

微細溝テクスチャの摩擦特性

Tribological properties of micro grooved texture

名城大・院 理工（学）*竹内 蒼 名城大・理工（正）**宇佐美 初彦

So Takeuchi*, Hatsuhiko Usami**

*Graduate School of Meijo University, **Meijo University

1. はじめに

レーザーによる微細加工は種々の材種に適用可能な手法であり、微細で精密な表面形状付与に広く応用されている。その材料除去機構は表面の局所加熱による熔融であり、加工部周囲での熱影響層形成や熔融物の付着により形状精度を損なう場合もあるが、これらについては研磨等の追加工によって低減あるいは除去が可能であり、テクスチャリングのための加工法としての応用例は多い。

タイヤのトレッドパターンは溝形状テクスチャの一形態であるが、これは排水性を高め接地部分の摩擦抵抗を維持することを目的としており¹⁾、溝開口部と溝深さの比（アスペクト比）は比較的大きい。一方、マイクログループ軸受²⁾のように摩擦抵抗低減のための浅くアスペクト比の小さい溝形状テクスチャ³⁾も既に実用に供されていることから、テクスチャの形状を適正化することで摩擦を制御できる可能性がある。

ディンプルから構成されるテクスチャの摩擦低減機構としては、摩耗粉の捕集や油溜り効果が指摘されている⁴⁾。溝形状テクスチャでも、供給油量が十分な場合には同様な摩擦低減効果が期待できる⁵⁾。特に摩耗粉を接触部から排出できるのでより摩耗粉に起因する油膜破断抑制の効果はディンプルから構成されるテクスチャよりも高い効果を発現する可能性は高い。

本報告ではレーザー加工によって形成された種々の突起群から構成される微細溝形状テクスチャの摩擦低減機構について、主としてテクスチャ形状の影響について検討した結果を報告すると共に、適正形状について考察を加えた。

2. 実験方法

2.1 テクスチャリング

試験片はクロム軸受鋼（SUS2）ディスク（外径 42 mm 内径 26 mm 厚さ 3 mm）であり、一端面を鏡面仕上げした後、微細溝形状のテクスチャを付与した。微細溝加工にはファイバーレーザー（波長 1064nm）を光源とするレーザー加工機を使用した。また、加工条件は Table 1 のとおりである。微細溝加工後にはダイヤモンドスラリーで周囲の隆起部分を研磨により除去した。加工後のディスク試験片の外観および溝部拡大像である。図示のごとく、方向の異なる微細溝テクスチャを付与した。一つは半径方向に 45° 傾斜、他は螺旋状である。いずれも溝幅 20 μm 深さ 2~3 μm 、溝間隔は接触部で 200 μm 程度である。

相手材は炭素鋼（S45C）リング焼きなまし材である。接触部の外径/内径は 37/33mm であり、放射状に 4 か所の溝（幅 4mm）が付与されている。リング側摩擦面もディスク側摩擦面と同様に鏡面仕上げとした。その硬さは 180Hv であり、ディスク試験片（800Hv）に比して軟質である。硬質材側にテクスチャを付与した目的は、摩耗によるテクスチャ形状変化の抑制にある。

Table 1 Laser engraving condition

Laser power, W	3.0
Scan speed, mm/s	150
Repetition frequency, kHz	30

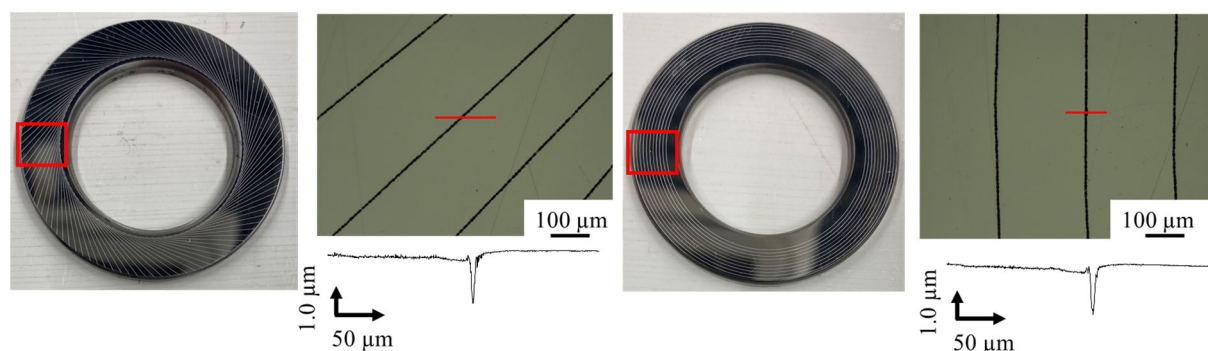


Fig.1 Optical microscope image and cross-sectional profile of micro-grooved disc surface

