

ポリフェニルエーテル添加による導電性グリースの導電性向上

Conductivity improvement of conductive grease with poly-phenyl ether

関西大・シス理（正）*谷 弘詞 関西大(院)（非）疋田 和輝

関西大・シス理（正）呂 仁国 関西大・シス理(非)小金沢 新治

Hiroshi Tani*, Kazuki Hikita**, Renguo Lu*, Shinji Koganezawa

*Kansai University, **Graduate School of Kansai University

1. はじめに

軸受の電食は、インバータやサイリスタなどで駆動されるモータに使用される転がり軸受でよく見られる損傷の一つであり、軸受の内輪・外輪間に軸電圧に起因する電流が流れることで微小なピッチングの発生や潤滑油の劣化などを引き起こす。とくに電気自動車に用いられるような高出力モータでは、電食の発生頻度が大きくなるため、回転軸のアースやセラミック軸受を用いた絶縁が重要となる。また、導電性のカーボンブラック等をグリースに添加した導電性グリースもある。しかし、軸アースやセラミック軸受は高価である。また、カーボンブラック等を用いた導電性グリースは長期間の軸受の使用により、導電性物質が徐々に基油と分離したり、凝集したりすることにより軸受の抵抗値が初期は低くても経時的に高くなり電食が起こりやすくなる場合がある⁽¹⁾。

納山らはジフェニル系油剤中で放電を起こすと水素ガスとグラファイト状黒色物質が生成されることを報告している⁽²⁾。一方、我々はペンタフェニルエーテル(5P4E)油を電場中で摩擦するとグラファイト状炭素トライボフィルムが形成されること⁽³⁾、5P4E 油に電子線照射を行うとグラファイト状炭素が生成されること⁽⁴⁾を報告している。これらのことから、芳香環を有するポリフェニルエーテル油は放電の際に生じるイオンや電子と相互作用することで水素原子の解離、グラファイト構造への構造変化が起こると推定される。そこで、導電グリースの欠点である経時的に抵抗が高くなり放電が発生するという問題を、ポリフェニルエーテル油を導電性グリースに添加し、放電が起こった際に放電部に生成されるグラファイト状炭素で低抵抗化することで克服できると考えた。

そこで、本研究では 5P4E 油中での放電でグラファイト状炭素が生成されることを確認するとともに、カーボンブラックを用いた導電性グリースに 5P4E を添加することで導電性グリースの導電性が長時間維持できることを検証した。

2. 実験方法と結果

2.1 放電観察実験

油中の放電によって起こる現象観察を Fig.1 に示す実験装置で行った。PTFE 製の微小くぼみに 5P4E を 0.1g 滴下し、その中に電極を入れて 10kHz、0~500V のパルス電圧を印加した。電極間の距離は 2.5 μ m に調整し、放電電極間を光学顕微鏡で観察しつつ電圧印加を行った。その一例を Fig. 2 に示す。電極間で放電が発生すると放電部から泡の発生が観察され、その後、黒い物質が生成されて、電極の周りに広がっていく。泡はおそらく水素の発生を、黒い物質はグラファイト状炭素の生成を示していると推定される。放電試験後、5P4E をアセトンで回収してフィルタリングした後の黒色残渣物をラマン分析するとグラファイト状炭素と同定された。以上のことから、5P4E は放電によって分解しグラファイト状炭素が生成されることが明らかになった。

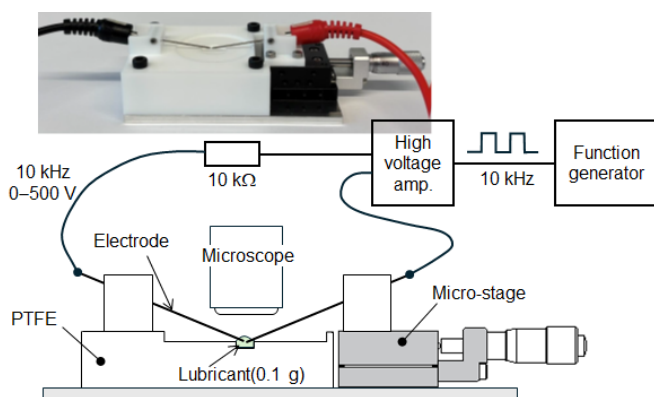


Fig. 1 Observation of discharge phenomena in lubricant oils.

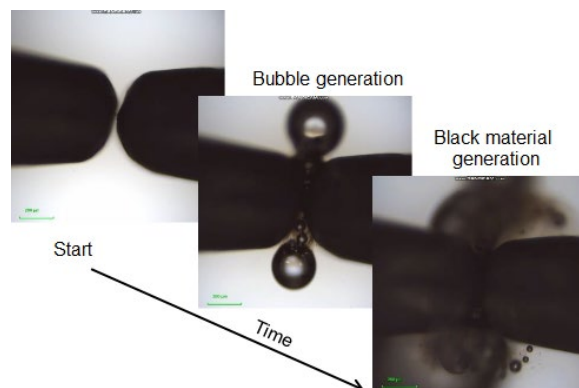


Fig. 2 Typical phenomena of bubble and black material generation by discharge in 5P4E.

