

異なる 2 種類の仕上げ面からなるパターンニング摺動面のなじみ特性について

Running-in Properties of Patterned Sliding Surface
Consisting of Two Different Types of Finished Surfaces

名工大（学）*川上 ひかり 名工大（正）前川 寛 名工大（正）劉 曉旭 名工大（正）糸魚川 文広

Hikari Kawakami *, Satoru Maegawa *, Xiaoxu Liu *, Fumihiro Itoigawa *

*Nagoya Institute of Technology

1. はじめに

平行平板軸受などの摺動要素では、広い速度範囲にわたり低摩擦を実現することが求められる。速度の高い流体潤滑域では、対象とする軸受の形状や初期粗さに適したなじみ条件を選択し、理想的なクラウニング形状を実現することが摩擦低減に向けて重要となる。一方、比較的速度の低い混合潤滑域では、なじみによって良好なランケート粗さを実現することが重要である。膜厚が薄い同領域では谷部深さのわずかな違いや谷部領域の空間配置の差が摩擦特性に強く影響する。したがって、なじみ条件の最適化に加えて初期粗さの設計が重要となる。

そこで本研究では、混合潤滑域での摩擦低減を狙いとして、異なる 2 種類の仕上げ面からなるパターンニング粗さを対象とした摩擦実験を行った。具体的には、パターンニング付与の有無およびパターンニングの違いが、なじみ後の表面プロファイルおよび摩擦係数に及ぼす影響を検討した。以下、その結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。同装置は、回転する上試験片 (Fig. 2 左) と下試験片 (Fig. 2 右) からなるリングオンリングタイプである。上試験片は上部の AC サーボモータにより駆動される。上試験片と AC サーボモータおよび固定治具などは、2 本のスプライン軸により鉛直方向のみ自由に移動可能となるよう拘束されている。したがって、これらの自重 (105 N) が接触部に加わる垂直荷重となる。

上下試験片同士の接触部はオイルバス内に配置されている。オイルバス内の様子を Fig. 3 に示す。上下試験片の接触部の片当たりを防ぐために下試験片は鋼球によってピボット支持されている。オイルバスは摩擦力を測定するためのロードセルとばねを介して固定されている。上下試験片の材質はともに SUJ2、上試験片にのみ Fig. 2 に示したように油溝を施した。なお、両試験片の外径は 30 mm、内径は 20 mm、上試験片の各パッドの摺動方向の長さは約 10 mm である。潤滑油にはオレイル酸性リン酸エステル 1.0wt % 添加油を用いた。

初期粗さとして以下の 3 種類の条件を用意した。条件 1 では、十点平均粗さ (Rzjis) で $3.5\mu\text{m}$ 程度の粗さを均一に付与した。条件 2 と 3 では、条件 1 と同様の粗さを付与した後にサンドブラストを使用して部分的に大きな粗さを付与した。摩擦実験は、速度 1 mm/s、摺動時間 63 h でなじみ運転を行った。実験前後で上試験片の摺動面の粗さ測定およびエッジのプロファイル測定を行った。速度を 1~1000 mm/s まで変化させストライベック線図を取得した。

3. 実験結果および考察

実験結果を Fig. 4 にまとめる。上段の画像は、なじみ前の摺動面の顕微鏡画像である。図中の黒く変色している部分がサンドブラストによって大きな粗さを付与した領域である。サンドブラスト時に異なるマスクを用いること同図のように異なる粗さパターンニングを実現した。なお、図中の矢印は粗さおよびプロファイルの測定位置および測定方向である。中段および下段のグラフはなじみ前後のプロファイル測定結果であり、図中の値は粗さ測定結果である。同図より、全ての条件において粗さが減少していることがわかる。プロファイル曲線を詳しく見ると、条件 1 ではクラウニング形状が生じている一方で、条件 2 と 3 ではクラウニング形状が生じていないことが確認できる。

