

軸受の耐電食性を向上するグリース配合設計に関する研究

Study on grease composition design to improve electrical pitting resistance for bearings

ジェイテクト（正）\*山下 侑里恵      ジェイテクト（非）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

自動車の電動化に伴い、モータ近傍の軸受における耐電食性の向上が求められている。電食が発生した場合、軸受の転動体や軌道輪に波板状電食（リッジマーク）が生じ、軸受の静粛性や寿命に影響を与える。そのため、設計、材料、潤滑の観点から導電および絶縁技術の対策が検討されている。導電化技術には、電流をモータから軸受以外の導体にバイパスする導電ブラシや接地リング、カーボンブラック（CB）を用いたグリースが主流である<sup>1,2)</sup>。しかし、前者は追加部材が必要となり、後者はCB粒子が経時的に偏析し絶縁する課題がある<sup>3)</sup>。絶縁化技術には、高コストになるセラミックボールの採用や外輪表面の絶縁被膜処理などがある<sup>4)</sup>。

グリースによる耐電食性の向上に関しては、基油や添加剤の種類がグリースの電気特性に影響することが明らかとなっている<sup>5)</sup>。多くの場合、グリースは絶縁性であり、絶縁による耐電食性が期待されるが、モータ近傍で高温・高速など過酷な環境下においては、酸化劣化の促進および摩耗粉混入などにより絶縁破壊を引き起こしやすくなる。いずれも一長一短があり、低コストで実現可能な新しい電食防止技術が求められている。単純な軸受構造を維持しつつ低コストで耐電食性を付与するためには、新規グリースの検討が必要である。本報では、軸受電食寿命に及ぼす組成や性状の影響を把握するため増ちょう剤および基油種を変更したグリースを試作し、軸受電食寿命の比較評価を行うことで、経時的な偏析などの変化が少なく耐電食性に優れるグリースの配合を検討した。

2. 実験

2.1 試料グリース

本報では、評価対象として耐熱性の高いウレアグリースを用いた。グリース組成を変更することによって、油膜厚さや体積抵抗率の異なるグリースを試作し、その耐電食性を評価した。Sample HC-C、HC-R、HC-Pは、基油に同じ炭化水素油を用い、異なるアミン種によって得られたジウレアグリースである。また、Sample HC-P、ET-P、ES-Pは、増ちょう剤をジウレアとし、異なる基油を用いたグリースである。Sample ES-P+OPは、棒状および板状の粒子で3次元ネットワークを形成する有機親和性フィロケイ酸塩(OP)を添加剤として分散させ、体積抵抗率低減を狙ったグリースである。本報では、グリースのちょう度の影響を小さくするため、いずれもちょう度を250±20に統一した。

Table 1 Compositions and properties of sample greases

Sample	HC-C	HC-R	HC-P	ET-P	ES-P	ES-P+OP
Thickener	Diurea (Alicyclic)	Diurea (Aromatic)	Diurea (Aliphatic)	Diurea (Aliphatic)	Diurea (Aliphatic)	Diurea (Aliphatic) + Organophilic phyllosilicates
Base oil	Hydrocarbon	Hydrocarbon	Hydrocarbon	Ether	Ester	Ester
Kinematic viscosity (40 °C)	31 mm <sup>2</sup> /s	31 mm <sup>2</sup> /s	31 mm <sup>2</sup> /s	16 mm <sup>2</sup> /s	47 mm <sup>2</sup> /s	47 mm <sup>2</sup> /s
Penetration (60 W)	235	270	251	241	267	270

2.2 実験方法および条件

2.2.1 グリース体積抵抗率測定

体積抵抗率算出において精度よくグリース厚みを測定することが重要である。本測定では、円筒状の金属容器（対向電極）中にグリースを0.8 ml 封入した後に中央に円柱状の電極（主電極）を押し込むことで、主電極と対向電極のすき間にグリースを充填させ、一定の厚みとし、測定サンプルを作製した。この電極間に電圧を印加（10 V）し、静的な抵抗値をデジタル超高抵抗／微少電流計で測定し、体積抵抗率をJIS K 6911に基づいて算出した（Table 2）。

2.2.2 軸受通電試験

Table 2 Measurement conditions of volume resistivity

Measurement device	Ultra high resistance meter
Amount of grease	0.8 ml
Sample thickness	1,000 μm
Voltage	10 V

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 r/min
Ambient temperature	25±2 °C

軸受通電試験の実験条件を Table 3 に、装置概略図を Fig. 1 に示す。本装置は、シャフトのチャック部に絶縁材を用い試験軸受以外に電流が流れない構造とした。試験中の通電は、直流安定化電源を用い、軸受外輪側ハウジングおよび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、定電流で電流を流した。試料軸受のグリース封入量は空間容積比 35% 相当量とした。回転試験は、通電下において、アキシアル荷重を負荷し、内輪を回転させて試験を行った。電流印加時の軸受電食寿命は、振動加速度が初期値に対して 1.5 倍となった時点を判断基準とした<sup>9)</sup>。なお、本実験条件において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かった。

