

電食防止軸受の開発

Development of ball bearing with anti-electric pitting

関西大・シス理工（正）*谷 弘詞 関西大院（非）戸根 勇也

関西大（正）川田 将平（正）呂 仁国（非）小金沢 新治

Hiroshi Tani*, Yuya Tone**, Shohei Kawada*, 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、導電性グリースを用いた導電軸受も商品化されている。しかし、軸アースやセラミック軸受は高価である。また、導電性グリースはカーボンやイオン液体をグリース内に混入させるため、軸受本来の特性に影響を与え、静音性や耐久性が劣化する場合がある。そこで、導電性グリースを軸受内部に封入することなく、軸受側面に導電性グリースを経由する通電パスを設ける軸受が特許申請されている(1,2)が、実用化はされていないようである。本研究では、軸受側面の2枚の金属製シールド間に導電性グリースを封入して、電食防止の可能性を検証した。

2. 実験方法

2・1 電食防止軸受サンプル

電食防止軸受として、Fig. 1に示す軸受を作成した。呼び番号608ZZの軸受のシールド面に導電性グリースを塗布した後にステンレス製のリングシムを内輪にスポット溶接して封入した（以後、導電軸受と呼ぶ）。シムとシールド面の間隔は平坦な面で約 $200\mu\text{m}$ であり、導電性グリースは合成油を基油としてカーボンブラックを添加したものに、銀ナノワイヤを20wt%低下したものをを用いた。まず、最初と同じ呼び番号のセラミック深溝玉軸受を用いて、導電性グリースを通電パスとした時の抵抗値を求めた。その後、市販の608ZZ軸受とこの導電性グリースを軸受内部に封入した場合、導電軸受の放電状態の比較を行った。

2・2 評価装置

各軸受の評価はFig. 2に示す評価装置を用いて行った。モータの回転をトルクメータ、セラミック軸受2個で作成したサポート軸受を経由して試験軸受の内輪を回転させた。試験軸受の内輪回転軸は、樹脂カップリングで絶縁されている。試験軸受の外輪は、アキシアル荷重30Nをばねで加えて固定した。外輪、内輪間にはスリップリングを介して、最大10Vの電圧を印加した。最初に、軸受に印加する電圧を $0 \rightarrow 10 \rightarrow 0\text{V}$ と変化させて軸受に加わる電圧と回路を流れる電流を測定した。この際、外部抵抗 R_0 を介して、定電圧安定化電源で電圧を加えた。外部抵抗 R_0 は $100\text{k}\Omega$ を用いた。

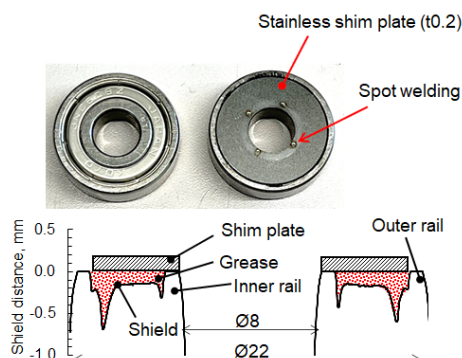


Fig. 1. Photograph of ball bearing with anti-electric pitting and schematic of cross-sectional view.

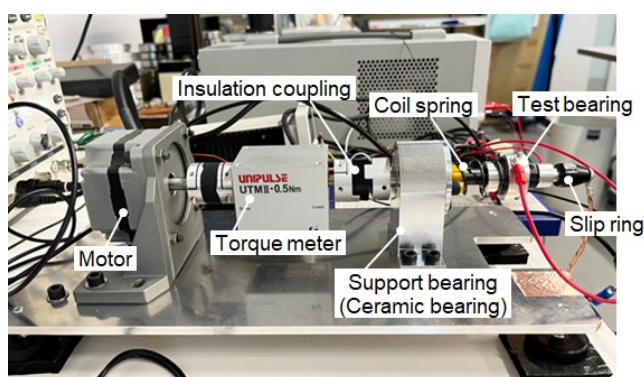


Fig. 2. Experimental setup for evaluation of bearing electric pitting. (Applied voltage between outer and inner rails: 10V).

3. 実験結果

3・1 導電軸受の導電グリース抵抗値の測定

導電グリースの抵抗値を測定するため、セラミック玉軸受のシールドと追加シム板間に導電性グリースを封入した

もので、抵抗値を測定した。セラミック玉軸受なので軸受内部に電流が流れないため、グリース抵抗を直接測定することが出来る。電源電圧 E_0 を $0 \rightarrow 10 \rightarrow 0$ V と変化させたときの軸受電圧 V_b 、電流 I_b を Fig. 3 に示す。軸受電圧 V_b がほぼ 0V であることから、導電性グリースの抵抗 R_E は約 0Ω となっていることが分かる。

