

金属摺動面における異なる面積比のマイクロテクスチャによる摩擦低減

Friction reduction by micro-textures with different area ratios on metal sliding surfaces

上智大・理（正）*中島 正貴 上智大・理（正）Emir Yilmaz 上智大・理（非）田中 秀岳

いすゞ中研・（非）三田 拓朗 いすゞ中研・（正）山下 健一

Takaki Nakajima*, Emir Yilmaz*, Hidetake Tanaka*, Takuro Mita**, Kenichi Yamashita**

*Sophia University, **Isuzu Advanced Engineering Center

1. 緒言

次世代自動車の開発へ向けて、自動車をはじめとするエンジンの内燃機関における金属間の摩擦を低減させることが重要な課題となっている。摩擦を低減させることにより摩擦損失、機械損失を減らし、エンジン全体の機能を向上させることができる。摩擦を低減させるための方法として、金属表面に非常に小さな窪みを形成し摩擦を減らす表面テクスチャリングが注目されている。相対運動をする2つの金属間の片側に表面テクスチャリングを施すと、流体による圧力増加や摩耗塵の収拾といった効果がある。また、それにより2つの金属間の潤滑面における潤滑状態、すなわちストライベック曲線における立ち位置を右側に押し戻すこと効果により摩擦が減ることが知られている。しかし、この摩擦低減メカニズムは明らかになっていないため、表面テクスチャリングによる摩擦低減原理の解明を行う。本研究では、ピストンと壁面間の構造を平面化して捉え、ピストンと同様の速度変化をする環境を想定する。また、放電加工を用いて、金属摺動面の位置ごとに異なる分布の表面テクスチャリング加工を行うことによって摩擦低減を図る。

2. 方法

2.1 表面テクスチャリング

先行研究により、テクスチャの形状は楕円凹面が適するという結果が得られたため[1]、長辺1.5mm、短辺0.3mmの楕円のテクスチャ作成をする。深さについて、解析により $25\mu\text{m}$ が適切という解析結果に基づき、 $25\mu\text{m}$ に加工する。また、楕円の加工する方向について、摺動方向と楕円の短辺方向が平行となる向きで加工する。本研究では、より良質な表面状態を目指すために、放電加工により表面テクスチャリング加工を行う。放電加工により窪みの形状、 $25\mu\text{m}$ の深さ制御が可能となっている。テクスチャが全体の面積に占める割合(以下面積率と呼ぶ)は0%(テクスチャなし), 10%, 15%の3種類で分けた。先行研究により、スライダーの速度が0となる付近、つまり摺動端においてテクスチャが効果的であったため[2]端にいくほど面積率が大きくなる構造にする。テクスチャの分布を図1に示す。これをSeparate-textureタイプとし、もう1つ比較対象としてスライダー全体をテクスチャリングしたスライダーを用意した。長辺0.75mm、短辺0.27mmの楕円でテクスチャリングされており、こちらをAll-textureタイプとする。また、無加工のNon-textureタイプも用いて実験を行った。

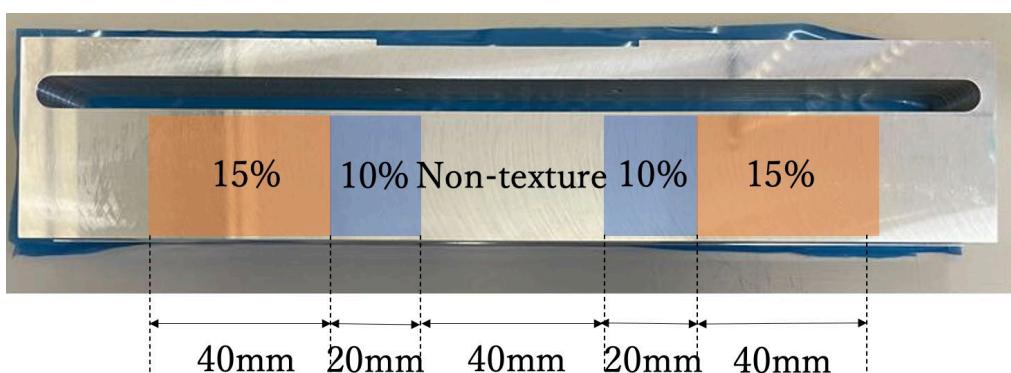


Fig.1 Texture distribution

2.2 摩擦測定

図2に装置全体の模式図を示す。測定装置はサーボモーターで駆動するスライダーと油膜厚さの調整が可能な可動式オイルパッドで構成され、スライダーと可動オイルパッド間の摩擦力を測定できる。右に示す実験条件においてそれぞれ10回ずつ測定を行った。またスライダーは単独で入れ替え可能である。

Table1 Experimental condition

	Case 1	Case 2
Temperature, degree	24.5	
Oil pressure, MPa	0.3	
Stroke, mm	180	
Sliding speed, mm/s	150, 250, 350	250
Film thickness, μm	30	30, 40, 50

