

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：51101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560172

研究課題名(和文) 摩擦面温度制御による PEEK 樹脂軸受の焼付き防止システムの開発

研究課題名(英文) Development of system for preventing seizure of PEEK bearing by control of surface temperature

研究代表者

赤垣 友治 (AKAGAKI, TOMOHARU)

八戸工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：20149909

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000 円

研究成果の概要(和文)： PEEK樹脂軸受の焼付き挙動は摩擦面温度に非常に敏感である。摩擦面温度を低下させるために、低温エアジェットで冷却する方法、リング試験片側面に溝加工を施し放熱効果を高める方法の2つの方法で実験を行った。焼付きに遷移する実験条件下において、2つの方法は摩擦面温度低減効果に優れ、焼付きを回避することができた。エアジェット冷却法が温度低減効果に優れているが、摩擦係数が少し変動する傾向があった。このように、摩擦面温度を低減する方法によって、PEEK樹脂軸受の焼付きを防止できることが実証された。

研究成果の概要(英文)： Seizure behavior of PEEK bearing is strongly dependent on the surface temperature. In order to decrease the surface temperature, low temperature air-jet method using compressed air and the ring specimen with grooves on the side for increasing heat radiation have been tested. Seizure occurred in the normal test without cooling. When using these cooling methods, seizure didn't occur and the low ring temperature was kept. Although the low temperature air-jet method kept lower temperature than that in the specimen with the grooves, the friction coefficient tended to fluctuate a little. Thus it was demonstrated that cooling the frictional surface was available for preventing the seizure of PEEK bearing.

研究分野：トライボロジー

キーワード：トライボロジー PEEK樹脂軸受 焼付き 摩擦面温度 エアジェット冷却

1. 研究開始当初の背景

近年、発電システム用大型すべり軸受などの材料は従来の金属に代わり、PEEK等の樹脂材料が使われつつある。その理由としてPEEKは優れたトライボロジー特性を持ち、高温・高強度で化学的に安定しており、良好な成形性を持ち、引張特性・疲労特性・クリープ特性といった機械的強度に優れていることが挙げられる。PEEK材料が様々な分野で使用されるためには、その摩擦摩耗特性や使用限界等が明らかにされなければならない。

PEEK材料の摩擦摩耗特性は温度に非常に敏感で、摩擦面温度が100を超えて上昇すると焼付きに遷移する。発電システム等の重要なシステムにおいては、焼付きによるシステム停止は絶対に避けなければならない最重要問題である。PEEK材料の焼付き特性が温度に敏感であるので、もし摩擦面温度を低下させることができれば焼付きを回避することができると考えられる。

しかし、PEEK樹脂軸受などの焼付き防止に関する研究は国内外で見当たらない。

2. 研究の目的

そこで本研究では摩擦面温度を低下させるための方法を考案し、その摩擦面温度低減効果と焼付き防止や回避が可能かどうかを実験的に検討することを目的とする。

次の3つの方法で実験行ない比較検討を行う。

- (1) エアジェット冷却の場合：低温エアジェットをPEEK複合材料の相手材の鋼リング側面に噴射し冷却する。
- (2) 放熱面積を増加させた場合：鋼リング側面に溝加工を施し放熱性を高める。
- (3) (1)と(2)の併用

3. 研究の方法

(1) 実験装置

図1に本研究で使用したブロックオンリング型摩擦摩耗試験機の概略を示す。

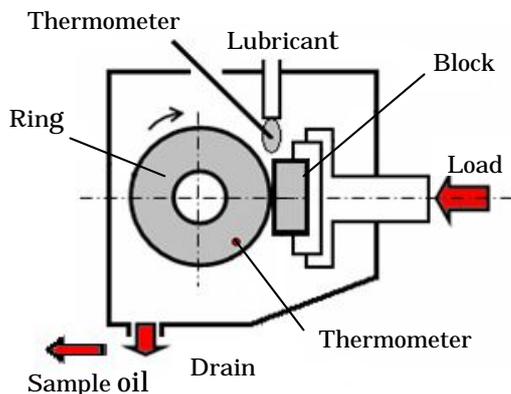


図1 実験装置概略図

(2) 実験条件

表1に使用した試験片の特性を示す。プロ

ック試験片のPEEK Comp.はエメリー研磨(#600,#800)、リング試験片(鍛鋼:SF540A)は円筒研削仕上げを施し実験に使用した。

表1 試験片の特性

	Materials	Hardness	Ra [μm]
Ring	SF540A	HV189	0.21 \pm 0.03
Block	PEEK Comp.	HD85.8	0.13 \pm 0.03