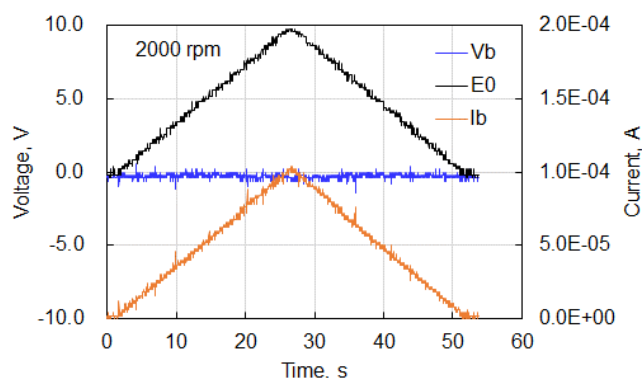


Fig. 3. Measured bearing voltage and current of grease resistance using ceramic ball bearing.

3・2 通常軸受と導電軸受の比較

通常市販の軸受と導電軸受を前述の方法で比較した結果を、Fig. 4, Fig. 5 に示す。市販の軸受では、軸受電圧 V_b が約 2V までは軸受は非導電であり、軸受電流 I_b が 0A であるが、それ以上の電圧が印加されると軸受電圧、軸受電流ともに大きくばらついているのが分かる。すなわち、約 2V で軸受内部で放電が発生していると推定される。一方、導電軸受では、軸受電圧 V_b は、ほぼ 0V であり、軸受電流 I_b は電源電圧 E_0 に比例して増減している。すなわち、導電軸受では導電グリースの抵抗 R_E がほぼ 0Ω であることから、軸受電流が導電性グリースを経由して流れるため、軸受電圧が 0V になっていると考えられる。ちなみに、この導電性グリースを軸受内部に封入した場合、軸受電圧は 2V 程度まで上昇して、それに応じて軸受電流も大きくばらついている。導電性グリースを軸受内部に封入した場合は、遠心力などで導電材がグリースと分離して導電性の低下が起こるなどの問題によるものと推定される。

さらに、回転数 2000rpm で電源電圧を 10V とした時の軸受電圧 V_b と軸受電流 I_b の時間変化を、市販軸受と導電軸受の場合について調べた結果、市販の軸受の場合、軸受電圧は 0～約 6V の間を変化しており、軸受電圧が大きくなった時に軸受電流は低下している。すなわち、軸受内の放電によって軸受電流が短時間で流れると同時に軸受内の抵抗が下がり、軸受電圧が低下していると考えられる。一方、導電軸受の場合、軸受電圧は安定して 0V であり、電流は $100\mu A$ を維持していることから、導電グリースを経由して電流が流れていると推定された。

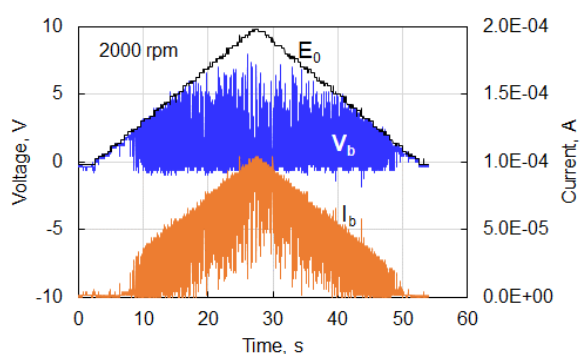


Fig. 4. Measured bearing voltage and current of commercial bearing at applying voltage of $0 \rightarrow 10 \rightarrow 0$ V.

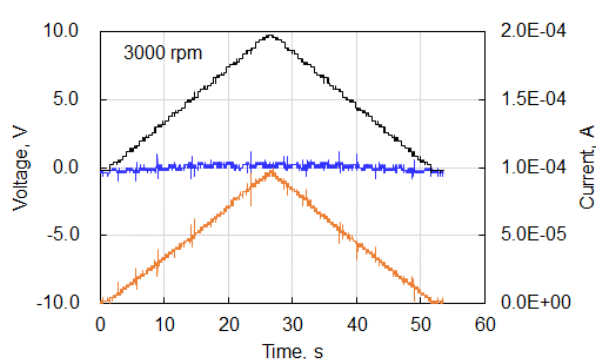


Fig. 5. Measured bearing voltage and current of conductive bearing at applying voltage of $0 \rightarrow 10 \rightarrow 0$ V.

4. おわりに

本研究では、深溝玉軸受のシールドと追加シム板の間に導電性グリースを封入して内輪・外輪間の抵抗を小さくすることで軸受内部の放電抑制可能性を調べた。その結果、本研究で提案する構造を用いることで、軸受内部の放電を抑制することが可能であると考えられた。また、このような導電軸受の構造は、導電性グリースを軸受内部に封入した場合より放電抑制に有利であると考えられる。

文献

- 1) 正田 亨他, “転がり軸受”, 特開 2007-147012.
- 2) 堀越 大裕, “シールド付き電磁ノイズ対策軸受”, 特開 2021-134811.