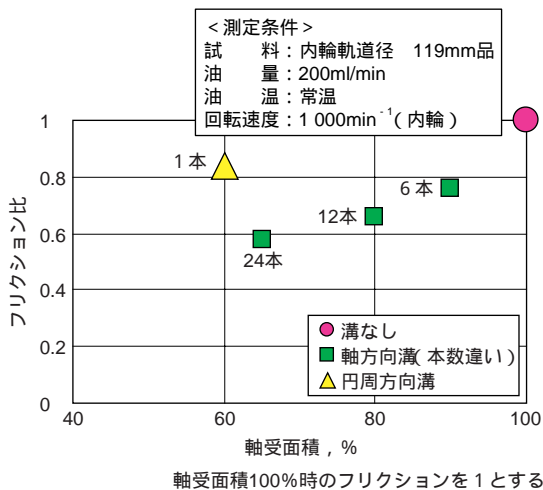


図8 軸受面積とフリクション比との関係
Bearing area and friction ratio

ここで、エンドベアリングと内輪とのしゅう動に関しては、そのすきまにより、内輪側で積極的にしゅう動するように設計されている。

したがってフリクション低減のために、エンドベアリング内径しゅう動面に関し、次のようなデザインの検討を行う必要がある。

- ・しゅう動面積を小さくする
- ・しゅう動面のせん断速度を下げる
- ・従来からあるエンドベアリングへの要求機能を満足する

エンドベアリングの要求機能

- ・すべり軸受としてラジアル荷重を支持
- ・スプラグスペースを一定に保つ

最終的なデザインとしては、フリクション低減と要求機能の両立を目的に、軸方向溝と円周方向溝の両方を合わせた十字溝とした(図9)。また、低減目標は50%とし、軸受面積も約50%となるように軸方向溝本数を設定した。

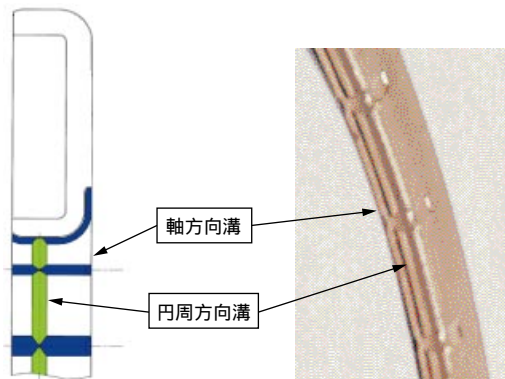


図9 開発品のエンドベアリングデザイン
Design of developed end bearing

4. 開発結果

4.1 フリクション低減結果

十字溝を付与したエンドベアリング開発品と溝なしの従来品にてフリクション測定を実施した。この結果、図10の通り開発品は従来品よりもフリクションを約50%低減することができた。

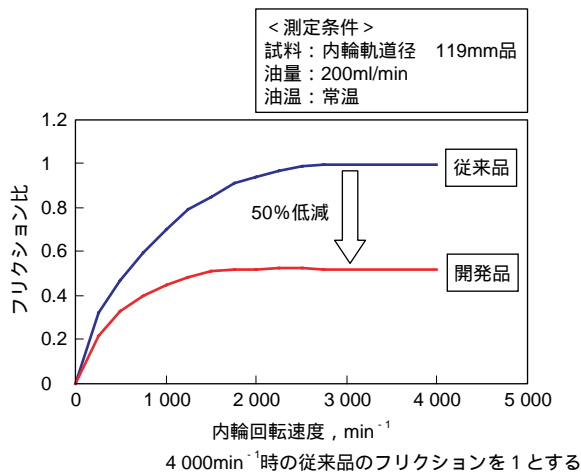


図10 内輪回転数とフリクション比との関係
Inner ring rotational speed and friction ratio

4.2 耐久評価結果

前述のエンドベアリング要求機能より、検証確認ポイントは耐焼付き性と耐摩耗性になる。

耐焼付き性に関しては、潤滑性能への影響を確認するため、大きなアンバランス荷重を付与し、給油量を少なくし、内輪回転をUP & DOWNさせる条件で、焼付き発生までの繰返し数で溝有無の優位差を検証した。結果は図11の通り開発品は従来品よりも約50%耐焼付き性が向上することを確認した。

