

## PEEK樹脂のトライボロジー特性に及ぼす潤滑の影響

### Effect of lubrication on tribological properties of PEEK

ENEOS (正) \*辰巳 剛 Southampton 大 (非) Monica Ratoi Southampton 大 (非) Brian G. Mellor

Go Tatsumi\*, Monica Ratoi\*\*, Brian G. Mellor\*\*

\*ENEOS Corporation, \*\*University of Southampton

#### 1. はじめに

樹脂材料は、軽量・低騒音性といった利点から、様々な分野で摺動部位への適用が進んでいる一方、金属材料と比べ機械的特性や耐熱性に劣ることから、過酷な条件下で使用される場合には、摩耗や疲労、溶融といった課題を生じる場合が多い。樹脂には自己潤滑性を持つものが多く、無潤滑で使用される場合があるが、摺動特性の更なる改善には、水やオイル、グリースによる潤滑が有効な手段となる。しかし、無潤滑下と比べて、潤滑下、特にオイル潤滑下での樹脂摺動に関する報告は少なく、その効果及び作用機構は十分に解明されていない。

本研究では、摺動用途として代表的に用いられる PEEK (ポリエーテルエーテルケトン) と鋼材の組み合わせに着目し、潤滑油の粘度や潤滑油に含まれる添加剤の効果といった観点から検討したので紹介する<sup>1)-3)</sup>。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 試験装置

本研究で用いた試験装置の概要を Fig.1 に示す。ボールオンディスク型摩擦試験機 (PCS Instruments, UK) のディスク側を PEEK (Solvay® KT-820 NT, Ra ~ 0.05 μm) の板状試験片が組付けられるよう加工し、ボール側には直径 1/2 インチの鋼球 (AISI 52100) を大小 2 種類の表面粗さ (小 : Ra = 0.01-0.02 μm, 大 : Ra ~ 0.5 μm) に調整して用いた。

本研究で実施した 2 種類の試験条件を Table 1 に示す。一定速度で実施した定速条件に対し、ストライベック条件では添加剤の効果を評価するため、速度を段階的に変化させた。

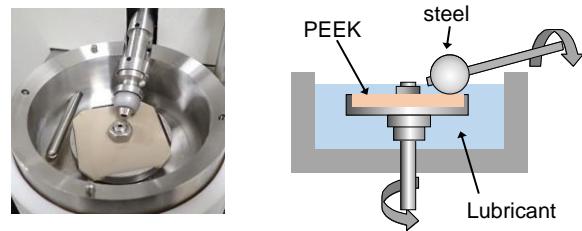


Fig. 1 Set-up appearance and configuration

Table 1 Test profiles

	Constant speed routine	Stribeck routine
Load / Pmax	50 N / 0.16 GPa	
Entrainment speed	0.5 m/s	0.005-1.0 m/s
Slide-roll ratio	50 %	
Temperature	Ambient (Approximately 25 °C)	
Testing time	60 min	60 seconds at each speed

##### 2.2 供試サンプル

本研究で用いたサンプルの組成を Table 2 に示す。PAO2, PAO4, PAO10 については、粘度の異なる Poly- $\alpha$ -olefin (PAO) をそれぞれ単独で用いた。添加剤には、鋼材の摺動において一般に摩擦低減効果を示すことが知られている有機摩擦調整剤 (OFM) として、極性基の異なるオレイルアミン (OAm), オレイン酸 (OAc), オレオイルサルコシン (OSa) を用い、PAO4 にそれぞれ 1wt.% 添加した。

Table 2 Test oil formulations

	PAO2	PAO4	PAO10	PAO4+OAm	PAO4+OAc	PAO4+OSa	
PAO2	✓						
PAO4		✓		✓	✓	✓	
PAO10			✓				
OFM				OAm (1wt.%)	OAc (1wt.%)	OSa (1wt.%)	
Kinematic viscosity - 40 °C	5.0	17.5	65.1				
- 100 °C	1.7	3.9	9.8	(Almost the same as PAO4)			

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 粘度の影響

定速条件にて表面粗さの異なる鋼球を用いて、PAO2, PAO4, PAO10 の摩擦係数を比較した結果を Fig.2 および Fig.3 に示す。鋼球の表面粗さが小さい場合、低粘度の PAO2 は PAO4 および PAO10 と比べてやや高い摩擦係数を示した。これは粘度が低いほど油膜が薄くなり、潤滑状態が境界潤滑に近づいたためと考えられる。一方で、鋼球の表面粗さが大きい場合、高粘度の PAO10 が PAO2 および PAO4 に比べて高い摩擦係数を示した。また、PEEK 試験片の摩耗量を比較すると、PAO10 では顕著に摩耗が進行していた。鋼球の表面分析を実施したところ、鋼球表面に形成される PEEK 移着膜の厚みが摩擦係数および PEEK 試験片の摩耗量と良い相関を示した。PAO10 で摩擦係数が高く、摩耗量も大きかったのは、粘度が高いほど PEEK 移着膜の形成が阻害され、潤滑状態が厳しくなったためと考えられる。

