

潤滑グリースの流動特性と軸受性能への影響

外尾, 道太

<https://hdl.handle.net/2324/4060165>

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 外尾 道太

論 文 名 : 潤滑グリースの流動特性と軸受性能への影響

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、地球温暖化を防止するため機械部品には高効率化が強く求められている。その手段の一つとして摩擦損失の削減が注目されており、摩擦を低減するための機械部品として転がり軸受が挙げられる。転がり軸受は、グリース潤滑とすることによりメンテナンスフリー化を図ることができるなど、実用上のメリットが多い。このため、自動車を始めとする数多くの機械で、回転部の動きを円滑に支えるために用いられている。

転がり軸受の潤滑剤として、玉軸受の約8割ではグリース潤滑が採用されている。グリースは基油中に固体である増ちょう剤が分散して、半固体状となっている潤滑剤であり、降伏応力など潤滑油に見られない特徴的な流動特性を示す。この流動特性は増ちょう剤が形成する三次元的な構造の変化により発現すると考えられている。

グリースの流動特性は、接触面へのグリースの再供給による油膜形成や、チャンネリングとして知られる軸受内でのグリース分布に影響し、結果として軸受トルクや耐久性などの軸受性能に影響を与える。ここでチャンネリングはグリースに不連続なすきまが生じる状態を示し、この状態となることによりグリースによる粘性抵抗が低減するため、軸受トルクの低減が期待できる。従って、グリースの流動特性を明らかにし、グリースの最適設計を行うことにより軸受性能の向上が期待できる。

しかし、グリースの流動特性と軸受内におけるグリースの挙動との関係や軸受性能との関係、および増ちょう剤による三次元構造との関係は十分には明らかになっておらず、グリースの設計手法は十分には確立されていない。

このため、本研究では一般的な軸受用グリースであるリチウムセッケングリースを用いて、軸受内でのグリースの再供給状態や、グリース中での増ちょう剤による構造を可視化し、更にレオメータによるグリースの流動特性の評価結果や軸受回転試験結果と合わせて考察することにより、グリースの流動特性とその軸受性能への影響を調査した。軸受性能としては、特に軸受トルクに着目した。

本論文は以下の章から構成される。

第1章では、転がり軸受の潤滑と摩擦、グリースの流動特性と軸受性能の関係、グリースの流動特性と増ちょう剤による三次元構造の関係について、従来の知見をまとめた。

第2章では、グリースの流動特性と軸受内でのグリースの流動状態の関係について、先行研究の確認を行った。グリースの流動状態としてチャンネリングに着目し、軸受トルク試験結果を元に、降伏応力とチャンネリングの指標とされるトルク減少率との相関関係が、種類の異なるグリースにおいても成り立つか検証した。この結果、増ちょう剤と基油の組み合わせによって、降伏応力とト

ルク減少率が相関しない場合があることを明らかにした。

第3章では、軸受内でのグリース流動状態を詳細に把握するため、モデル軸受を用いて軸受内の接触面を動的に観察する手法を考案し、接触面でのグリース再供給状態の指標として入口距離を計測した。グリースを微量封入して軸受試験を行うことにより、入口距離の増加とともに軸受トルクが増加することを明らかにした。また、グリースの再供給メカニズムとして、再供給がボールや保持器に付着したグリースによって行われることを示した。更に、降伏応力やチキソトロピーなどの流動特性が入口距離と相関することを示した。

第4章では、グリースの流動特性の制御法を検討するため、増ちょう剤による構造を詳細に観察し、グリースの流動特性との関係について調査した。増ちょう剤による三次元構造はCryo FIB-SEMにより観察できることを明らかにし、増ちょう剤繊維同士がグリース中で接触している状態を示した。また、グリース表面のAFMによる観察により、増ちょう剤の種類が基油との濡れ性に影響することを明らかにした。また、せん断による増ちょう剤繊維の配向を確認し、増ちょう剤の構造変化をモデル化した。増ちょう剤の構造とグリース流動特性の関係として、降伏応力などの流動特性が増ちょう剤の分布状態を表す分散度と相関すること、および基油と増ちょう剤の組み合わせの影響を受けることを示した。

第5章では、チャンネルリングの指標を高度化するため、実用軸受を用いた評価より、グリースを微量封入した時の軸受回転トルク値を用いたトルク減少率差を提案し、トルク減少率差が小さいほどチャンネルリングが進行し、回転トルクが小さくなることを示した。また、トルク減少率差は、降伏応力などの流動特性や分散度と相関関係を有すること、および増ちょう剤と基油の組み合わせの影響を受けることを示した。

第6章では、本論文の総括を行い、今後の課題を示した。

以上、本研究は、転がり軸受の性能向上手段としてグリースの流動特性の制御に着目し、軸受接触面や増ちょう剤による三次元構造の直接観察技術を活用して、軸受トルク、グリースの流動特性、増ちょう剤による三次元構造の指標の相関関係を定量的に明らかにした。