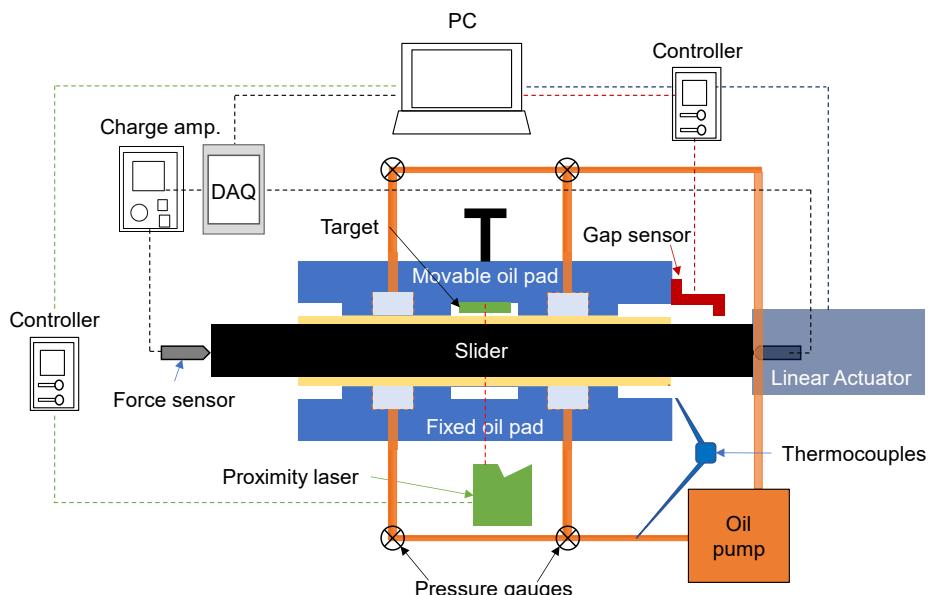


Fig.2 Schematic diagram of the device

3. 結果及び考察

図3,4に実験結果を示す。理論値とはNon-textureタイプが最も値が近く、テクスチャリングによる摩擦力の増減を確認した。Non-textureタイプと理論値の間に差ができた要因として、スライダーの摺動速度が速いと速度が一定の値において安定しないことや、摺動時以外にも摩擦力測定部自体に摩擦力がかかっていることが考えられる。All-textureタイプの摩擦力が大きくなった原因として、テクスチャの寸法、分布のいずれか、もしくは両方が摩擦を増加させてしまうようにはたらいたためであると考えられる。また、それぞれのパラメーターにおいてほとんどがSeparate-textureタイプにおいて摩擦力低減がみられ、摺動端においてテクスチャが効果的であるという先行研究と合致した。テクスチャリング加工によって表面状態が改善、すなわち油の潤滑下において油膜保持能力および膜厚による圧力増加が見込めた。

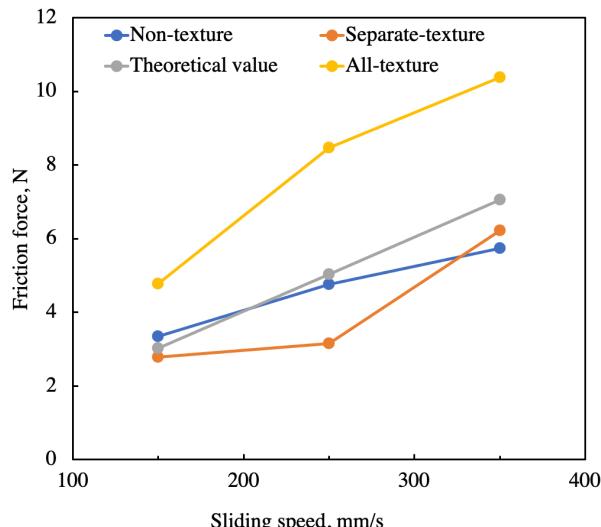


Fig.3 Friction force under changing sliding speed

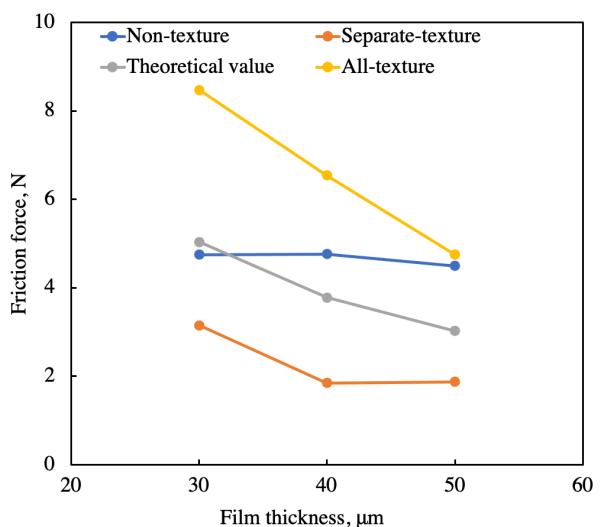


Fig.4 Friction force under changing film thickness

4. 結言

本研究では、放電加工を用いて金属摺動面の位置ごとに異なる分布の表面テクスチャリング加工を行い、摩擦力測定を行なった。その結果、各速度、膜厚ごとにテクスチャリングの有無での摩擦力の変化を確認できた。また、テクスチャリング加工を施す箇所と面積比を変えることにより摩擦力も大きく変化することから、加工箇所と面積比も重要なパラメーターとなることが分かった。

文献

- B. Denkena, T. Grove & C. Schmidt: Machining of Micro Dimples for Friction Reduction in Cylinder Liners, Procedia CIRP, 78 (2018) 318–322.
- 松村・藤野・小田・田中・岩本：表面テクスチャリングが往復動潤滑特性に及ぼす影響、日本マリンエンジニアリング学会誌第, 55, 2 (2020) 98-105.