

玉軸受の耐電食性におよぼすグリースの影響（第2報）

Effects of Grease Properties on Electrical Pitting Prevention for Ball Bearings (Part 2)

ジェイテクト（正）*山下 侑里恵 ジェイテクト（正）津田 武志 ジェイテクト（正）三宅 一徳

Yurie Yamashita*, Takeshi Tsuda*, Kazunori Miyake*

*JTEKT CORPORATION

1. はじめに

近年、SDGs や地球温暖化の対応として、自動車分野では世界的に電動車（BEV、HEV など）に関する技術開発がますます重要となりつつある。自動車の電動化に伴い、電動車に用いられる軸受は電食発生による損傷が懸念され、グリースによる電食対策技術が期待されている。前報では一般的な導電性向上剤であるカーボンブラック（CB）を用いたグリースに関して検討し、導電性向上剤を添加しても必ずしも優れた電食寿命が得られなかった¹⁾。これは、CB を用いた場合、CB の偏析により部分的に電気が流れやすくなり、大きなスパークが生じるためである。一方、導電性向上剤を添加していないウレアグリースは、CB が無くとも基油を芳香族エステルに変更することにより、体積抵抗率の低減が可能となり、長期的に電気を均等に流すことで、優れた電食寿命となる可能性があることを報告した。この時、増ちょう剤に関しても検討したが、アミン種の変更程度では顕著な改善効果は得られなかった。そこで、本報では導電性が期待される有機親和性フィロケイ酸塩を増ちょう剤の一部として用い、偏析を抑制しつつ体積抵抗率を低減することによって、優れた電食寿命を有するグリースが得られるか検討した。

2. 実験

2.1 試料グリース

試料グリースの組成および性状を Table 1 に示す。Sample A は、比較用の市販グリースであり、CB を増ちょう剤とした導電グリースである。本試験では、評価対象を耐熱性の高いウレアグリース(Sample B～F)を用いた。前報同様に Sample B～D は、基油を炭化水素油に統一し、異なるアミン種によって得られたウレアグリースである。また、Sample E は Sample B の基油をエステル油に変更したグリースである。一方、Sample F は新たに試作したグリースであり、Sample E の増ちょう剤にウレアと共に有機親和性フィロケイ酸塩を併用したグリースである。この有機親和性フィロケイ酸塩は多くの極性基を有するため導電性が期待され、さらに基油や脂肪族増ちょう剤との親和性が高く、CB と異なりグリース中でも偏析しにくいと推定する。なお、各グリースの電食寿命に及ぼす増ちょう度の影響を排除するため、いずれのグリースも増ちょう度を 250 ± 20 に統一した。

Table 1 Compositions and properties of sample greases

Sample sign		A	B	C	D	E	F
Thickener	Composition	Carbon black	Diurea (Aliphatic)	Diurea (Alicyclic)	Diurea (Aromatic)	Diurea (Aliphatic)	Diurea (Aliphatic) + Organophilic phyllosilicates
Base oil	Composition	Hydrocarbon	Hydrocarbon	Hydrocarbon	Hydrocarbon	Ester	Ester
	Kinematic viscosity (40 °C)	31 mm ² /s	31 mm ² /s	31 mm ² /s	31 mm ² /s	47 mm ² /s	47 mm ² /s
Penetration (60 W)		Around 250	251	235	270	267	270

2.2 実験方法および条件

2.2.1 偏析性および体積抵抗率

CB および有機親和性フィロケイ酸塩の偏析しやすさを比較するため、遠心力によるグリース中の各成分濃度の変化を確認した。遠心分離試験条件を Table 2 および Fig. 1 に示す。遠心分離試験後、離油した部分を除いて遠心力が大きく発生した外側部分と、そうでない内側部分に分けてサンプルを採取し比較した。CB 含有量は JIS K 6226-1 に基づき熱重量測定装置を用いて算出、有機親和性フィロケイ酸塩含有量は蛍光 X 線を用いて Si 含有量から算出した。また、体積抵抗率は液晶用の液体抵抗試験箱を用いて、グリース厚みを一定にして測定し、JIS K 6911 に基づいて算出した。

Table 2 Test conditions of centrifugal test

Rotational speed	15,000 rpm
Centrifugation time	60 min.
Temperature	100 °C

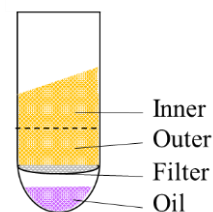


Fig. 2 Schematic view of correcting samples after the centrifugal tests

2.2.2 軸受通電試験

軸受通電試験の装置概略図および実験条件を Fig.2 および Table 3 にそれぞれ示す。本装置は、絶縁材を用い試験軸受以外に電流が漏れない構造とした。電圧印加には直流安定化電源を用い、軸受外輪側ハウジングと軸受内輪側シャフトに取り付けたスリップリング間に電源を接続した²⁾。軸受通電試験時の軸受寿命(電食寿命)は、振動加速度を測定し、初期値に対して 1.5 倍の振動値を電食寿命とした。なお、本実験条件では、電流を流さない場合、軸受はほとんど摩耗せず振動加速度は変化しない。Figure 3 にグリース封入軸受の試験後の観察結果例¹⁾を示す。鋼球は黒色に変色し、内外輪には波板状電食が発生し、グリースも黒変していた。

