

軸受のはく離に及ぼすグリース組成の影響と対策案

Influence of grease composition on flaking in ball bearing and countermeasures

日本精工株式会社（正）*戸田 雄次郎 （正）河野 知樹

Yujiro Toda, Tomoki Kawano

NSK Ltd.

1. はじめに

自動車の電装補機やベルト駆動のモータに使われる転がり軸受は、計算寿命の 1/10 以下の短時間にて、鋼内部の白色組織変化と電食を伴うはく離が起こる場合があり、このはく離のメカニズム解明のため様々な取組みがなされている。過去の取組みから推定されているはく離メカニズムとして、玉とリングのメタルコンタクトにより軸受転走面に生じた新生面でグリースが分解し、水素が発生、これが鋼中に侵入し水素脆性が起こる説¹⁾や、通電により摩耗が促進され水素脆性を助長する説²⁾、また、静電気を模擬した微小な電流を強制的に流すことによる電気化学反応から、水素が発生する説³⁾や、放電プラズマ作用により油が分解し、発生した水素が鋼中に侵入する水素脆性説⁴⁾などが提唱されている。ただ、この中のメタルコンタクトで生じた新生面に起因するメカニズムについては、転がり軸受が回転すれば多かれ少なかれ玉とリングのメタルコンタクトが起こる一方で、白色組織変化を伴うはく離は限られた用途で起こっていることを考えると、新生面とは別の要因が大きく影響し、はく離が起きていると考えるべきであろう。この点においては、以前に軸受の帯電がはく離の発生に大きく影響する結果が得られ、これを報告した⁵⁾。

今回の報告では、既報⁵⁾と同様に白色はく離を再現できるベルト駆動の軸受回転試験機を用い、グリース組成がはく離のしやすさに及ぼす影響と、はく離を抑制できる手法について検討した結果を述べる。

2. はく離試験方法

軸受のはく離を再現できる試験は深溝玉軸受を用いた外輪回転試験であり、詳細は既報⁵⁾を参照頂きたい。

3. はく離試験結果

3.1 グリース組成の影響

基油動粘度 ν [mm²/s at 40℃] の異なる PAO を基油としたウレアグリース 5 種をそれぞれ軸受に封入し、はく離試験を実施した。はく離試験の結果を Fig. 1 に示す（はく離が発生した内輪負荷圈写真の一例も併せて示す）。尚、グラフ中の棒の数は試験数を表している。Fig. 1 より、 ν が 46 以上のグリースでははく離が発生し、 ν が 30 以下のグリースでははく離が発生しなかった。また、Fig. 2 には、上記グリース 5 種をそれぞれ封入した軸受の内輪と外輪の間に発生する電位差推移の代表例を示す。図より、はく離が発生した ν が 46 以上のグリースは、はく離が発生しなかった ν が 30 以下のものに比べ、電位差が大きくなっている。これは ν が大きいほど、玉とリングの接触域に形成される油膜が厚く、ベルトとプーリの摩擦で発生した電荷が溜まったとみられ、この大きい電位差がはく離の主要因とみられる。