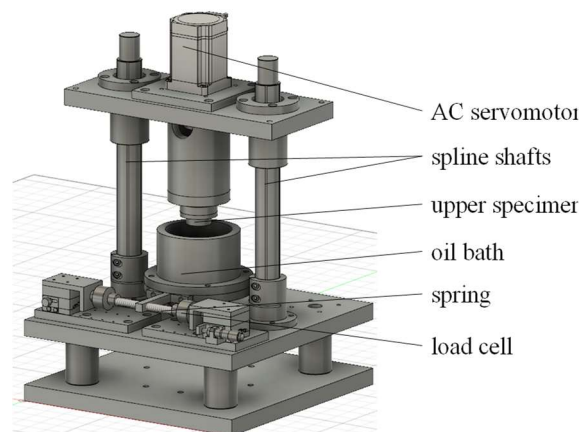
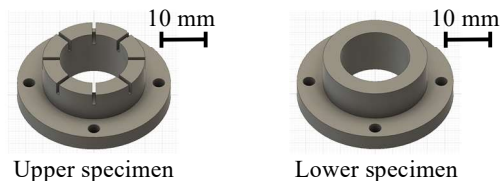


Fig. 1 Schematic of experimental apparatus



Upper specimen Lower specimen

Fig. 2 Shape of upper and lower specimen

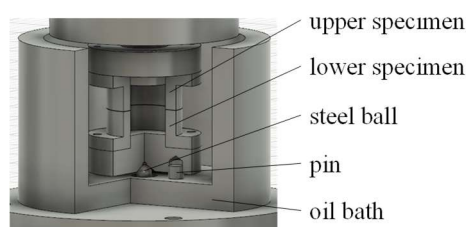


Fig. 3 Magnified view of contact region

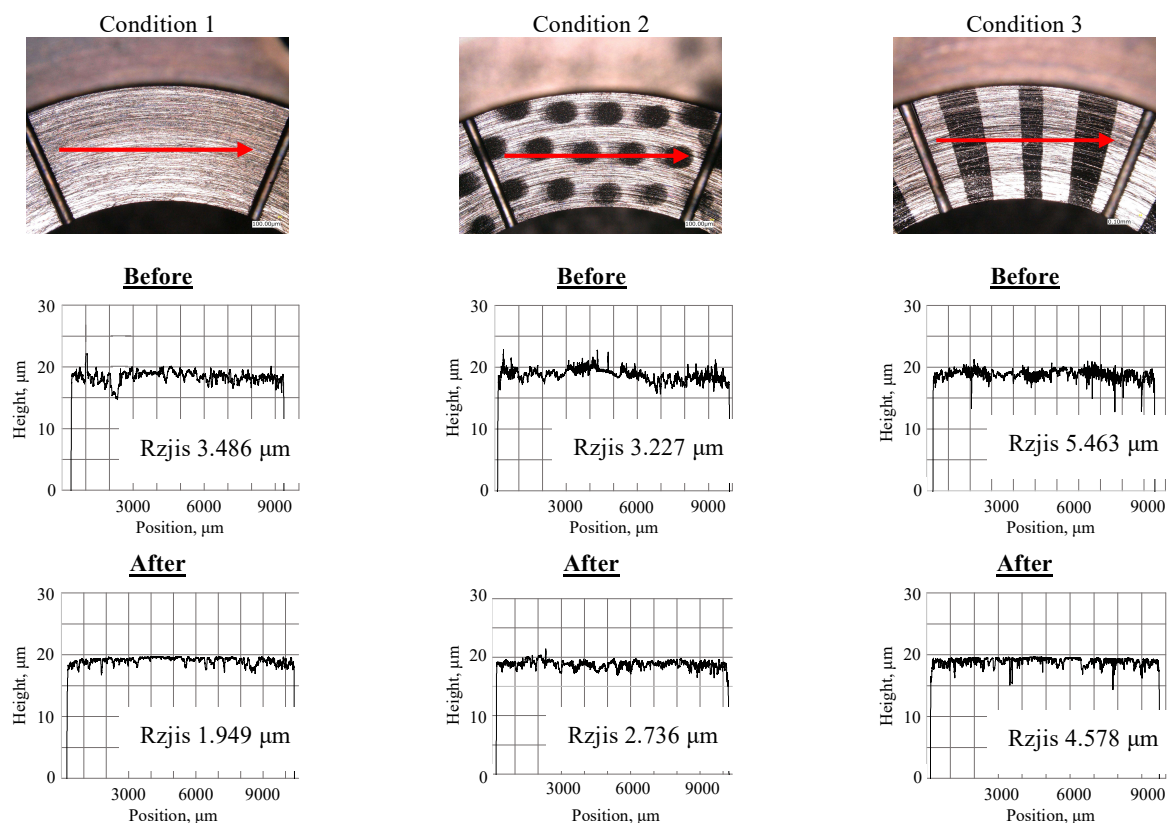


Fig. 4 Measurement results

Fig. 5 になじみ後のストライベック線図を示す。なお、図中の実線は、河鰭ら¹⁾により導出された次式に基づいている。

$$\mu \frac{B}{c} = \left(1.338 + 0.318 \frac{B}{L} \right) \left(\frac{\eta V L B^2}{W C^2} \right)^{2/3}$$

ここでは、Fig. 4 の結果に基づき、クラウニング高さ c を $0.1 \mu\text{m}$ 、粘度 η は 0.186 Pa/s とした。図より、パターンニングを付与した条件 2 と 3 は条件 1 よりも高摩擦となっている。