表2 実験条件

Sliding velocity [m/s]		14.9
Load [N]		1177
Test time [min]		30
Lubri- cant	Type	Non-additive turbine oil (ISO-VG46)
	Flow rate [ml/min]	64.5
	Temperature	30 \pm 3
	Method	Dropping Lubrication
Air	Cold Air rate (Cr)	75%, 50%, 25%
	Air Temp[] (Room Temp. 22 [])	-1: Cr75%, 0.6MPa -7: Cr50%, 0.6MPa -10: Cr25%, 0.6MPa

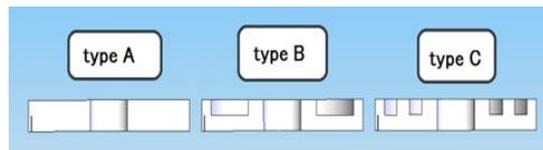


図2 側面に溝加工したリング試験片

表2に実験条件の一例を示す。実験では回転しているリング試験片にブロック試験片を静かに押し当て、10N/sの割合で既定の荷重まで増加させた。その後30分間一定荷重を保持した。実験時に荷重、摩擦トルクとリング温度を測定した。リング温度は表面下1mmの位置に埋め込んだCA熱電対(0.5)を用いて測定した。測定データはペンレコーダを用いて連続的に記録すると共に、A/D変換器を用いて0.5秒間隔でパソコンにデータを取り込んだ。

図2に3パターンのリング試験片の断面形状を示す。リング試験片は側面が無加工のタイプA、側面に溝を1つ加工したタイプBと溝を2つ加工したタイプCの3種類を用いた。

4. 研究成果

(1) エアジェット冷却について

図3, 4にすべり速度14.6m/s、荷重1177Nで、冷却をしなかった場合、100からエアジェット冷却をした場合、実験開始直後からエアジェット冷却をした場合の時間とリング温度の関係及び時間と摩擦係数の関係を各々示す。冷却を行わない場合、800sec付近

から摩擦係数が0.06まで急上昇すると共に、リング温度が約200まで急上昇し、焼付きを生じた。リング温度が100に達した直後から冷却を行った場合、摩擦係数及び温度の上昇を抑えることができ、最終的に100から105の間で安定し、焼付きを防ぐことができた。また、同じ条件で実験開始直後から冷却を行った場合には、摩擦係数と温度上昇率を共に抑制することができ、最終的に実験終了時には88となった。このように、低温エアジェット冷却法は、摩擦面温度を低下させ、焼付きへの進行を防ぐことができることがわかる。