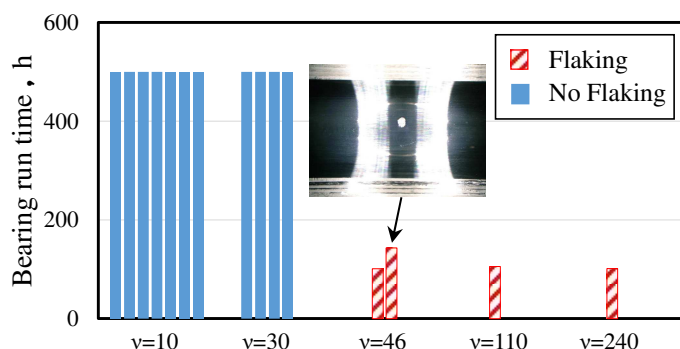


Fig. 1 Influence of base oil viscosity of Urea/PAO grease on flaking

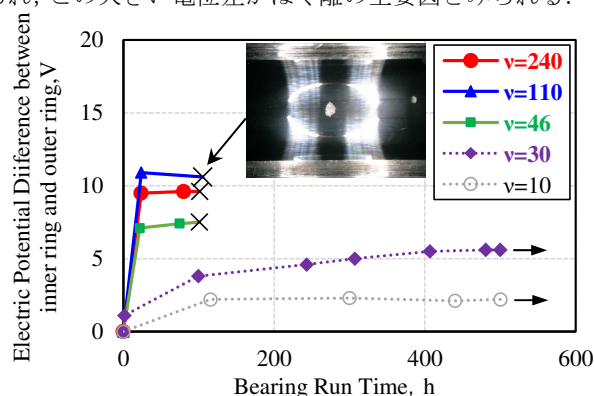


Fig. 2 Changes in EDP during flaking tests

3.2 グリース封入量の影響

ここでは軸受に封入したグリースの量がはく離に及ぼす影響を調べた。グリースは、はく離が発生しやすいスルフォネート系防錆剤を配合したウレアグリース A（基油は $\nu=100$ mm²/s at 40℃のエーテル油）を用いた。また、グリース封入量は試験軸受の空間容積の 3 割に相当するグリースを封入した通常量と、通常量の 5%及び 10%と減らした場合、また通常量の 200%と増やした場合の計 4 水準にてはく離試験を実施した。結果は Fig. 3 の通りで、グリースが少ない 5%や 10%では、はく離は発生せず、逆にグリース量が多い通常量や 200%では、はく離した。これは、ボールとリングの間に十分なグリースが存在することで、軸受の絶縁性が高まり電位差が増大、はく離が助長されたと言える。

3.3 潤滑方法の影響（グリース潤滑と油潤滑）

グリース潤滑及び油潤滑のはく離に及ぼす影響を知るため、上述のウレアグリース A（基油は $\nu=100$ mm²/s at 40℃

のエーテル油)と、このグリースの基油(添加剤含む)をそれぞれ軸受に封入し、はく離試験を実施した。また、その際の電位差推移の代表例を Fig. 4 に示す。尚、基油を軸受に封入したはく離試験では、2、3 日おきにシールを外し、軸受内に基油を 0.1mL 追加、再度シールを取り付けることで、軸受内が潤滑不足とならないように試験を行った。その結果、Fig. 4 に示す通り、グリース潤滑と油潤滑のはく離寿命は大きく異なり、ウレアグリース A を封入した No.1-3 の 3 回の試験では、何れも試験中に電位差が増大し、はく離が発生した。一方で、ウレアグリース A の基油を封入した軸受は、グリースを封入した軸受よりも電位差が小さく推移し、はく離は発生しなかった。この理由としては、グリース潤滑の方が油潤滑よりも玉とリングの接触域の油膜が厚く、接触域の絶縁性が高くなったことや、グリース潤滑では接触域に増ちょう剤のウレアが介在し、接触域の絶縁性が高くなったことが考えられる。

