

補助事業番号 28-138
補助事業名 平成28年度 自己潤滑膜を生成するハイブリッドポリマーベアリングの
開発補助事業
補助事業者名 横浜国立大学 研究推進機構/共同研究推進センター

1 研究の概要

クリーン環境や海洋環境、蒸気・化学物質浮遊環境など特殊環境用途での軸受に代表されるような機械部品の摺動部の超寿命および軽量化を図ることを目的として、使用中に自己潤滑膜の摺動部への生成を試みた。産学共同実施による本研究では、機械的に強靱な性質をもつ熱可塑性樹脂 PEEK および PPS 軸受の軌道輪と玉の保持器を機械加工で作製し、アルミナ玉を用いてラジアル方向への繰返し荷重下での転動疲労試験を行い、自己潤滑膜の生成および損傷、および摩耗の発生状況について調べた。機械加工製による PEEK 樹脂の内外輪とアルミナ玉、PTFE 複合材保持器の組合せにおいて、ラジアル荷重下での転動疲労試験を行った。保持器からの摩耗粉が変質し PEEK 内輪軌道面表面に自己潤滑膜が生成したことが判った。この自己潤滑膜の効果により許容ラジアル荷重は従来に比較し 10 倍以上に増加した。軌道輪形状の設計を見直し PPS 軸受についても許容ラジアル荷重の向上と延命化が図れた。

2 研究の目的と背景

クリーン環境や海洋環境、蒸気・化学物質浮遊環境など特殊環境用途での軸受などの摺動部の超寿命および軽量化を図ることを目的として、使用中に自己潤滑膜の摺動部への生成を試みた。使用中に自己潤滑膜を軌道輪に再生させ、はく離を抑制できれば従来よりも 10 倍以上の寿命が期待できる。このことにより自然エネルギー分野や輸送機器分野などの次世代産業に機械材料の点から貢献する。

3 研究内容

(1) ハイブリッドポリマーベアリングの開発

<http://www.ktakahashi.ynu.ac.jp/research.html>

(2) ハイブリッドポリマーベアリングの調査

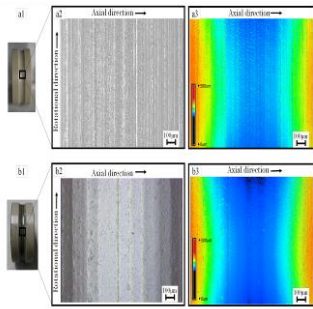
①試作品設計および製作

特殊環境下で使用できる自己潤滑性ハイブリッド
ポリマーベアリングを「全機械加工」により製作。



②材料評価試験（疲労・環境・しゅう動）

劣化加速試験設備（吉則工業製 転がり疲労試験機など）にてベアリングの強度，寿命およびしゅう動性等の評価を実施。内輪軌道面表面に自己潤滑膜が生成したことが判った。この自己潤滑膜の効果により許容ラジアル荷重は従来に比較し10倍以上に増加した。しゅう動部の曲率形状設計の変更を行った試験片を試作し，許容ラジアル荷重と延命化について従来形状との比較を行なった。



