

大型ポンプ用すべり軸受開発に伴う高分子材料の大気中すべり特性評価

Sliding Characteristics of Polymer Materials for Large Pump Bearings under Atmospheric Conditions

荏原製作所（正）*金 成夏 荏原製作所（正）杉山 憲一

工学院大（正）森野 麻衣子 工学院大（正）西谷 要介

Sungha Kim*, Kenichi Sugiyama*, Maiko Morino**, Yosuke Nishitani**

*Ebara Corporation, **Kogakuin University

1. はじめに

雨水排水ポンプ機場において、全速・全水位排水方式による先行待機運転を実施する設備が増加している。本ポンプは運用コストの低減および設備の信頼性向上を目的として、設備自体を簡素化しているため、軸受部への外部注水設備がない。そのため、すべり軸受部はポンプ起動時に長時間大気中での運転が要求される。本研究では、PEEK 樹脂を基材とした充填材入り複合材について、カーボン繊維の有無による各充填材の大気中すべり特性をリングオンプレート摩擦摩耗試験機で調査した。軸受要素試験では、実際のすべり軸受の形状において溝の形状を変え、大気中すべりに及ぼす影響を確認した。

2. リングオンディスク試験

大大気環境下でのすべりにおいて摩擦摩耗特性が優れた材料を探索するため、リングオンディスク摩擦摩耗試験機を用いて試験を実施し評価した。試験条件は周速 2.0m/s、荷重を 50~100N（約 0.25~0.5MPa）に変えて設定し、摺動距離 3000m で試験を行った。

2.1 材料

実際の軸受材の強度および耐摩耗性を考慮し、炭素繊維 30.9vol% を充填した PEEK に固体潤滑材の性能を比較するため、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）、BN（窒化ホウ素）、HMS（含水ケイ酸マグネシウム）をそれぞれ約 10.3vol% 添加し、二軸混練機でペレット化した後、圧縮成形によりプレートを作成し試験を実施した。

さらに、各固体潤滑材と炭素繊維の相互作用を調べるため、炭素繊維を含まない固体潤滑材のみを充填したペレットと、炭素繊維のみを充填したペレットを同様に作成し、試験を行った。Table 1 に試験に用いた PEEK 材料をまとめている。

両試験とも、相手材であるリング側の材質は実機のすべり環境を考慮し、耐摩耗特性に優れたタングステンカーバイド系材料を使用した。

2.2 試験結果

低荷重（50N）では、PTFE は炭素繊維の有無にかかわらず優れた耐摩耗特性を示し、炭素繊維充填の前後でほとんど同じ非摩耗率を示した。BN および HMS では、炭素繊維を充填することで非摩耗率が大幅に改善された。

高荷重（100N）では、PTFE の非摩耗率が大きく増加し、BN は焼き付きにより試験ができなかったが、両方とも炭素繊維を充填することで焼き付きが抑えられ、試験が可能となり非摩耗率も大幅に減少した。一方、HMS 充填材は小さい非摩耗率を示し、炭素繊維充填によりさらに低減した（Fig. 1）。Fig. 2 では、炭素繊維を充填していない PEEK 材における各充填材（1 種）による非摩耗率の荷重依存性を示している。炭素繊維および HMS は非摩耗率が低減されているのに対し、BN および PTFE は増加傾向が確認された。

Table 1 Filler content of each peek composite samples

No.	Solid lubricant (10.3vol.%)	Carbon fibers (Vol%)	Load (N)
1	PTFE	30.9	50, 100
2	BN	30.9	50, 100
3	HMS	30.9	50, 100
4	PTFE	0	50, 75, 100
5	BN	0	50, 75, 100
6	HMS	0	50, 75, 100
7	(Only CF)	30.9	50, 75, 100

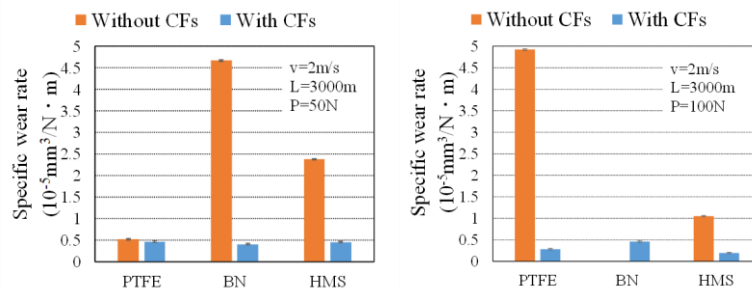


Fig. 1 固体潤滑材入り CF/PEEK の非摩耗率(左: 50N 右: 100N)

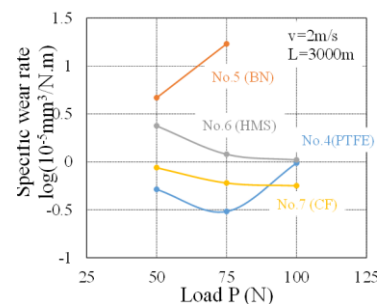


Fig. 2 加重 vs 非摩耗率(CF なし)