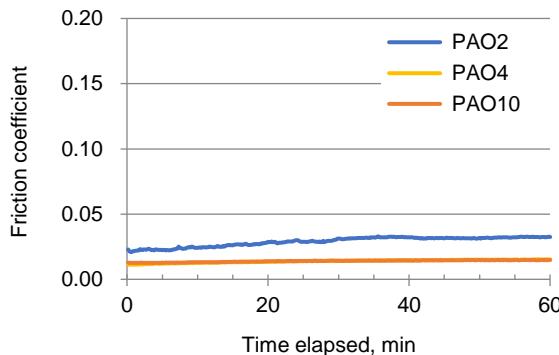


Fig. 2 Friction coefficients at constant speed routine with smooth steel balls ( $R_a=0.01\text{--}0.02\ \mu\text{m}$ )

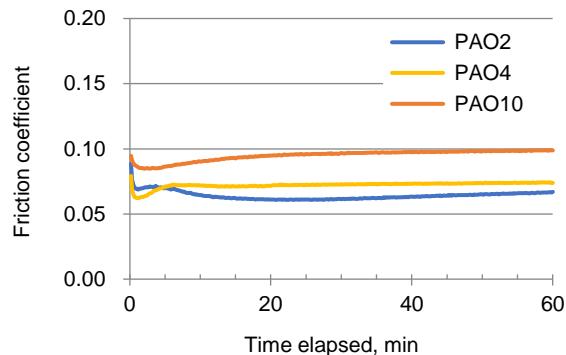


Fig. 3 Friction coefficients at constant speed routine with rough steel balls ( $R_a \sim 0.5\ \mu\text{m}$ )

#### 3.2 添加剤の影響

ストライベック条件にて表面粗さの異なる鋼球を用いて、PAO4 に OAm, OAc, OSa をそれぞれ 1wt.% 添加したサンプルの摩擦係数を比較した結果を Fig.4 および Fig.5 に示す。鋼球の表面粗さが小さい場合、OSa は優れた摩擦低減効果を示した。これは OSa が部材表面に吸着し、PEEK と鋼材の接触を緩和しているためと考えられる。一方で、鋼球の粗さが大きい場合、OSa の添加により摩擦係数は大幅に増加した。鋼球の表面分析を実施したところ、OSa を添加した際には鋼球表面の PEEK 移着膜が PAO4 単独の場合と比較して薄くなることが分かった。OSa が鋼球表面に吸着し、PEEK 移着膜の形成を阻害することで、潤滑状態が厳しくなったためと考えられる。

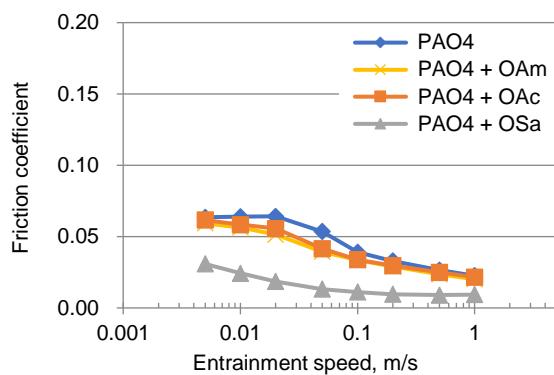


Fig. 4 Friction coefficients at striebeck routine with smooth steel balls ( $R_a=0.01\text{--}0.02\ \mu\text{m}$ )

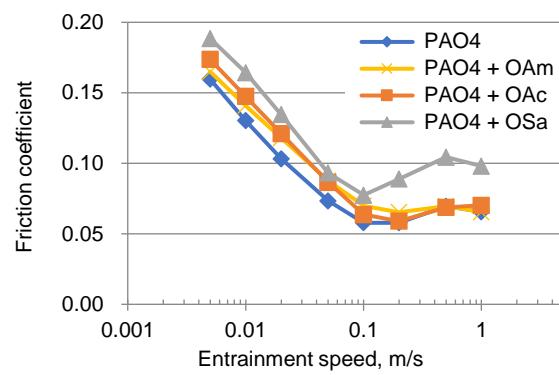


Fig. 5 Friction coefficients at striebeck routine with rough steel balls ( $R_a \sim 0.5\ \mu\text{m}$ )

### 4. おわりに

PEEK と鋼材の摺動において、潤滑油の粘度や添加剤の効果は鋼材の表面粗さに依存することが分かった。鋼材表面における PEEK 移着膜の形成への影響を考慮すべき点が、鋼材同士の摺動とは異なる特徴と考えられる。

### 文献

- 1) G. Tatsumi, M. Ratoi, Y. Shitara, K. Sakamoto & B.G. Mellor: Effect of Lubrication on Friction and Wear Properties of PEEK with Steel Counterparts, *Tribology Online*, 14, 5 (2019), 345-352.
- 2) G. Tatsumi, M. Ratoi, Y. Shitara, K. Sakamoto & B.G. Mellor: Effect of organic friction modifiers on lubrication of PEEK-steel contact, *Tribology International*, 151 (2020), 106513.
- 3) G. Tatsumi, M. Ratoi, Y. Shitara, S. Hasegawa, K. Sakamoto & B.G. Mellor: Mechanism of oil-lubrication of PEEK and its composites with steel counterparts, *Wear*, 486-487 (2021), 204085.