図②-1 内輪軌道輪の顕微鏡写真:(a) 試験前, (b)後



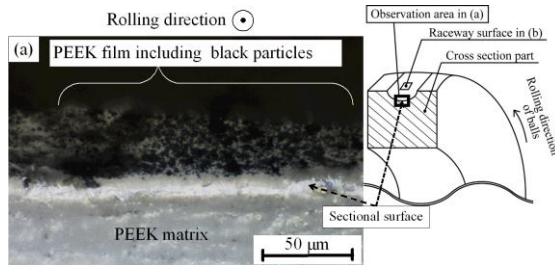
図②-2 転がり疲労試験機



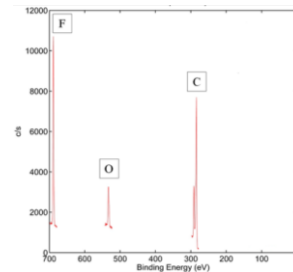
図②-3 一点荷重式 転動疲労試験機

③試験片および生成物の分析および観察 しゅう動部の曲率形状と潤滑膜生成や

耐久性をレーザ顕微鏡やX線回折などの大学の機器を利用して調査(図③-1, 2) 総合的にハイブリッドポリマーベアリングの長寿命および高効率化を目指す。

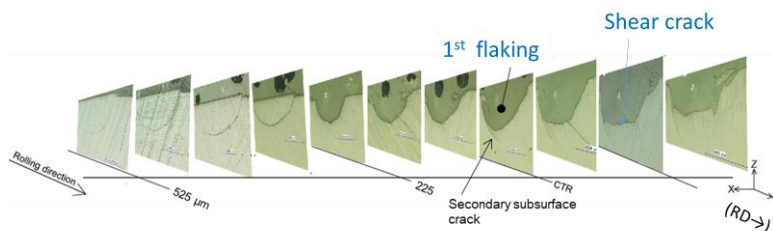


図③-1 内輪軌道輪の自己潤滑膜（拡大）



図③-2 自己潤滑膜のX線による分析

④樹脂-セラミックス間のヘルツ点接触モデルのはく離発生メカニズムを明らかにするために，新規に導入した吉則式 一点荷重転動試験機を用いて効率的に実験を行い，当グループが考案した2.5D観察法(図④-1)により内部き裂進展を調べた。



図④-1 2.5D 微分観察法による内部き裂の観察データ（一部）

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究を通じて特殊環境下で使用できる自己潤滑性ハイブリッドポリマーベアリングを全機械加工により開発する。このことは、ベアリング等のしゅう動部品に於いて致命となる軌道面の損傷を抑え長寿命化に繋がり、資源の節約とエネルギー効率化に貢献且つ付加価値生産性を発展させる。使用中に自己潤滑膜を軌道輪に再生させ、損傷を抑制できれば従来よりも10倍以上の寿命が期待できる。全機械加工によるプラスチック部品の超寿命化を達成することで、資源の節約に繋げ、プラスチックの利点である加工のし易さを活かし独自形状など多品種少量生産への発展が期待される。例えば軽量化を要する輸送機器産業や非磁性が要求される機械設備のしゅう動部品を含む機械要素（軸受やガイド）、産業用機器のカスタムオーダー生産にも転用できるのでその応用分野は幅広い。またエネルギー機器など開発分野、流体、ポンプ設備、塗装、エッチング、海洋、洗浄、食品、薬品・医療用機器、農作業機器などの産業・開発分野に貢献が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

樹脂/セラミックスを用いた特殊環境用途の機械要素部品への応用として位置づけられる本研究では、PEEK/PTFE複合材とアルミナから構成されるハイブリッド軸受の開発および転動・摩擦摩耗特性の評価を行なった。全機械加工作製によるPEEK樹脂の内外輪とアルミナ玉、PTFE複合材保持器の組合せにおいて、ドライ環境ラジアル荷重下での転動疲労試験の結果、PEEK内輪軌道面全周にわたってサブミクロンオーダー厚みの黒褐色の自己潤滑膜が生成した。この自己潤滑膜再生の効果により許容ラジアル荷重は従来に比較し10倍以上に増加した。将来的に高分子とセラミックによる自己修復機能を有する摺動部品等の開発・長寿命設計を進める上で貴重な成果が得られた。例えば滑り軸受やカムとして活用できないか人型ロボット関節への展開を試みた。

また、大学研究教育に於いて、学生が企業と一緒に主体的に研究に取り組むことが出来、研究開発スキルやヒントを得る有益な経験が得られ、エンジニアを目指す学生にプラスになったようである。学生の機械工作実習ではトライボロジーや機械要素計測の説明に本研究のサンプルを活用できたので、機械要素への関心や理解への一助となっている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(1) 古池他1名, 自己潤滑膜を生成するハイブリッドポリマーベアリングの開発, 2015年10月28日(水), 神奈川県産業技術センター 2階・中2階ホール, ものづくり技術交流会 ◎機械設計・加工・材料関連技術にて発表.

