

高温・高速条件下における PPS 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-based 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**,

Hiro Yoshi 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は、高純度水素ガス雰囲気において高温・高速の厳しいしゅう動条件下において使用されるため、その耐摩耗性の向上が求められている。ポリフェニレンサルファイド（Polyphenylene sulfide : PPS）を母材とした樹脂複合材は、熱分解や酸化により PPS 内の硫黄と金属相手面が反応することで転移膜を形成し、優れた耐摩耗性を示すことが報告されている¹⁾。本研究では、PPS を母材と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高速しゅう動下での摩擦・摩耗特性を評価し、水素ガス圧縮機のピストンリング材としての適性を検討した。特に、試験後の表面観察や表面分析により、転移膜形成に対する水素雰囲気の影響について探索した。

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。ピン試験片には母材である PPS に固体潤滑成分を充てんした市販のしゅう動部材用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、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、すべり距離を 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、高温・大気中が最も低摩擦であり、室温・水素中が最も摩擦係数が高くなった。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・大気中のみ 30000 m まで試験を継続可能であったが、他の 3 条件では、摩擦試験の途中で摩擦係数が急激に上昇したため、試験を途中で停止した。

Fig. 3 に滑り速度 2 m/s における比摩耗量の比較を示す。この結果から、大気中のほうが水素雰囲気中よりも摩耗が多く、温度条件では 150℃の高温のほうが室温よりも摩耗が多くなった。

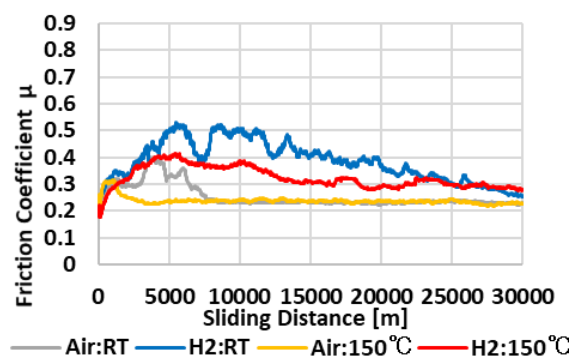


Fig.1 Friction coefficient with sliding distance at 2m/s

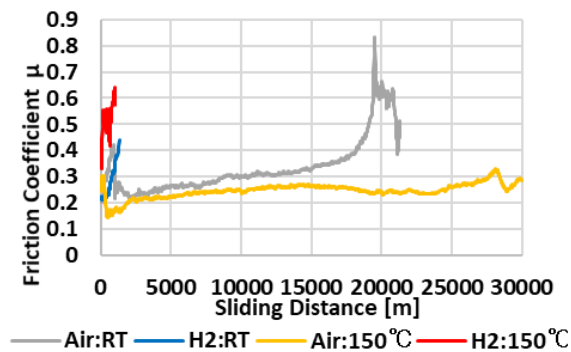


Fig.2 Friction coefficient with sliding distance at 4m/s

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と硫黄のスペクトルを、それぞれ Fig.4 と Fig.5 に示す。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、大気中では、285eV 付近の c-c 結合由来の顕著なピークから、高エネルギー側に緩やかなピークの広がりが見られた。一方、水素雰囲気中では、285eV 付近のピークがより鋭利となり、高エネルギー側への広がりが見られなかった。また 292eV 付近にフッ化炭素と思われるピークが確認できた。

硫黄のスペクトルから、大気中では移着した PPS とその分解生成物に由来すると思われる 163~165eV 付近の複数のピークに加え、169eV 周辺に硫酸塩に由来すると思われる信号が見られた。一方、水素中では硫酸塩の信号に変わり、特に高温条件下では 161eV 付近に硫化金属のピークが認められた。

4. 考察

XPS 分析の結果より、大気中では酸化を伴う PPS の熱分解が生じていることがわかる。それにより生じる PPS 由来の分解生成物が転移膜形成に貢献し、摩擦係数を安定させたと考えられる。しかし、水素雰囲気中においては、大気中のような PPS の分解が進まず、充てんされたグラファイトからの炭素を中心に転移膜が形成された。しかしグラファイトによる転移膜は、PPS の金属面への凝着を抑制するには不十分であることが XPS 分析の結果から示されている。そのため、すべり速度の上昇とともに PPS の凝着が急激に進め、激しい焼付を起こしたと考えられる。