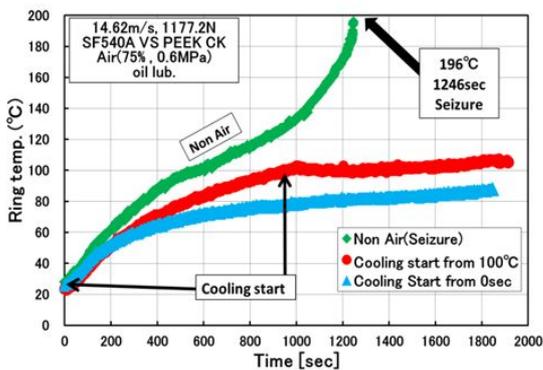


図3 リング温度（エアジェット冷却）

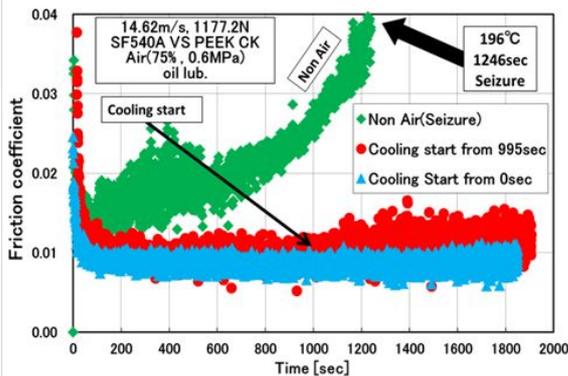


図4 摩擦係数（エアジェット冷却）

(2) リング側面溝の冷却効果（エアジェット冷却なしの場合）

図5にすべり速度14.9m/s, 荷重1177Nで冷却を行わない場合における時間と摩擦係数の関係を、図6に運転時間とリング温度の関係を示す。図6においてタイプA（溝なし）の場合、リング温度は1150sec後に24から115まで上昇し、1150secを過ぎると温度が急上昇して焼付きを生じた。図5においても1150secあたりから摩擦係数が急上昇し始め、1400secまで後に約0.035となった。タイプB（溝1つ）の場合、リング温度は600sec後に15から86まで上昇してタイプAと同様な温度上昇を見せたが、600sec以降は緩や

かな上昇となり1200sec以降は99~102で安定した。摩擦係数についても50secまでに一定となり、0.009~0.007で安定している。タイプC（溝2つ）の場合はタイプBと終始同じような温度上昇をし、92から96で安定した。摩擦係数もタイプBとほぼ同様である。これらの結果から、空冷を行わない場合においてリング試験片側面に溝を加工することにより温度、摩擦係数共に低く抑えることができ、焼付きを回避できることが分かった。

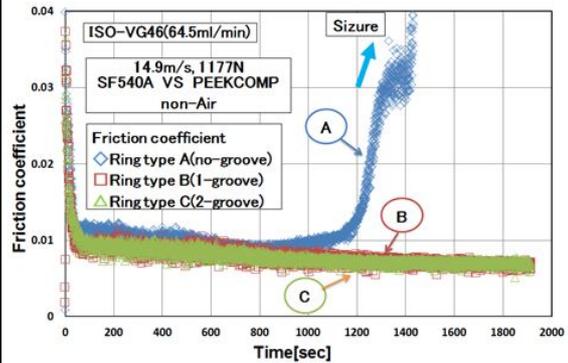


図5 摩擦係数（リング側面溝有，エアジェット冷却なしの場合）

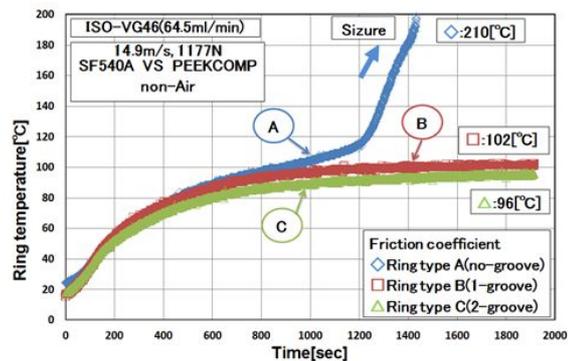


図6 リング温度（リング側面溝有，エアジェット冷却なしの場合）

(3) リング側面溝の冷却効果（エアジェット冷却ありの場合）

図7にすべり速度14.9m/s, 荷重1177Nでエアジェット冷却を行った場合における時間と摩擦係数を、図8には同条件での時間とリング温度の関係を示す。全条件で実験開始120sec後に冷却(Cr50%, Pc0.5MPa)を開始した。タイプAの場合522~822secの間空冷を停止しているが、図7よりこの区間の摩擦係数が大きく減少していることがわかる。温度は図8より空冷再開後は緩やかに上昇し1400sec後は92から97で安定している。タイプBの場合リング温度は1000secまでに83で安定している。摩擦係数も終始0.01~0.009で安定している。タイプCの場合、

リング温度は上昇を続けて 1670sec までに 130 に上昇し焼付きを生じている。摩擦係数は終始安定しなかった。その理由としてタイプCの溝に当たった冷却空気が摩擦面の潤滑油を吹き飛ばし、潤滑を阻害していることが考えられる。タイプAについては、リング試験片をエアジェット冷却することによってリング温度の上昇を抑え、焼き付きを回避できることが分かった。タイプBへのエアジェット冷却が最も温度上昇を抑える効果があることが分かった。

