

## テクスチャ表面によるなじみ促進作用

In-situ Observation of Improvement of Running-in Process by Textured Surfaces

九大（院）池澤昂輝 九大（正）八木和行

Kouki Ikezawa, Kazuyuki Yagi

Kyushu University

## 1. はじめに

近年温室効果ガス排出低減や省エネルギー化は重要な課題であり、その対策として内燃機関でもエンジンオイルの低粘度化によって摩擦損失を減らす取り組みがなされている。しかし、潤滑油が低粘度化すると表面同士の直接接触の機会が増え、より厳しい潤滑環境になる。そこで、摩擦力低減などの効果を期待し、表面テクスチャの利用が提案されている[1]。本研究では混合潤滑下での表面テクスチャの効果を明らかにすることを目的とし、摩擦面の直接観察、摩擦力の挙動、そして実験後の摩擦面の表面分析を通して調べた。

## 2. 実験方法

図1に本研究で使用した実験装置の模式図を示す。潤滑面は回転サファイアディスクとピンから構成されている。荷重はエアシリンダにより実験装置下部より付加される。実験中の荷重と摩擦力は2つのロードセルにより測定される。潤滑面は実験装置上部に設置されている顕微鏡および高速度モノクロカメラにより撮影される。潤滑油には0W-8相当、添加剤として摩擦調整剤であるMoDTCと耐摩耗剤であるZDDP等が添加されているエンジンオイルを使用した。実験条件については荷重を3000N、潤滑油温度を80°C、試験時間を1時間、すべり速度を0.1m/sの条件に設定した。ピンの材質については、クロムモリブデン鋼であるSCM435を用いた。ピンの先端に直径150μm、深さ10μm、ピッチ300μmのテクスチャを施したピンと施していないピンの2種類で実験を行った。また、ピンの先端から1mm深部にK型熱電対を埋め込んで実験中の表面温度を測定した。

## 3. 実験結果・考察

図2に実験中の摩擦係数の変化を示す。平滑ピンの場合、実験開始から約900sの間、摩擦係数が0.09から0.1程度を維持し、その後、約900sかけて摩擦係数0.04までなだらかに低下した。一方、表面テクスチャ加工を施したピンでは、実験開始直後に摩擦係数が0.12から0.13まで上昇後、約900sかけて摩擦係数0.04まで低下しており、平滑ピンと比較して、実験開始直後の摩擦係数の維持が見られなかった。

図3に実験後の摩擦面中心部拡大画像と高さ分布画像、図4に凹み部分の高さ画像とプロファイルを示す。平滑ピンでは深さ約1μm、直径約10μmの凹みが点在しており、また、高さ分布ではディスクのすべり方向に筋状の形状が形成されていた。一方、テクスチャを施したピンではそのような凹みは見られず、平滑ピンの場合と比較して均一的な高さ分布であった。

反応膜について詳細に見るために、試験後のピンにおいてEDX分析を行った。表1に分析結果を示す。なお、EDX分析した質量割合wt%を用いている。表面テクスチャ加工を施した試験片は、微量ではあるが多くの添加剤由来元素が確認された。

図5に実験中の摩擦面のその場観察画像を示す。図中にはピンとディスクが接触してからの実験時間を記載している。平滑ピンでは、実験開始直後から帯状に接触し、接触中心部が黒くなっていた、その後、黒い筋が接触部全体に広がっていき、均一的な接触へと変化する様子が観察された。また、実験開始約100sからすべり方向入口側に黒い摩耗紛が堆積していることが観察された。一方、テクスチャを施したピンでは、実験開始直後から筋状に色の変化が見られず全体的に接触しており、試験終了まで変化しなかった。また、潤滑面入口側では摩耗紛の堆積は見られなかった。

これらの結果から、テクスチャ無しの試験片では摩擦試験により発生した摩耗紛が表面に食い込み、接触面の一部で摩耗紛が荷重を支える状態となり、真実接触面積の低下によって反応膜発生部の減少したため、なじみの時間が長かったと考えられる。しかし、テクスチャがあることにより、摩耗紛の収集効果が働き、より均一的に反応膜生成が生成したため、早期なじみにつながったと考えられる。