2.2 転がり軸受通電試験

次に導電性グリース（炭化水素系合成油、カーボンブラック使用、ちょう度 300）に 0~10wt% で 5P4E を添加し、十分攪拌した。このグリースを深溝玉軸受（608DD）に 0.15g 封入して、Fig.3 に示す軸受試験機に組み込み試験を行った。

この試験機は試験軸受が他のサポート軸受とは電氣的に分離されており、回転軸端に接触させたカーボンブラシと試験軸受の外輪に4.7Ωの電流計測用センス抵抗 R_s を介してDC安定化電源により10Vを印加した。内輪回転数を2000rpmとして500h試験を行い、試験期間中の電流、軸受外輪-内輪間電圧をセンス抵抗両端の電圧 V_s から求めた。軸受外輪-内輪間電圧（軸受電圧）の例としてFig. 4に5P4Eが0wt%、1wt%の場合を示す。試験開始初期には軸受電圧は約3Vであり、軸受抵抗は約2Ω、電流は約1.5A流れていることがわかる。5P4E無添加(0wt%)の場合には数10時間後から電圧変動が大きくなっているが、添加量1wt%の場合には電圧は500時間にわたって安定している。添加量を変化させてこのような軸受電圧変化を比較すると、添加量が0.5~1wt%か5wt%の間では電圧は安定していた。すなわち、5P4Eを適量添加することで導電グリースの経時変化を抑制することが可能であると考えられる。

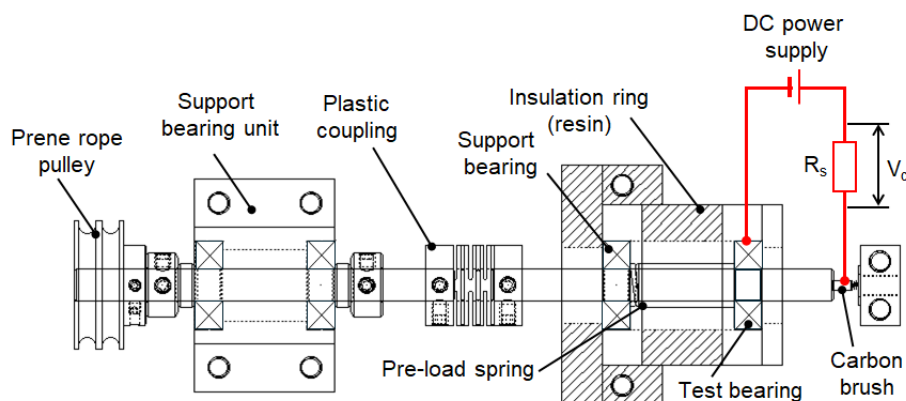


Fig. 3 Conductivity monitoring test of conductive ball bearing.

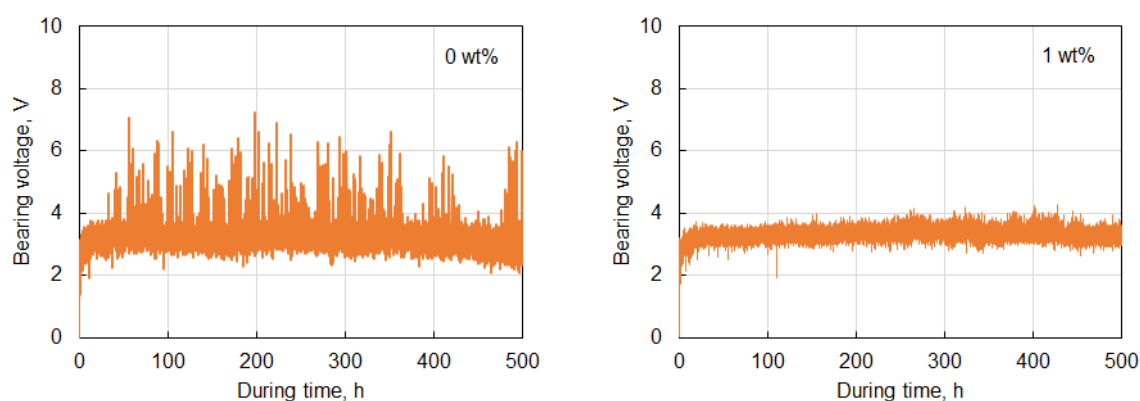


Fig. 4 Voltage between inner and outer rails during test using conductive greases with 5P4E of 0 and 1 wt%.

3. 結論

5P4E油中で放電が起きると5P4Eが分解してグラファイト状炭素が生成され、導電性が増加する。そこで、5P4Eをカーボンブラックを用いた導電性グリースに添加することで導電性グリースの導電性劣化を抑制できることが分かった。このことから、5P4Eのようなフェニル基を有する潤滑油によって導電性グリースの経時的導電性向上が期待される。

文献

- 1) 野口・柿沼・白木・村上：小型玉軸受の電食に関する研究(第4報)，トライボロジスト，55, 8 (2010)579-584.
- 2) 納山・羽山・董・中山：放電プラズマによる油剤の分解と電気特性に及ぼす分子構造の影響，トライボロジスト，早期公開 (2025) 1-7.
- 3) 泉谷・谷・小金沢・呂・川田：高温加熱された摩擦場におけるDC電場の影響，日本機械学会情報知能精密機器部門講演会 IIP2024，(2024) IIPA-1-3.
- 4) 谷・呂・川田・小金沢：電場下におけるポリフェニルエーテルの摩擦による不定形炭素トライボフィルムの生成メカニズム，日本機械学会2024年度年次大会，(2024) J114-05. .