5. 結言

大気中における高温・高速条件下のしゅう動下において、大気中の酸素や水分により PPS が酸化分解されることにより、PPS を母材とする樹脂複合材は安定した摩擦・摩耗挙動を示した。しかし高純度水素雰囲気中では、酸化分解に必要な酸素の量が限られるため、分解生成物による転移膜形成が制限され、PPS 複合材は厳しい焼き付き挙動を示した。このことから、本研究にて評価した PPS 複合材は、高圧水素ガス圧縮機のピストンリングには不適と判断される。

文献

- 1) Huimin Qi, Ligang Zhang, Ga Zhang, Tingmei Wang, Qihua Wang, Comparative study of tribochemistry of ultrahigh molecular weight polyethylene, polyphenylene sulfide and polyetherimide in tribo-composites, journal of colloid and interface science, 514 (2018), pp.615-624

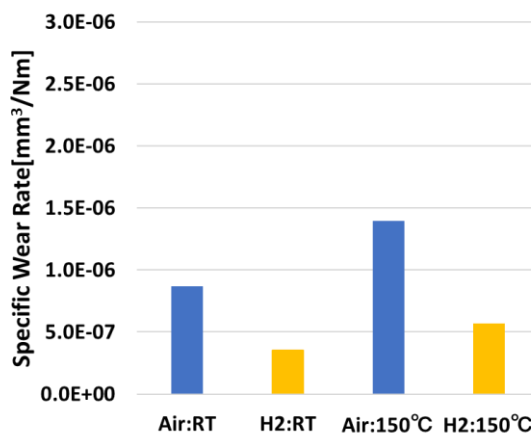


Fig.3 Specific wear rate at 2m/s

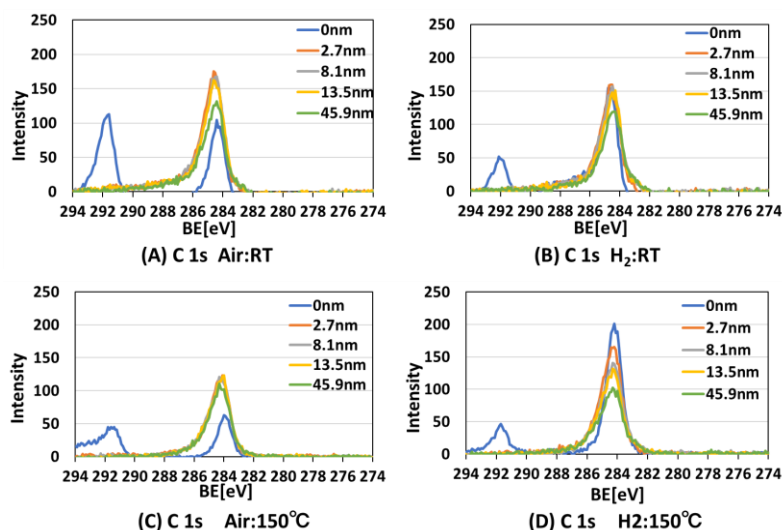


Fig.4 XPS analysis of disc specimens in 2m/s (carbon spectrum)

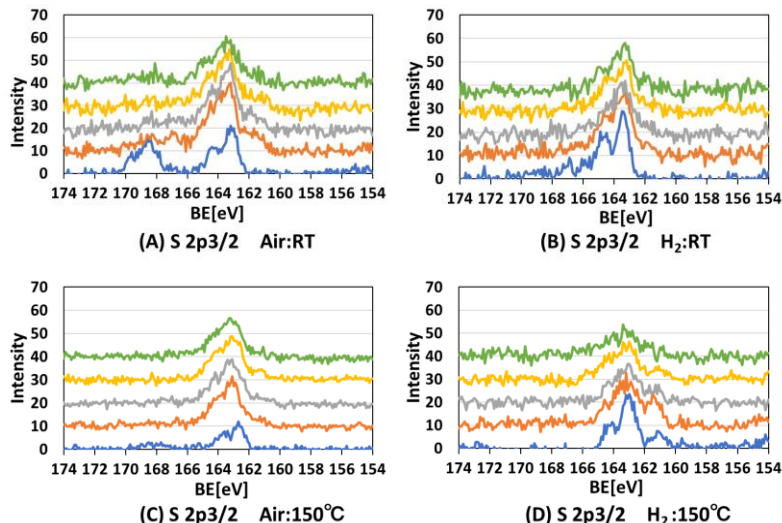


Fig.5 XPS analysis of disc specimens in 2m/s (sulfur spectrum)