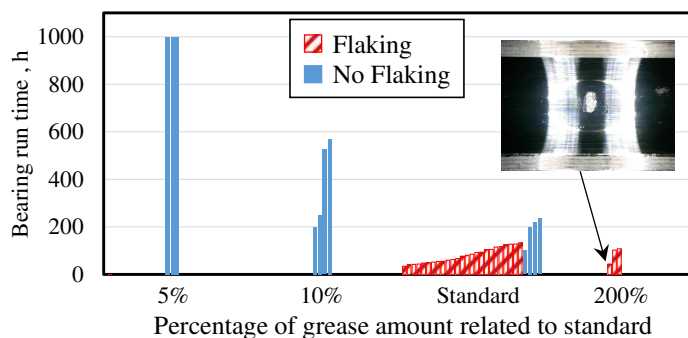


Fig. 3 Influence of amount of grease sealed on flaking

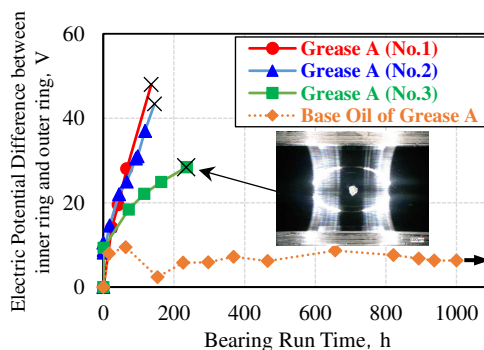


Fig. 4 Changes in EDP during flaking tests

4. グリース組成によるはく離対策

Fig. 2 と Fig. 4 より、軸受の内外輪間に発生する電位差が大きいほど、軸受がはく離する結果であることから、電位差低減を狙い、基油動粘度 ν [mm²/s at 40°C] の異なる導電性グリース (C.Grease) 2 種をそれぞれ封入した軸受のはく離試験を実施した。また、軸受の内部起点はく離は水素脆性が影響しているという報告がされていることから、グリースを構成する元素に水素が無いフッ素グリース (F.Grease) で、 ν の異なる 3 種についても評価を行った。はく離試験結果を Fig. 5 に、また試験中の電位差推移の代表例を Fig. 6 に示す。これより、導電性グリースとフッ素グリースのどちらもはく離は発生しなかった。しかしながら、導電性グリースは高温での潤滑性に劣る場合が多く、また、フッ素グリースは耐熱性に優れるものの、電位差が比較的大きく推移する傾向にあるため、油膜が絶縁破壊された場合には電食損傷が酷くなりやすい。従って、グリース組成によるはく離対策としては、さらなる検討が必要である。

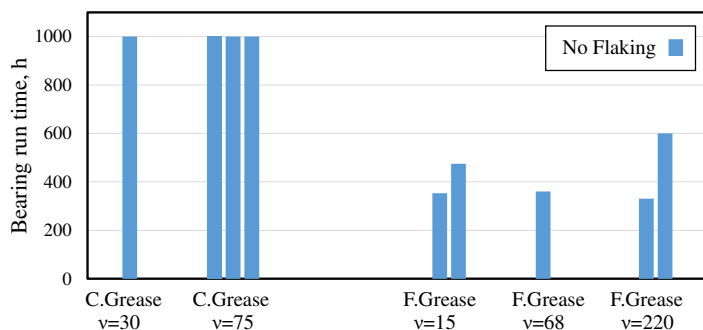


Fig. 5 Influence of grease type and base oil viscosity on flaking

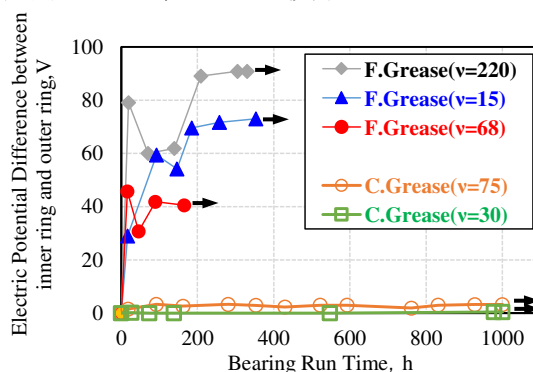


Fig. 6 Changes in EDP during flaking tests

5. まとめ

軸受に封入したグリースのはく離に及ぼす影響を評価し、基油動粘度が高いほど、またグリース封入量が多いほど、軸受の内輪と外輪の間に大きい電位差が発生し、はく離しやすい結果が得られた。これは軸受内の玉とリングの接触域に、潤滑剤が十分存在する良好な潤滑状態であるがゆえに、軸受の絶縁性が高まり、軸受がより帯電することではく離が助長されたと言える。また、対策案として、導電性グリースを封入した軸受は、電位差が小さく推移し軸受の帯電を抑制したことで、はく離が発生しなかった。一方のフッ素グリースも、著しく帯電が発生したにもかかわらず、導電性グリースと同様にはく離しない結果が得られ、フッ素グリースは元素に水素を持たないことが影響している可能性がある。このように導電性グリース以外にもグリース組成によって、はく離を抑制できることがわかった。

文献

- 1) 磯：NSK Technical Journal, No.679 (2005) 28.
- 2) 川村・三上：トライボロジー会議予稿集，東京 (2007) E9.
- 3) Joerg Loos, Iris Bergmann & Matthias Goss：Influence of Currents from Electrostatic Charges on WEC Formation in Rolling Bearings, 59, 5 (2016) 865.
- 4) 納山・羽山・董・中山：トライボロジー会議予稿集，東京 (2019) A2.
- 5) 戸田・河野：トライボロジー会議予稿集，東京 (2021) D16.