耐摩耗性に関しては、しゅう動面の摩耗性への影響を確認するため、アンバランス量を付与し、内輪回転を3水準にてUP & DOWNさせる条件で、エンドベアリング内径しゅう動面の摩耗量を検証した。結果は、図12の通り要求仕様のアンバランス荷重を付与しない場合と付与した場合のしゅう動面の摩耗量は従来品、開発品ともに同等レベルであった。

これらの結果より、開発品は低フリクションかつエンドベアリングの要求性能を満足することを確認できた。

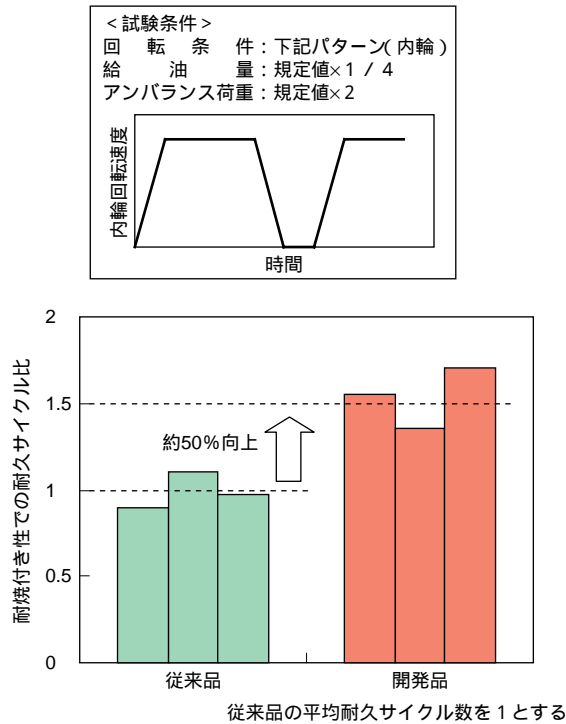


図11 耐焼付き性試験結果

Anti-seizure performance

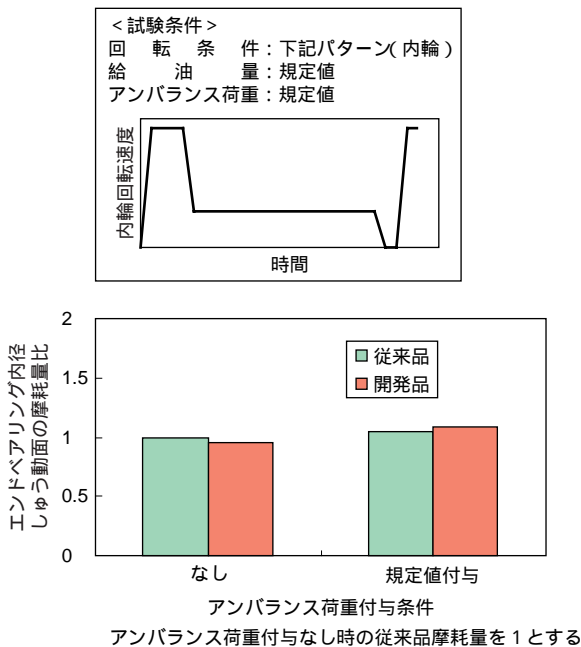


図12 耐摩耗性試験結果

Abrasion resistance performance

5. おわりに

本開発において、一方クラッチに要求される耐久性能を満足しつつ、フリクション低減を実現させることができた。フリクション低減手法での検討の通り、軸方向溝本数の増加によりさらなるフリクション低減も可能であるが、これには耐久性との両立が不可欠となる。

今後の課題としては、各アプリケーションにて最適な溝仕様を検討できるように、理論面での追究を実施していく必要がある。

参考文献

- 1) 森 美郎：潤滑，vol. 12，no. 10 (1967) 11.

筆者



池田尚明*
T. IKEDA



合田憲和**
N. GOUDA

* 軸受事業本部 自動車軸受技術部

** 軸受事業本部 解析技術部