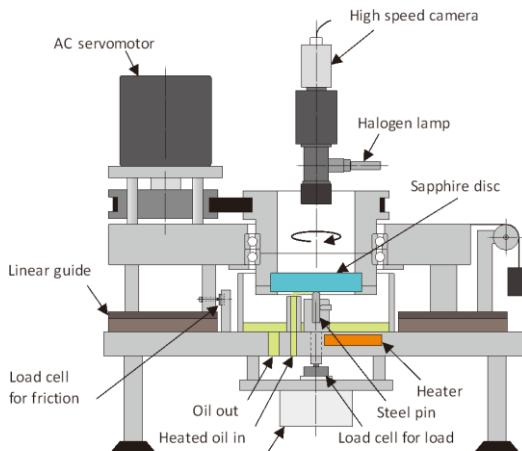


Fig.1 Test apparatus

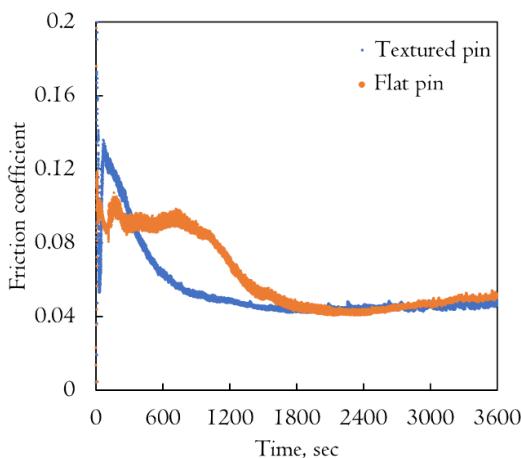


Fig.2 Variations in friction coefficient for flat pin and textured pin

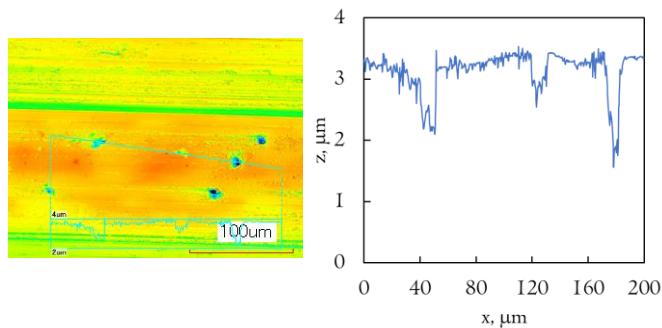


Fig.4 Height image and profile of flat surface after test

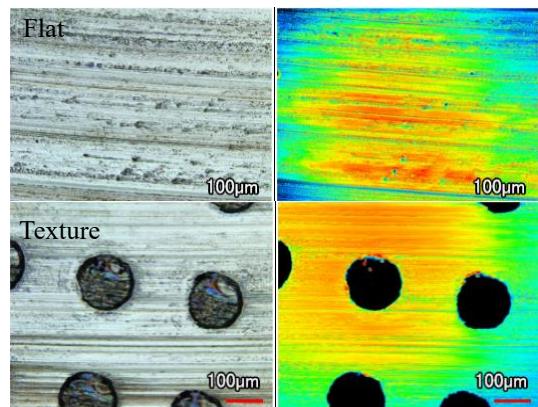


Fig.3 Optical microscope and height images of surface after tests

Table 1 Mass ratios of elements on surfaces after tests detected by EDX

	Textured pin	Flat pin
S, Mo	2.81%	2.23%
P	0.63%	0.39%
Zn	1.21%	1.02%
Ca	0.41%	0.32%

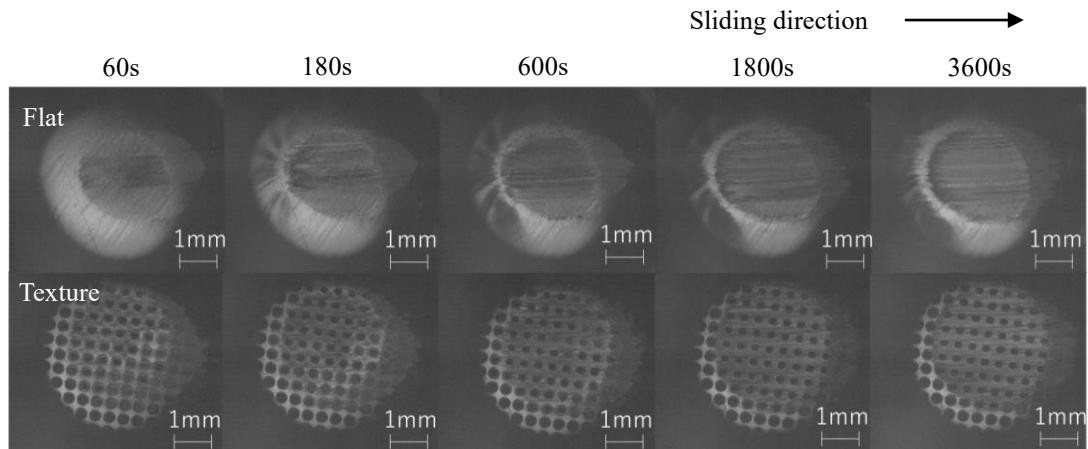


Fig.5 Visible in situ images during tests

#### 4. おわりに

本研究ではエンジン油中の潤滑面において、混合潤滑下での表面テクスチャの効果を潤滑面のその場観察や摩擦係数の挙動、そして実験後の表面分析を通して調べた。その結果、ディンプル形状のテクスチャによる摩耗粉収集効果により、早期から均一的な接触となり、なじみ現象が促進されることが明らかとなった。

#### 謝辞

本研究は自動車用内燃機関技術研究組合の事業および国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP14004）の結果得られたものです。

#### 文献

- [1] 渡辺・村田：自動車用シリンドラボアのディンプル状マイクロテクスチャによるピストンリングの摩擦低減、トライボロジスト、64, 7 (2019) 413.