

S45C シリンダのスリップリングシステムにおける
固体潤滑剤 MoS₂ および PTFE の摩擦特性
Frictional Properties of Solid Lubricants MoS₂ and PTFE
in the Slip Ring System of an S45C Cylinder

日工大（学）*聶 睿格、（非）小池 涼太、（非）水村 航希、
（非）渡辺 克忠、（非）高根沢 真、（正）上野 貴博

Ruigo Nie*, Ryota Koike*, Kouki Mizumura*, Yoshitada Watanabe*, Makoto Takanezawa*, Takahiro Ueno*

*Nippon Institute of Technology

1、はじめに

電気機器の運転には整流子やスリップリングといったしゅう動部が存在し、そこでは材料の摩耗が生じる。潤滑性が悪いと電氣的ノイズが多く発生し、周辺機器の誤動作の原因となってしまう。そのため、摺動面の良好な潤滑性と低い接触電気抵抗を保つための理想的なしゅう動材料の開発が求められる。また、宇宙空間などの真空状態では液体潤滑剤の使用限界があるため固体潤滑剤を使用し、低摩擦かつ低抵抗を実現することが必要となる¹⁾。

本研究では、二硫化モリブデンおよび PTFE、それぞれのコーティング処理が施されたシリンダを使用し、ピンとの接触面の接触電気抵抗と摩擦係数を測定することで、それぞれの摩擦特性を明らかにすることを目的とした。

2、実験

2.1 摩擦しゅう動実験機概要

この実験機は、小型電動機の回転速度と同程度の最大回転速度 2500 [rpm] で回転させることが可能であるため、電動機と同様の条件下で実験することができる。また直流安定化電源を定電流モードに設定し、任意の電流値を設定することが可能である。トライボスタに、ピン試料、シリンダ試料を固定する²⁾。1 分間当たりの回転数及び摩擦力が 7 セグメント LED にて表示される。また、回転速度、摩擦力の表示だけでなく、しゅう動試験機の制御も行っている。デジタルレコーダーにそれぞれの測定値が記録される。

2.2 実験回路

本実験の実験回路は、低い抵抗を測定するため、図 1 の実験回路図で示したような、四端子法を用いて結線している。図 2 の実験素材図で示したような、ピン型試料およびシリンダ型試料を使用した。なお、両者はともに S45C あり、電気抵抗率は $1.7 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ である。

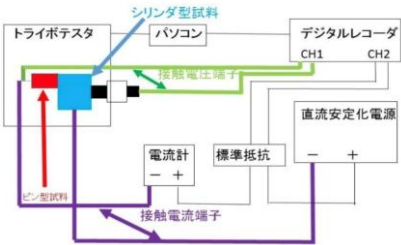


Fig. 1 実験回路

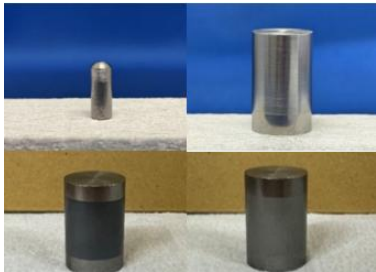


Fig. 2 実験素材（左下：MoS₂ 右下：PTFE）

2.3 実験条件および手順

本研究における実験条件を表 1 に示す

表1 実験条件

シリンダ型試料 素材	S45C
鉄ピン型試料 素材	S45C
通電電流 [A]	0.1、0.2、0.5
荷重 [kg]	0.3
回転速度 [rpm]	100
摺動試験時間 [min]	100 (50×2)
表面仕上げ	ラッピングフィルム #2000
潤滑剤コーティング	無し、二硫化モリブデン、PTFE

実験は下記の手順にて行った。

- ① 試料の研磨を行う。
- ② 試料をアセトンに浸し、超音波洗浄機にて洗浄する。
- ③ 洗浄を行った試料をコンプレッサにて乾燥させる。
- ④ 試料を実験機に取り付ける。
- ⑤ 摺動試験を開始する (50 分)。
- ⑥ 接触電気抵抗のデータを出力する。
- ⑦ 摺動試験を再開する (50 分)。
- ⑧ 接触電気抵抗及び摩擦係数のデータを出力する。
- ⑨ 試料に付着する摩耗粉をコンプレッサで除去する。
- ⑩ 試料を真空状態で保管する。

3、実験結果及び考察

3.1 摩擦係数

図3、4に摩擦係数特性を示す。

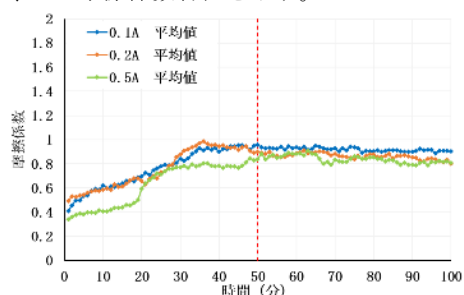


Fig. 3 Coefficient of friction (MoS2)

