

グリース改良によるハブベアリングの低フリクション化技術

Low Friction Technology of Improved Grease for HUB Bearings

NTN 株式会社 (正) *川村 隆之 (正) 関 誠 (正) 近藤 涼太

Takayuki Kawamura*, Makoto Seki*, Ryouta Kondou*

*NTN Corporation

1. はじめに

近年、カーボンニュートラルの実現に向けて、グローバルで自動車の燃費や電費向上への要求が高まり、車両走行時の消費エネルギーの削減が益々重要になっている。タイヤの回転を支えるハブベアリングには基本性能である強度や寿命を満たした上で、更なるトルク低減が求められている。

ハブベアリング (Fig.1) のトルクは、①軸受部の転がり抵抗と②シール部のすべり抵抗に大きく分けられ、これまで軸受諸元、シールリップなどの設計変更による低トルク化を進めてきた。

本稿では、ラビリンス形状の新シールとの組合せで大幅に低トルク化させたハブベアリングの開発¹⁾において、玉軸受内グリースの存在状態が軸受トルクに大きく影響する実験結果²⁾に着目して開発した、グリースによる低フリクション化技術を報告する。

2. 本技術の設計コンセプト³⁾

Table 1 にハブベアリングに求められる耐久性維持と低フリクションの両立を目的とした新開発グリースの設計コンセプトを示す。単なる基油の低粘度化は、油膜形成不足に伴い鋼同士の接触頻度が増して短寿命となるリスクが高まるため、グリースの粘弾特性や基油の分子構造に着目し、低トルク化させた。2.1, 2.2 項に本グリース設計コンセプトの根拠となる実験例を示す。

Table 1 Concept of designing low friction grease

Improvements	Specific measures	Rationale
Lower shear stress of grease around cage pocket	Reduction of grease viscosity	2.1.1
	Faster transition to channeling state (Reduction of grease amount) ⇒Higher yield stress	2.1.2
Lower traction	Use of base oil with more linear molecular structure	2.2

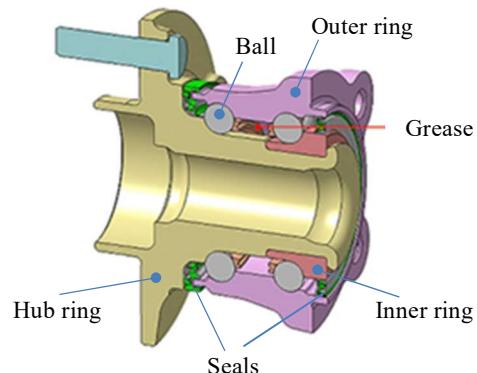


Fig.1 Example of the 3rd generation hub bearing structure

2.1 玉と保持器ポケット面間に介在するグリースのせん断応力低減

軸受内のグリース存在状態は、チャーニング状態(高トルク)とチャンネリング状態(低トルク)に大別される。この違いを明確にするために、グリース以外の構成部材をすべて樹脂製にした玉軸受を用いて、トルク測定とグリース付着状態のX線CT観察を行った(Figs.2,3)。その結果、低トルク化には「玉と保持器ポケット面間に介在するグリース」のせん断応力低減が必要であることがわかった。

すなわち、①グリース粘度の低減、②チャンネリング状態への移行の迅速化(介在するグリース量の低減)が有効と考えられる。組成/性状の異なる4種類(Grease A~D)を用いて、これらの効果を調べた。

2.1.1 グリース粘度の低減

玉が保持器ポケット中心に位置し、グリースで満たされていると仮定した条件で、そのせん断応力をレオメータで測定した。せん断応力と軸受トルクとの関係を調べた結果、せん断応力が増すほど初期(チャーニング状態)トルクも大きくなることがわかった(Fig.4)。グリース粘度を低減し、せん断応力を小さくするのが低トルク化に有効と言える。

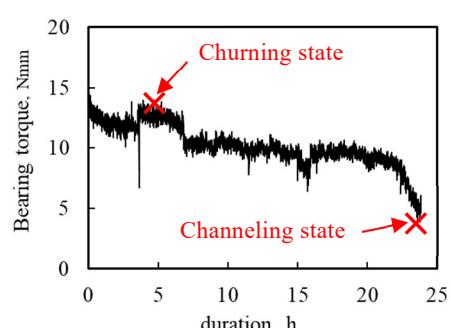


Fig.2 Chronological torque change of resin bearing

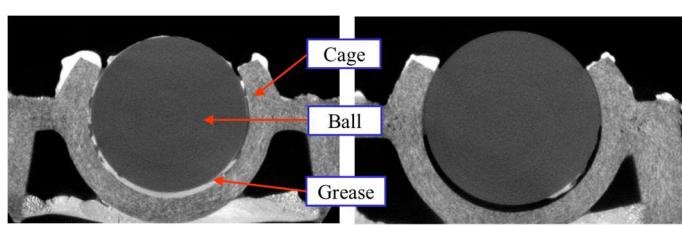


Fig.3 Grease distribution around bearing cage pocket

2.1.2 チャンネリング状態への移行の迅速化（介在するグリース量の低減）

レオメータでグリースの固体的性質を表す貯蔵弾性率G' と液体的性質を表す損失弾性率G"を実測し、その比(G"/G')が1となるせん断応力値を降伏応力として求めた。Figure.5 内に記載したGrease A～Dの降伏応力と軸受トルクとの関係を調べた結果、高降伏応力なグリースほどチャンネリング状態（高トルク）からチャンネリング状態（低トルク）に移行しやすくなる傾向がわかった。グリースの降伏応力を高くすることが迅速に低トルク化するのに有効と言える。