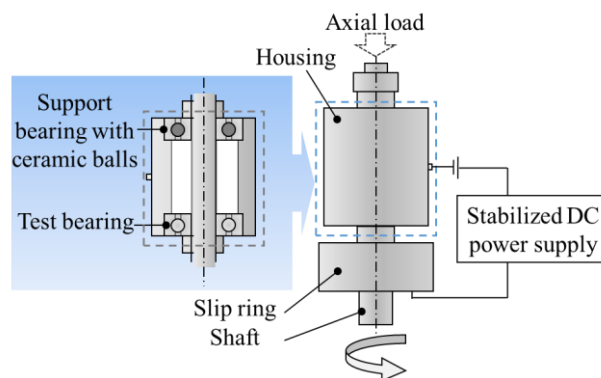


Fig. 1 Schematic view of electrical pitting test

### 3. 結果および考察

電食寿命と体積抵抗率の関係を Fig. 2 に、電食寿命と EHL 極薄膜厚計測システムを用いた回転速度 2,000 mm/s、荷重 20 N、雰囲気温度 100℃における油膜厚さの関係を Fig. 3 に示す。本評価条件において電食寿命は体積抵抗率に大きく依存し、体積抵抗率が小さい、すなわち導電しやすいほど電食寿命が長い結果となった。また、組成の観点では、OP を添加しない場合、増ちょう剤よりも基油種の影響が大きく、特に、エステル油を用いた ES-P は体積抵抗率が低減し、電食寿命も長くなった。一方、電食寿命と油膜厚さの相関は認められず、本検討範囲においては厚膜化による絶縁効果が認められなかった。また、ES-P に OP を添加した、ES-P+OP は、他のグリースとは異なり、油膜厚さが比較的厚いものの、体積抵抗率が小さく、電食寿命が向上した。この理由は、OP が棒状および板状の粒子で 3 次元ネットワークを形成し、粒子表面に基油との親和性が高い修飾基を有するためと推定する。エステル油および OP を含有することで体積抵抗率が低減し、さらに OP が偏析しにくいため、電気が少量ずつ流れ、内外輪-玉間においてスパークが生じ難く、電食を抑制したと考える。

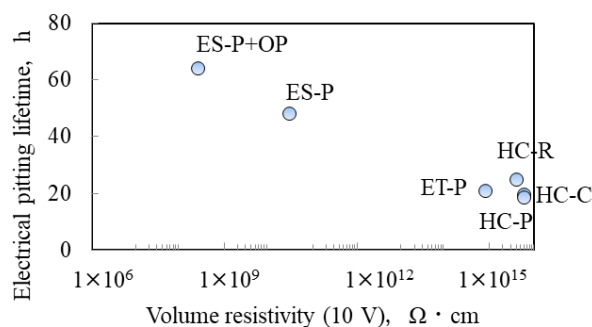


Fig. 2 Correlation between electrical pitting lifetime and volume resistivity

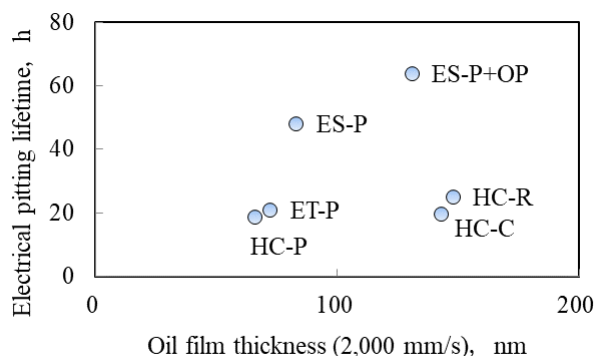


Fig. 3 Correlation between electrical pitting lifetime and oil film thickness (2,000 mm/s)

### 4. おわりに

軸受の電食対策としての導電化技術の観点から、グリース組成および性状が電食寿命におよぼす影響について検討した。本研究では、体積抵抗率の低いウレアグリースが電食寿命に優れる結果となった。特に、基油として通電しやすいエステル油を採用し、有機親和性フィロケイ酸塩を用いたグリースは、耐電食性に優れていた。これは、有機親和性フィロケイ酸塩が、体積抵抗率を低減すると共に基油と親和性が高い 3 次元ネットワークを安定形成し、長期間偏析しにくい構造となるためと考える。

### 文献

- 1) 傳實・中：導電性グリース封入軸受の性能評価（第 2 報），日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 2003-5 (2003) 235.
- 2) 横内：転がり軸受用のグリース潤滑技術，トライボロジスト，56，5 (2011) 302.
- 3) 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.
- 4) 野口・柿沼・和知・是永：小型玉軸受の電食に関する研究（第 3 報）—電食が発生する直流電圧の測定—，トライボロジスト，55，6 (2010) 413.
- 5) 小松崎・上松・伊藤：潤滑グリースの耐電食性の組成面からの検討，潤滑，28，1 (1983) 54.
- 6) 野口・赤松・是永：小型玉軸受の電食に関する研究（第 1 報）—直流電圧印加時の玉軸受 608 の電食発生限界電流密度—，トライボロジスト，52，8 (2007) 622.