

高温・高速条件下における PPS 充てん PTFE 複合材の摩擦・摩耗に及ぼす 高純度水素雰囲気の影響

Effects of High Purity Hydrogen Environment on Friction and Wear of PPS-filled PTFE
Composites under High Temperature and High Sliding Speed

九州大・工（学）岡 泰生 九州大・工（非）続 加奈子 九州大・工（正）森田 健敬
スターライト工業（株）（正）三村 和令 スターライト工業（株）（非）上島 弘義
スターライト工業（株）（非）竹田 恭太 九州大・工（正）*澤江 義則

Taisei Oka*, Kanako Tsuzuki*, Takehiro Morita*, Kazunori Mimura**,

Hiroyoshi Uejima**, Kyota Takeda**, Yoshinori Sawae*

* Kyushu University, **Starlite

1. はじめに

水素ステーションにて用いられる水素ガス圧縮機のピストンリングには、自己潤滑性に優れた PTFE 複合材が広く使用されている。PTFE 複合材は、PEEK のような硬質粒子を充てんすることで、耐摩耗性を向上させている¹⁾。しかし、水素ガス圧縮機のピストンリングのように、高温かつ高純度の水素環境下で高速しゅう動する際の摩擦・摩耗特性や転移膜形成メカニズムについては、十分な知見が得られていない。本研究では、PTFE に PPS を充てんした樹脂複合材について、高温・高純度水素ガス雰囲気における摩擦・摩耗特性を評価するとともに、試験後の表面観察や表面分析により、水素雰囲気転移膜形成に及ぼす影響を探索した。

2. 試験方法

実験はピン・オン・ディスク型の高度雰囲気制御摩擦試験機を用いて行った。ピン試験片には、PTFE(80vol%)を母材とし、PPS 粒子(20vol%)を充てんした樹脂複合材を用いた。ピン試験片の形状は長さ 15 mm、直径 6 mm の円柱形である。ディスク試験片にはステンレス鋼 SUS440C を用いた。本実験では 2 m/s、4 m/s の 2 つの滑り速度条件、室温 (RT)、高温 (150℃) の 2 つの温度条件、大気、水素の 2 つの雰囲気条件の計 8 条件下においてしゅう動試験を行った。接触面圧は 1MPa、滑り距離を 30000m として実験を行った。試験後はピン表面の形態をレーザー顕微鏡で観察し、ラマン分光分析と XPS 分析によりディスク上に形成された転移膜の化学組成を調査した。

3. 結果

3.1 摩擦試験

Fig. 1, Fig. 2 に滑り速度 2 m/s および 4 m/s での摩擦係数の経時変化をそれぞれ示す。2 m/s の結果から、水素雰囲気の方が比較的、低摩擦を示した。すべり速度を 2 m/s から 4 m/s とし、しゅう動条件を厳しくすると、高温の水素雰囲気中ではピンの過大摩耗を生じたため、途中で試験を停止した。

Fig. 3 に滑り速度 2 m/s および 4m/s における比摩耗量を示す。この結果から、2m/s において室温の大気中が最も摩耗が少なく、高温の水素中が最も摩耗が多くなった。また、4m/s では比摩耗量が急激に増加した。