プロファイル曲線の結果 (Fig. 4) から明らかなように、条件 2 と 3 ではクラウニング形状がうまく形成されておらず、このことが流体潤滑域での摩擦係数の悪化を生み出したものと考えられる。一方で、混合潤滑域では、狙い通り、パターンニングを付与した条件 2 と 3 では条件 1 よりも粗さが大きいにも関わらず、低摩擦となっている。プロファイル曲線の結果 (Fig. 4) を見比べると、条件 2 と 3 ではサンドブラスト領域でとくに大きな粗さ谷部が形成されており、同領域が油供給効果を発揮して低摩擦となったと考えられる。また、条件 2 と 3 を比較すると前者の方が低摩擦となっていることがわかる。これは、大気開放の有無により、油膜圧力の発生に差が生じていることが原因であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、パターンニング付与の有無およびパターンニングの違いが、なじみ後の表面プロファイルおよび摩擦係数に及ぼす影響を検討した。その結果、パターンニングを付与した場合、流体潤滑域ではクラウニング形状が形成されず、粗さを均一に付与した場合よりも高摩擦となった。一方で、混合潤滑域では、なじみ後においてもサンドブラスト領域で大きな粗さ谷部が維持されて、粗さを均一に付与した場合よりも低摩擦となった。

文献

- 1) 河鰭実昌, 吉田和仁, 糸魚川文広, 中村隆: 平行平面すべり軸受のなじみ過程における表面形状変化と潤滑特性, トライボロジスト, 60, 1, (2015)

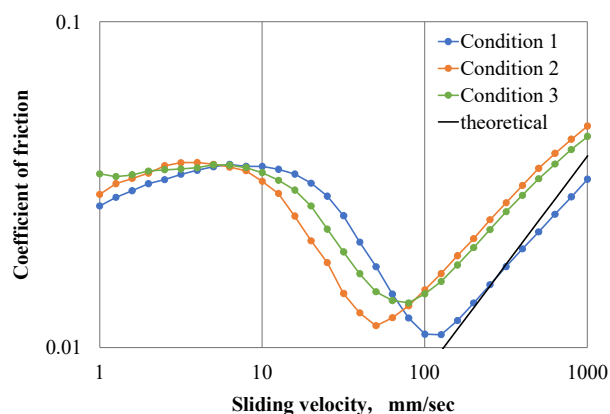


Fig. 5 Stribeck curve