3. 実験結果

使用した試験装置は空気圧で接触荷重を付与する方式の摩擦試験装置であり、リング試験片は装置上部の駆動軸に、ディスク試験片は摩擦力検出機構を内蔵するプレートに固定される。ディスク試験片に潤滑油を滴下しリング試験片と接触させ駆動することで実験を開始した。試験条件は Table 2 のとおりである。

摩擦特性が Fig. 2 である。鏡面 (Non-texture) の場合、摩擦係数は実験初期に 0.08 程度まで急増した後に減少し、最終的には 0.02 程度となった。螺旋状 (Spiral) テクスチャを付与した場合の摩擦係数は鏡面と同様に実験初期には急激な増加と減少を繰り返すが、最終的には 0.03 程度となった。傾斜溝 (Inclined spiral) 面の摩擦係数も実験初期に変動するが、摩擦距離の増加に伴う低下はみられなかった。以上のように、実験終了直前の摩擦係数は鏡面が最小であり、螺旋状溝テクスチャでは鏡面よりも若干高い。

実験後の摩擦面の光学顕微鏡像および表面あらさが Fig. 3 である。鏡面の場合、硬質なディスクの一部の深さ $0.3\mu\text{m}$ 程度の条痕が形成されており、対応するリング側摩擦面と共に大きく変色している。摩擦係数の挙動から推定して、このような損傷は実験初期に形成された可能性が高い。これに対してテクスチャ面では摩擦面全体にわたり微細な条痕は形成されているものの、局所的な損傷は見られず溝も残存している。微細溝が摩耗粉の排出を促進しているのであれば、摩耗粉の成長が抑制され結果として摩擦面の局所的な損傷を抑制する可能性が示唆される。一方、溝の形成は接触面での動圧発生を低減することから、摩擦方向に対して溝間隔の狭い傾斜溝面では摩擦係数が増加したと推定される。

Table 2 Testing condition

Applied load, N	150
Sliding speed, m/s	1.0
Sliding distance, m	2000
Lubricating oil amount, ml	0.2
Lubricating oil temperature, °C	20

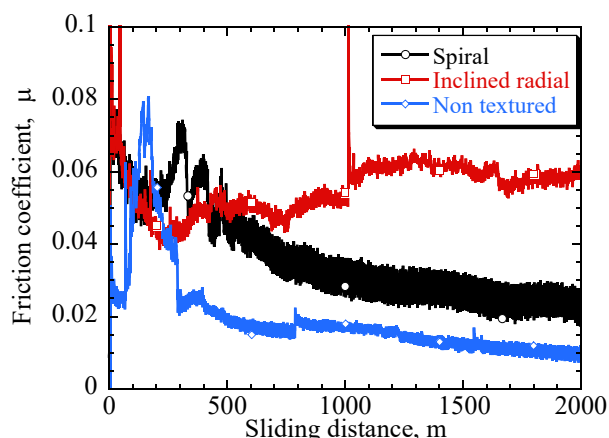


Fig.2 Friction coefficient as a function of sliding distance

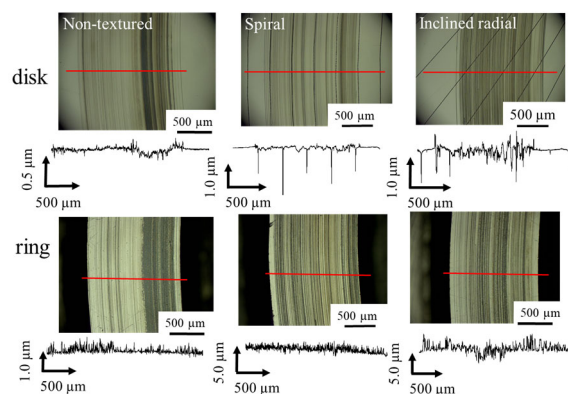


Fig.3 Optical microscope image and cross-sectional profile of disk(upper) and ring(lower) surface after experiment

4. まとめ

レーザー加工により微細溝テクスチャを付与した際の潤滑摩擦特性を評価した結果、摩擦係数は配向に依存することが確認された。また、微細溝の付与により接触面の局所的な接触が抑制された。

参考文献

- 1) 中村・姫野・小栗：路面のすべり摩擦抵抗に影響を及ぼす要因に関する研究，土木学会第 55 回年次学術講演論文集，9 (2000)，27.
- 2) 熊田・橋爪・木村：円周方向にマイクログループをもつ滑り軸受の特性，トライボロジスト，43，6 (1998)，456.
- 3) 加藤：自動車エンジン用マイクログループ軸受の溝寸法の最適化，自動車技術会論文集，51，11 (2020)，974-977.
- 4) 佐藤・新美・神田・西尾・早川・宇佐美：微細連続切削によって付与したディンプル形状がアルミニウム合金の摩擦特性に及ぼす影響，トライボロジスト，65，9 (2018)，629-640
- 5) 松村・藤野・地引・岩本・小田：溝形状表面テクスチャリングによる往復動潤滑面の摩擦低減効果とその設計指針，日本マリンエンジニアリング学会誌，57，5 (2022) 89-99.