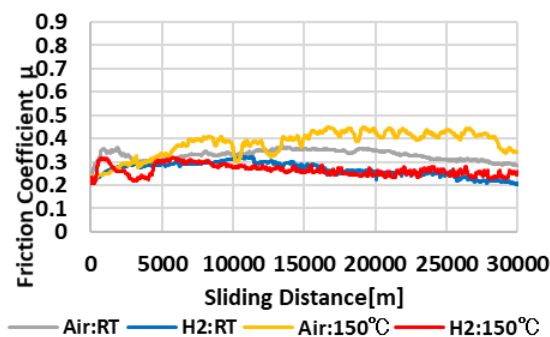


Fig.1 Friction coefficient with sliding distance at 2m/s

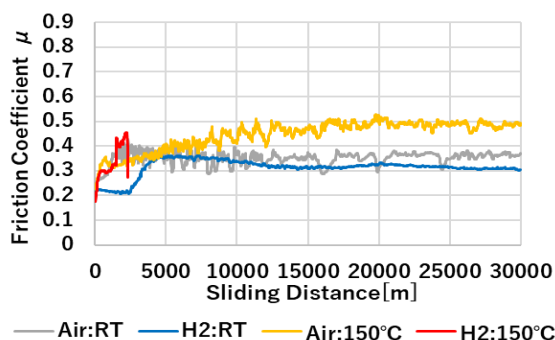


Fig.2 Friction coefficient with sliding distance at 4m/s

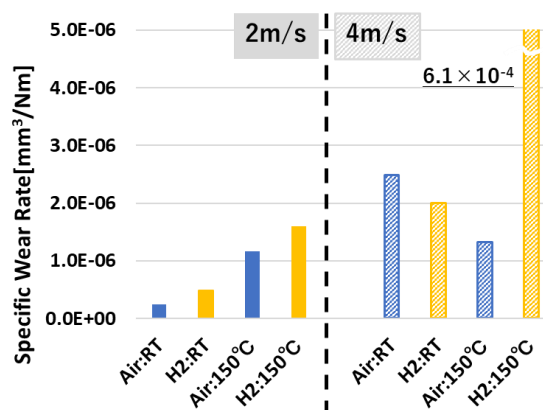


Fig.3 Specific wear rate at 2m/s and 4m/s

3.2 XPS 分析

2 m/s での試験後のディスク試験片に残ったしゅう動痕について、XPS 分析により得られた炭素、フッ素および硫黄のスペクトルを、それぞれ Fig.4, Fig.5, Fig.6 に示す。凡例は表面を Ar ガスで 4 回エッチング処理した深さごとのスペクトルを示す。硫黄に関しては、Intensity を 10 ずつシフトしたものを示している。炭素のスペクトルから、285eV 付近の c-c 結合由来のピークと 292eV 付近の c-f 結合由来のピークが確認できた。特に、室温条件では、最表面よりも深い位置において 285eV 付近から高エネルギー側に肩ができていたことが確認できた。また、フッ素のスペクトルから、689eV 付近に c-f 結合由来のピーク、685eV 付近にフッ化金属由来のピークが確認できた。加えて、2.7nm 以降はこの中間に位置する 688eV 付近にもピークが確認できた。最後に、硫黄のスペクトルから、水素中および大気室温条件では、164eV 付近に PPS とその分解生成物由来のピークが確認できた。加えて、大気条件では 169eV 付近に硫酸塩に由来すると思われる信号が見られた。

4. 考察

XPS 分析の結果から、大気中では転移膜形成への温度の影響が顕著であり、室温下では PTFE と PPS 由来の成分により転移膜を形成する一方で、高温下では、転移膜形成が抑制され、組成も変化することで、摩擦係数および比摩耗量が悪化したと考えられる。一方、水素雰囲気では転移の量と組成に対する温度の影響が比較的少なかった。そのため、4 m/s の高温条件では表面が焼き付くような反応が生じた原因について、今回の XPS 分析の結果からは明確な知見が得られなかった。

5. 結言

PPS 充てん PTFE 複合材は、高温・高速条件下においても、大気中では安定した摩擦・摩耗特性を示した。しかし、高純度水素雰囲気では過大摩耗を示した。この原因について、ディスク側の転移膜形成からは明確な知見が得られなかった。

文献

- 1) B.J.BRISCOE, LIN HENG YAO and T.A.STOLARSKI, THE FRICTION AND WEAR OF POLY(TETRAFLUORO-ETHYLENE)- POLY(ETHERETHERKETON) COMPOSITES: AN INITIAL APPRAISAL OF THE OPTIMUM COMPOSITION, Wear, 108 (1986), pp.357-374.