2.3 摩耗粉の観察

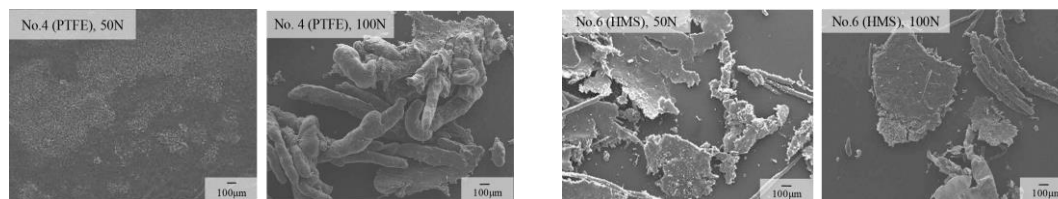


Fig. 3 CF/PEEK 摩擦摩耗試験の摩耗粉 SEM 写真：PTFE 充填材(左)、HMS 充填材(右)

HMS/PEEK は異なる荷重でも類似した形状の粒子を形成するのに対し、PTFE/PEEK は低摩耗・低摩擦であり、荷重の増加に伴って摩耗粉の大きさが変化し、摩耗の傾向が異なることが観察された。

3. すべり軸受要素試験

すべり軸受摺動面の形状の影響を調べるため、すべり面の溝形状（本数および面積率）を変えて軸受要素試験を行った。

3.1 溝形状および試験装置

軸受材には炭素繊維、PTFE、黒鉛を各 10wt% 充填した PEEK 複合材を用い、相手材としてタングステンカーバイドスリーブを使用した。試験を行った。

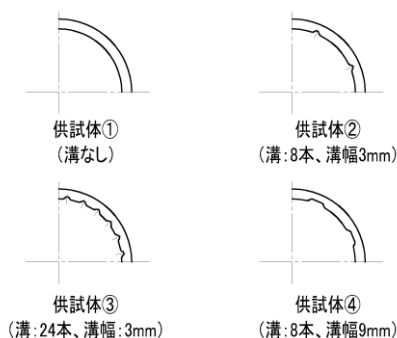


Fig. 4 軸受要素試験の溝形状

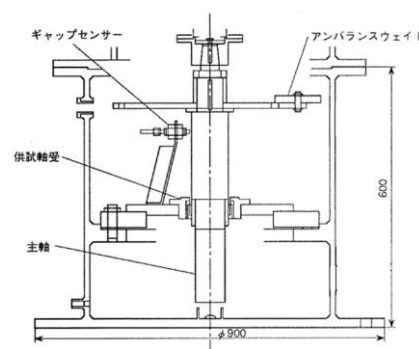


Fig. 5 軸受要素試験機構造

溝形状は Fig. 4 に示しており、溝なし（①）、溝数は同一で溝面積率が異なる（②、④）、面積率は同一で溝数または摺動部長さが異なる（③、④）の計 4 種類の供試体で試験を実施した。

試験機の構造は Fig. 5 に示しており、下部に軸受を設置し、軸にアンバランスウェイトを取り付けてすべり荷重を与え、想定される PV 値である $0.4 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ および $0.8 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$ の条件で 1 時間運転を行った。

3.2 試験結果

Fig. 6 には、1 時間運転後の軸受摺動部付近（摺動面約 1.5mm）の温度（最大温度）と後半 30 分の平均摩擦係数を示している。溝なしの①は 1 時間に達する前に焼き付きが発生したが、②～④は想定通りの運転が可能であったものの、摩擦係数および摩擦熱による軸受の最大温度には差が見られた。

溝の面積率については、面積率が大きい④が②よりも低摩擦かつ温度上昇が小さく、同一面積率では溝数が多い③が④よりもさらに低摩擦で温度上昇も小さいことが示された。

3.3 溝の面積率と本数の軸受温度上昇への影響考察

樹脂材は金属に比べ熱伝導率が低く、摩擦熱の放熱が難しいため表面温度が高くなりやすい。外周側は金属ケーシングに囲まれ温度が低く、軸受隙間を狭めて軸スリーブを押し付ける力が働く。摺動部の縦溝は表面温度を下げ、線膨張による局所的な面圧上昇を抑制すると考えられる。溝の面積率が小さく接触面積が減るほど面圧は増すが、接触面積率を確保しつつ溝数を多くすることが軸受温度の低減に効果的であった。

4. まとめ

PEEK などの樹脂材料は自己潤滑性を持ち、大気中でのすべり特性に優れている。一方で、同じ樹脂基材でも充填剤の種類やすべり面の形状によって大気中のすべり特性は異なり、自己潤滑性を十分に発揮するためには、すべり条件に適した充填剤の種類や溝の本数・面積率といった形状の選定が重要である。

文献

- 1) 金・杉山：複合樹脂製ジャーナル軸受の大気中すべりにおよぼす溝の影響、トライボロジー学会予稿集、日本トライボロジー学会（2016）186
- 2) S.Kim・K.Sugiyama・M.Maiko・N.Yosuke：Effect of Addition of Filler on the Tribological Properties of CF/PEEK Composites、Japanese Society of Tribologists ITC Fukuoka (2023) [27-A-07]

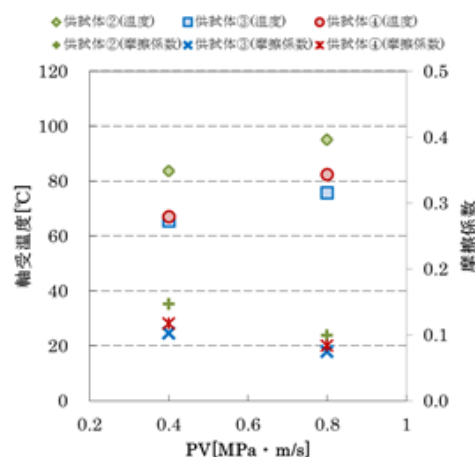


Fig. 6 軸受最大温度及び摩擦係数