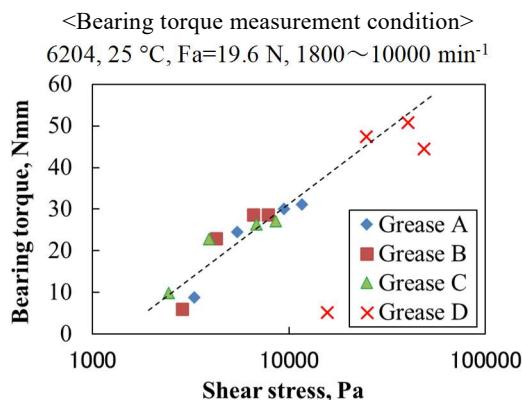


Fig.4 Relationship between grease shear stress and churning state torque

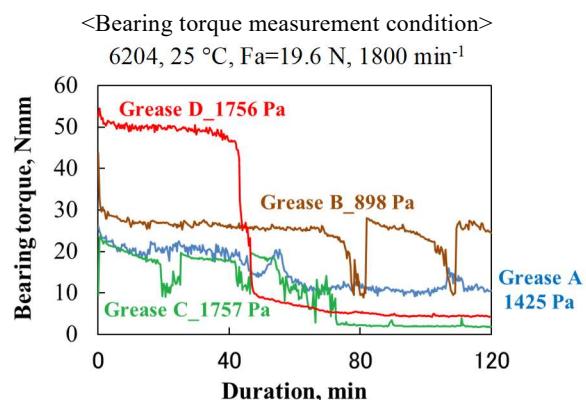


Fig.5 Relationship between grease yield stress and bearing torque

2.2 トラクションの低減

玉軸受では、差動すべり、スピンドルといわれる軌道輪と転動体間の微小すべりが生じ、介在するグリースで摩擦（トラクション）が発生し、トルク発生原因になることが知られている⁴⁾。グリース基油の分子構造とトラクション係数の関係を調べた結果、環状／分岐構造が少なく、直鎖構造が主体の開発グリースは、従来グリースに対しトラクション係数を85%低くできることがわかった（Fig.6）。

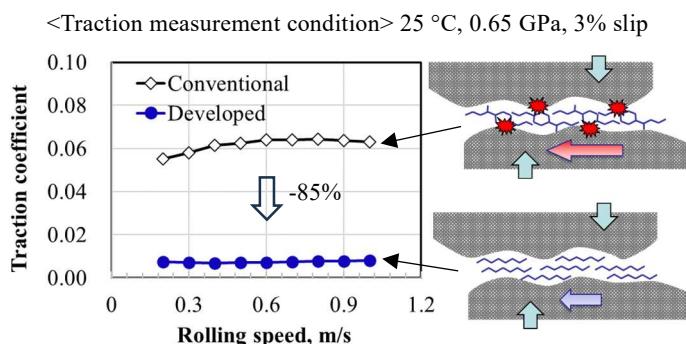


Fig.6 Relationship between molecular structure of grease and traction

3. ハブベアリングでの性能確認

Table 1 の設計コンセプトに基づき開発したグリースをハブベアリングに封入し、軸受トルクと耐久性を評価した（Figs.7,8）。従来グリースに対して、軸受トルクは 600 min⁻¹ で 56% 低減し、耐久性は両旋回荷重 0.6 G 相当負荷条件下で軸受破損までの総回転数が同等以上となり、耐久性を維持したまま低トルク化できることを確認した。

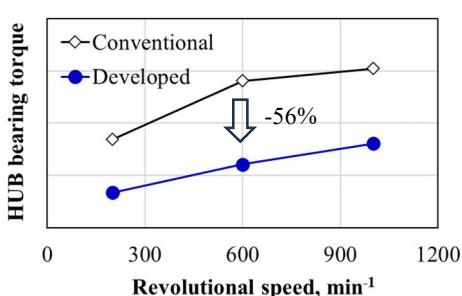


Fig.7 Example of HUB bearing torque performance

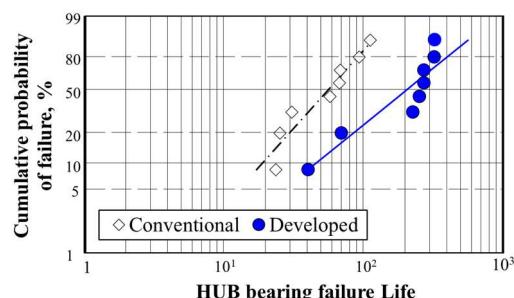


Fig.8 Example of HUB bearing endurance performance

4. おわりに

軸受の耐久性維持と低フリクションを両立できるグリースを開発した。本グリースを適用した低フリクションハブベアリングは、自動車の省燃費・電費を大きく向上させることにより低炭素化社会の実現に貢献できる。

文献

- 1) 関, 低フリクションハブベアリングIII, NTN Technical Review, No. 87 (2019), 63
- 2) 近藤, 川村, 軸受トルクにおよぼすグリースレオロジー特性の影響, トライボロジー会議 2017 春 東京(2017), F17
- 3) 川村, 藤原, 大平, 自動車の低燃費化に寄与する転がり軸受の新しい技術, NTN Technical Review, No. 87 (2019), 85
- 4) 村木, 図解 トライボロジー 摩擦の科学と潤滑技術, 日刊工業新聞社, 221