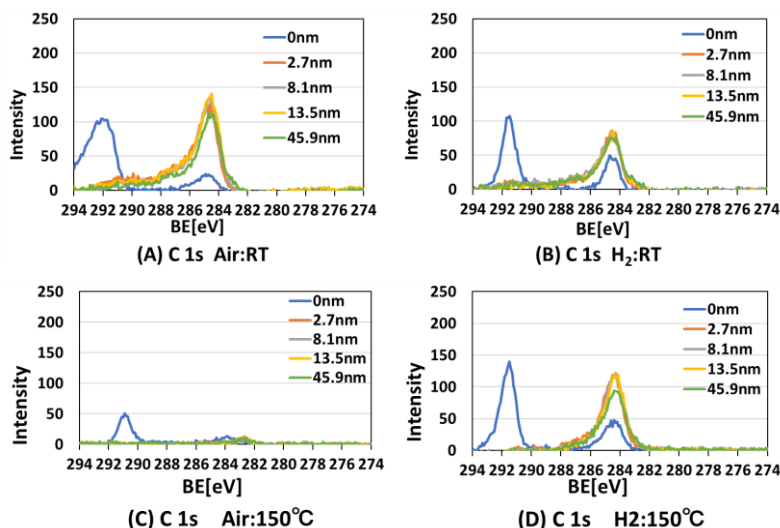


Fig.4 XPS analysis of disc specimens in 2m/s (carbon spectrum)

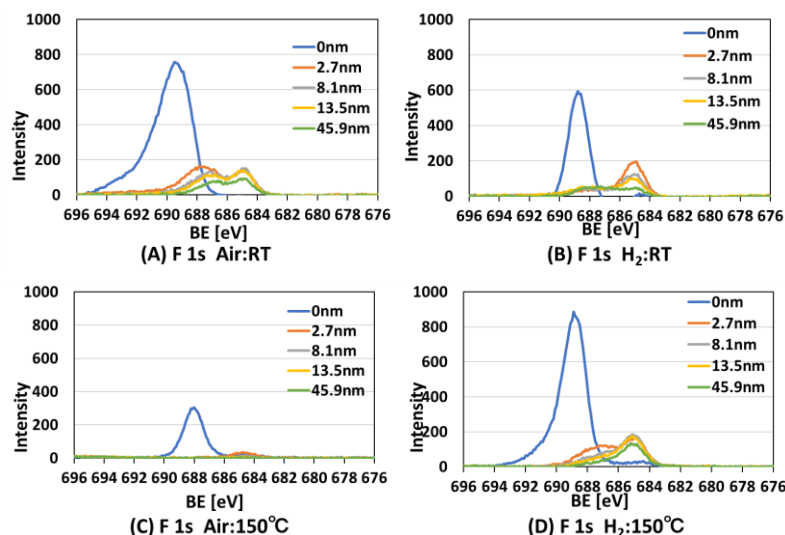


Fig.5 XPS analysis of disc specimens in 2m/s (fluorine spectrum)

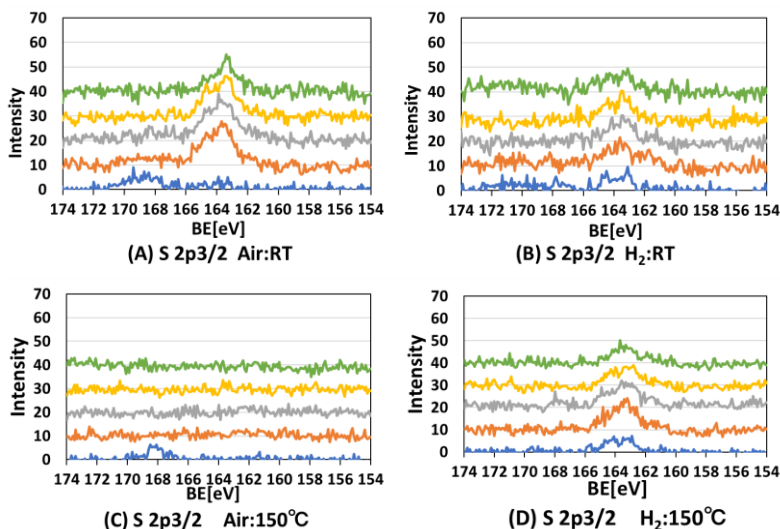


Fig.6 XPS analysis of disc specimens in 2m/s (sulfur spectrum)