(2) 古池, PEEK樹脂の転がりならびに摺動下における強度に関する基礎的研究, 2016年4月22日(金), 東京機械振興会館B3-6室, 精密工学会 成型プラスチック歯車研究部会, 第123回研究会にて発表.

[1] Hitonobu Koike, Katsuyuki Kida, Edson Costa Santos, Justyna Rozwadowska, Yuji Kashima, Kenji Kanemasu, Self Lubrication of PEEK Polymer Bearings in

- Rolling Contact Fatigue under Radial Loads, *Tribology International*, Vol 49, 30-38, (2012).
- [2] Hitonobu Koike, Katsuyuki Kida, Koshiro Mizobe, Xiaochen Shi, Shunsuke Oyama, Yuji Kashima, Wear of hybrid radial bearings (PEEK ring-PTFE retainer and alumina balls) under dry rolling contact, *Tribology International*, 90, (2015), 77–83.
- [3] Hitonobu Koike, Mizuho Kiba, Kazuya Nishitani, Kenji Kanemasu, and Katsuyuki Kida, Comparison of accuracy of backlash and fatigue wear of PEEK-graphite composite and UHMWPE bushes in robot joint, *Proc. book. 'Frontiers of Manufacturing Science and Measuring Technology V* (ISBN:978-1-60595-270-3)', pp 655-662.
- [4] Hitonobu KOIKE, Genya YAMAGUCHI, Koshiro MIZOBE, Yuji KASHIMA, and Katsuyuki KIDA, Observation of Fatigue Fracture on PEEK Shaft Against Alumina Bearing's Ball Under One-Point Rolling Contact, *Materials Science Forum*, ISSN: 1662-9752, Trans Tech Publications, Switzerland, Vol. 878, (Nov. 2016), pp 137-141. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.878.137
- [5] Hitonobu KOIKE, Toshihiko MATSUMURA, Koshiro MIZOBE, Yuji KASHIMA, and Katsuyuki KIDA, Evaluation of Tribological Thermal Failure on PEEK-PTFE Hybrid Alumina Ball Bearings, *Materials Science Forum*, ISSN: 1662-9752, Vol. 878, (Nov. 2016), pp. 142-147. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.878.142
- [6] Hitonobu KOIKE, Katsuyuki KIDA, Toshihiko MATSUMURA, Koshiro MIZOBE, and Yuji KASHIMA Investigation of wear, groove shape and load capacity of PPS-PTFE hybrid radial ball bearings, *MATEC Web of Conferences*, (2017, 10).
- [7] Hitonobu KOIKE, Genya YAMAGUCHI, Koshiro MIZOBE, Yuji KASHIMA, and Katsuyuki KIDA, Investigation of subsurface fatigue crack in PEEK shaft under one-point rolling contact by using 2.5D layer observation method (2017. 10), *MATEC Web of Conferences*, Vol. 130, 09001. 1-4, DOI: 10.1051/mateconf/201713009001

7 補助事業に係る成果物

- ① 平成29年 MEDTEC (医薬品原料・機器装置展) パネル (A1サイズ)
- ② 平成29年 ISASWR'17 (水科学と水資源に関する国際会議と展覧会) ポスター
- ③ 平成30年 MEDTEC (医薬品原料・機器装置展) パネル (A1サイズ)



(2)(1) 以外で当事業において作成したもの
その他 特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 九州産業大学（キュウシュウサンギョウダイガク）

住 所： 〒813-8503

福岡県福岡市東区松香台2-3-1

申 請 者： 担当 古池（コイケ）

担 当 部 署： 産学連携支援室（サンガクレンケイシエンシツ）

E - m a i l : koike-hitonobu-rp@ynu.jp