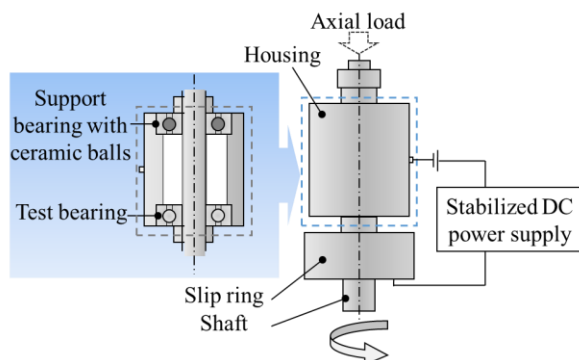


Fig. 2 Schematic view of electrical pitting test

3. 結果および考察

3.1 CB および有機親和性フィロケイ酸塩の偏析性

Sample A, F の導電性向上剤の偏析しやすさを比較するため、遠心分離試験を行った結果を Fig.4 に示す。Sample A は遠心力によってグリース中の CB 濃度が変化した一方、Sample F は有機親和性フィロケイ酸塩の濃度変化が認められず、軸受回転時には有機親和性フィロケイ酸塩の方が偏析しにくいことが分かった。このことより、Sample F の方が導電パスを長時間維持できると推定した。

3.2 電食寿命に及ぼす体積抵抗率および増ちょう剤の影響

基油および増ちょう剤の異なる Sample A~F の電食寿命と体積抵抗率の関係を Fig. 5 に示す。前報で報告したように、CB を用いた Sample A は体積抵抗率が低いにもかかわらず電食寿命が短い結果となった¹⁾。これは、CB の偏析や凝集によるものと考ええる。一方、Sample B~F は体積抵抗率が低減するほど電食寿命は向上した。特に、有機親和性フィロケイ酸塩を用いた Sample F は最も電食寿命に優れた結果となった。これは、導電性向上剤が偏析しにくく、油膜を介して電気が少量ずつ放電されたため、内外輪-玉間においてスパークが生じにくく、損傷が抑制されたためと考える。

4. まとめ

電食の観点から、グリース組成が体積抵抗率および電食寿命におよぼす影響について検討した。汎用的な導電性向上剤である CB は体積抵抗率を低減することが可能であるものの偏析等による電食が発生し易くなる。一方、グリースの増ちょう剤の一部に導電性を有する有機親和性フィロケイ酸塩を用いた場合、体積抵抗率の低減と共に優れた電食寿命を示した。これは、有機親和性フィロケイ酸塩が偏析し難く、導電パスを安定して付与するためと考える。

文献

- 1) 山下, 津田, 三宅: 玉軸受の耐電食性におよぼすグリースの影響, トライボロジー会議 2021 松江, 予稿集(2021), F27.
- 2) 野口, 赤松, 是永: 小型玉軸受の電食に関する研究 (第 1 報), トライボロジスト, 52, 8 (2007) 622.

Table 3 Test conditions of electrical pitting test

Test bearing	62022RUCM
Input current and voltage	DC 6.0 A, Max 5.0 V
Axial load	44 N
Rotational speed	1,800 min ⁻¹
Ambient temperature	25 ± 2 °C

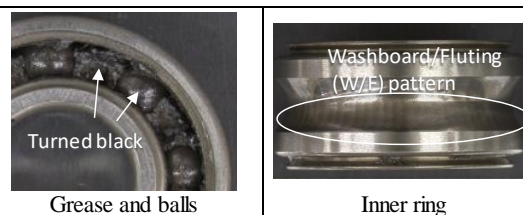


Fig. 3 Observation results of a bearing after the test

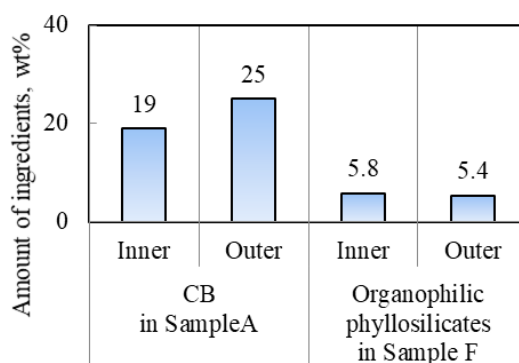


Fig. 4 The amount of CB or organophilic phyllosilicates in sample A, F after the centrifugal tests

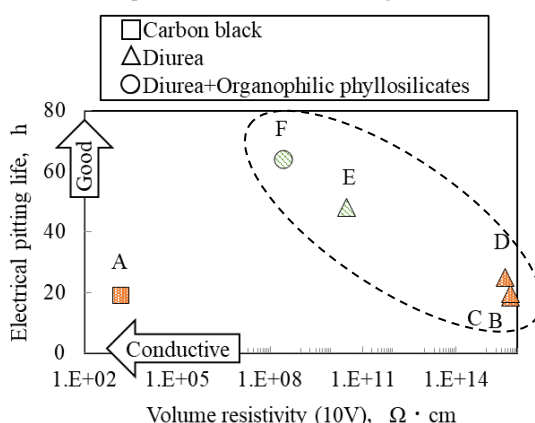


Fig. 5 Correlation between electrical pitting life and volume resistivity
(Orange color : Hydrocarbon, Green color : Ester)