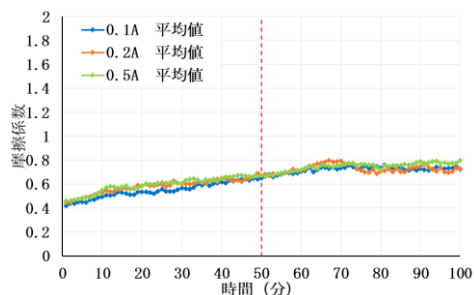


Fig. 4 Coefficient of friction (PTFE)

3.2 接触電気抵抗

図5、6に接触電気抵抗特性を示す。

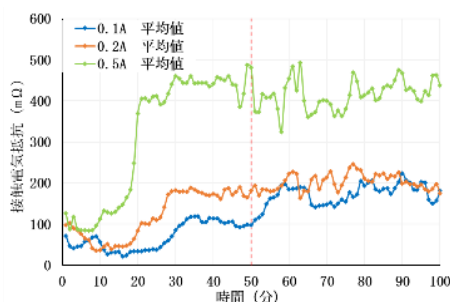


Fig. 5 Electrical contact resistance (MoS2)

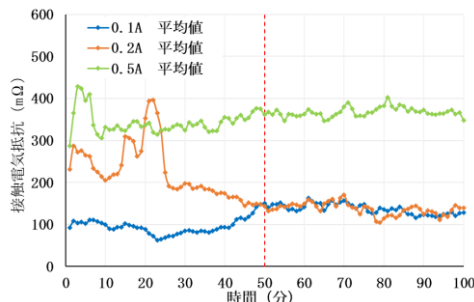


Fig. 6 Electrical contact resistance (PTFE)

3.3 摺動後表面の分析 (SEM)

図7、8にシリンダ表面のしゅう動痕分析結果を示す。

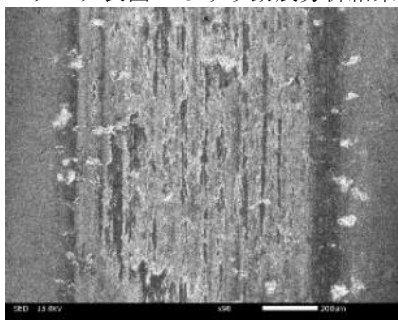


Fig. 7 SEM 観察結果 (MoS2)

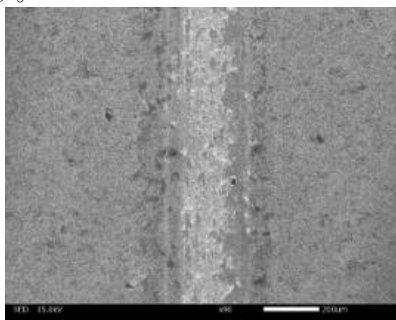


Fig. 8 SEM 観察結果 (PTFE)

3.4 考察

3.4.1 摩擦係数

MoS₂の実験結果について、最初の35分間は優れた低摩擦性が現れたが、固体潤滑剤が剥がれていくにつれて摩擦係数の測定値も上昇して推移している、後半の50分は潤滑剤なしの結果より高くなった。

PTFEの実験結果は、前者2つと比較して最も摩擦が少なく滑らかであると言える。

3.4.2 接触電気抵抗

MoS₂本来の高抵抗率特性が現れた。そして、表面分析の結果により、シリンダの表面にしゅう動痕が明らかなので、表面に酸化物が付着したことを要因として、接触抵抗の高低にばらつきがあったと考えられる。

PTFEが絶縁体として、その特性は非常に高い電気抵抗率を持つことが特徴であるが、結果は接触電気抵抗が非常に低いことを示しており、正確な原因はまだ解明されていないため今後も調査を続ける。

4、おわりに

・PTFEコーティングが施されたものが摩擦係数においても最も優れた結果を示した。これはフッ素の働きによる潤滑性によってしゅう動状態が安定し、摩耗の抑制に効果を示すといえる。また、接触電気抵抗は二硫化モリブデンより小さくなる結果を示した。

・二硫化モリブデンコーティングは潤滑性は優れているが分子の層間の結合が弱いがゆえに潤滑膜破壊されやすいということも本研究で明らかとなった。

文献

- 1) 河野彰夫, 「電気・電子材料のトライボロジー」, 株式会社リアライズ社, 1999
- 2) 山本雄二, 兼田楨宏, 「トライボロジー」, 理工学社, 1999