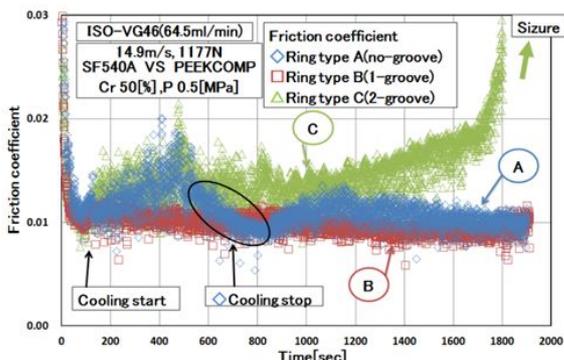


図7 摩擦係数（リング側面溝有，エアジェット冷却の場合）

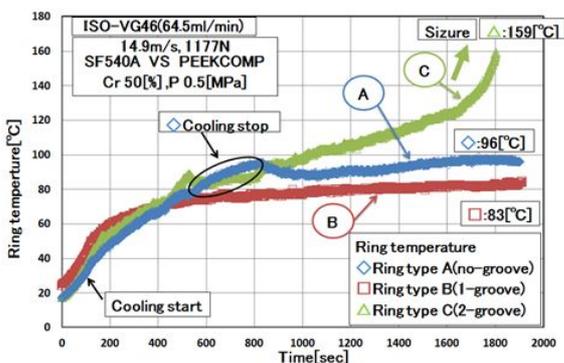


図8 リング温度（リング側面溝有，エアジェット冷却の場合）

(4) エアジェット冷却における冷風率について

図9にすべり速度 14.9m/s, 荷重 1177N, 空冷率を変化させて冷却した場合の時間と摩擦係数，リング温度の関係を示す。120～750sec は Cr75%で冷却しているが 48 から 83 まで上昇した。この区間では温度，摩擦係数共に安定することなく上昇を続けている。これは Cr75%では他の空冷率に比べて噴出す流量は多いが，冷却空気の温度が高いことが原因だと考えられる。810～1110sec で Cr50%の場合，温度は 92～95 で安定している。1170～1560sec, Cr25%の場合，温度は焼付き直前の 130 まで上昇したが，1560sec後に再び Cr50%で空冷すると最終的に 97 まで下げることができた。この結果から空冷を

行う場合の冷風率は 50%が最も冷却効果があると考えられる。

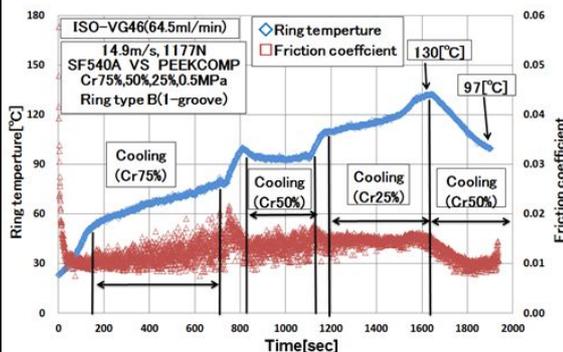


図9 冷風率とリング温度，摩擦係数の関係

(5) まとめ

低温エアジェットで冷却する方法，リング試験片側面に溝加工を施し放熱効果を高める方法は，共に摩擦面温度を低減する効果があり，PEEK樹脂軸受の焼付きを回避あるいは防止できることが実証された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) 赤垣，八木澤，川畑；潤滑すべり条件下における金属及び PEEK 樹脂の焼付き挙動，八戸工業高等専門学校研究紀要，49号，2014，p.1-6.

〔学会発表〕(計2件)

(1) 片岡，赤垣，川畑；すべり軸受材料の焼付き過程の摩耗粒子分析，第18回高専シンポジウム in 仙台，仙台高専，2013，p.394.

(2) 鳥谷部，赤垣，川畑；油潤滑下における PEEK 樹脂材料の焼付き挙動，日本トライボロジー学会，トライボロジー会議，盛岡，2014，USB-A13.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤垣 友治(AKAGAKI TOMOHARU)

八戸工業高等専門学校，機械工学科，教授
研究者番号：20149909