

## 摩擦特性に及ぼすレーザーテクスチャリングと組織構造の相乗効果

Combined effects of surface texturing and micro structure transformation on tribological properties of laser irradiated surface

名城大・院（学）\*平岡 侑真 名城大（正）宇佐美 初彦

Yuma Hiraoka\*, Hatsuhiro Usami\*

\*Meijo University

### 1. 結言

表面テクスチャリングは摩擦特性の制御を目的とした表面改質技術の一つ<sup>1)</sup>であり、凹部が独立した閉空間を形成するディンプル（以降凹構造と称する）と開放構造の溝構造（凸構造）に大別される。テクスチャの摩擦低減機構には油剤貯留<sup>2)</sup>と異物捕集機能があげられるが、凹構造では凹部の空間容積による異物捕集能に制約が、凸構造では油剤の流出が摩擦低減機構を抑制する。油剤が潤滑に供給される環境では凸構造の油剤流出の影響は抑制されるので、旋回運動するスクロール型コンプレッサやジャーナル軸受に実用化され、摩擦低減のみならず初期なじみの促進にも寄与する。

汎用のすべり軸受に負荷される荷重は材料の降伏応力に比して非常に小さく、接触面の一部が荷重を支持する環境であり、テクスチャリングによるみかけの接触面積の減少よりも潤滑油剤による摩擦低減効果の影響が大きいと予想される。したがって、十分な潤滑油が供給される環境では、平坦部の面積率の小さい凸構造テクスチャを付与することで、凝着成長に伴う摩擦抵抗や摩耗を抑制できる可能性は高い。

ところで、テクスチャリングには種々の手法が適用されるが、レーザーによる除去加工では、照射部の溶融により形状が付与<sup>3)</sup>されるので硬質材に対しても微細形状を精密かつ迅速に付与できるだけでなく、熱履歴を活用することで表面改質の同時付与も可能となる、炭素鋼の場合、融点付近への急速な加熱と急冷により組織構造がマルテンサイト化する<sup>4)</sup>が、これによりテクスチャ界面を硬質化できるので、表面改質も同時に実施可能である。

本報告では、レーザーテクスチャリングによって炭素鋼に配列した円柱突起形状から構成されるテクスチャリングを施し、その摩擦特性を乾燥および潤滑条件で評価し、テクスチャの摩擦低減安定化機構を検討した。特に摩耗粉の挙動に着目し、その排出効果と凝着成長の摩擦特性に及ぼす影響を考察した。

### 2. 実験方法

試験片は炭素鋼 S10C である。鋳塊より旋削により  $\phi 44/20 \times 8$  mm のディスク形状に加工した後、その一端面に円形凸部（直径 0.5mm 高さ 20mm）が千鳥配列したテクスチャを付与した。テクスチャリングにはファイバーレーザー加工機（波長 1064 nm）を使用した。Figure 1 はテクスチャ面の光学顕微鏡像（面積率 10%）である。加工後には円柱突起周囲にバリが形成されるので、研磨により除去し実験に供した。

摩擦特性は高周波焼入れした S45C リング材（ $\phi 33/29$  mm, h15 mm）を相手材とした面接触方式で評価した。実験条件は摩擦速度 0.25m/s、荷重 50N（乾燥条件）および 150N（潤滑条件）とした。なお、潤滑油剤は添加剤未配合の粘度指数 0W-8 の自動車エンジン油でその供給量は 0.4ml である。

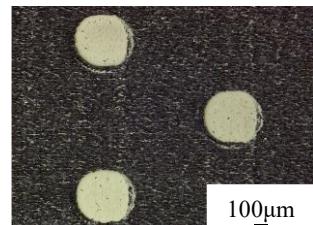


Fig. 1 Overview of textured surface

### 3. 結果および考察

#### 3.1 乾燥摩擦特性

Figure 2 は乾燥状態での摩擦特性である。レーザーの照射条件は 6W であり、テクスチャ形状の異なる 2 表面（突起径 0.5mm、面積率 10%、同 1mm、40%）を作製した。いずれの表面でも摩擦係数は実験初期から緩やかに増加し最終的には 0.12-0.15 となるが、未テクスチャ面（鏡面）では実験開始直後から急増する。面積率 40% の摩擦係数でも同様な形状であり、脈動が頻発している。面積率 10% の実験開始直後の摩擦係数は 0.05 以下と非常に低い。

Figure 3 は試験後の摩擦面の光学顕微鏡像である。鏡面のディスク摩擦面には中央部に深い条痕が形成されており、周囲は酸化層で覆われている。条痕内部には粒子の嗜み込みも確認される。この粒子は微細な粒子が凝集し形成されたようである。10% テクスチャ面では凸部は変色しているものの、深い条痕は確認されない。また、凸部前方には粉体が堆積してい

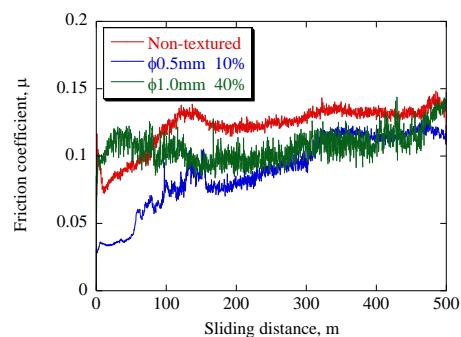


Fig. 2 Friction coefficient of non-textured and convex textured

るが、これは摩耗粉と推定されるが、これは相手材であるリング摩擦面に移着した摩耗粉を突起が搔き落とした可能性を示唆する。40%テクスチャ面でも突起前方で粉体が堆積しているが、鏡面と同様に深い条痕が形成されている。以上から、面積率の小さい凸構造テクスチャでは、突起部前縁で相手材の移着層を搔き落とし、凝着成長を抑制効果の発現が示唆された。

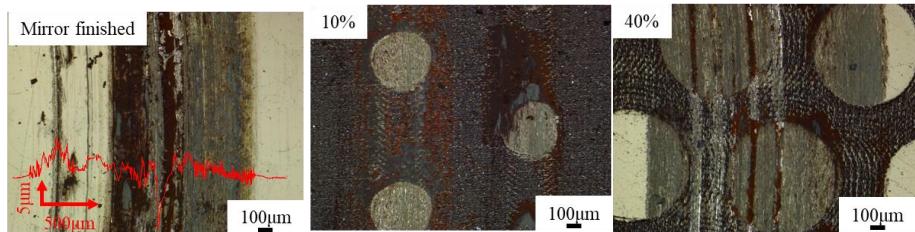


Fig. 3 Optical microscope image of disc surface after dry test

### 3.2 潤滑摩擦特性

潤滑条件の摩擦特性が Figure 3 である。いずれの結果も摩擦係数は摩擦距離の増加に伴い上昇していくが、鏡面や 40%テクスチャ面では脈動を伴う。一方、10%テクスチャ面の摩擦係数では脈動の発生は僅かであり、鏡面には及ばないものの低く安定している。実験後のディスク摩擦では、鏡面では接触部中央に凝着痕が形成されているが、その深さは浅く周囲の損傷は僅かであることから油膜が荷重を支持していた可能性が示唆される。一方、テクスチャ面では凸部に凝着の痕跡は確認されるものの、鏡面に比して損傷は僅かである。

乾燥摩擦で示唆された凸テクスチャ面の凸部前縁での移着層搔き落とし効果を考慮すれば、接触長さの抑制効果と相まって摩耗粉の成長が抑制される反面、動圧も十分発生せず、摩擦係数の脈動は抑制されるものの、摩擦係数は低下しないことになる。また、潤滑状態では突起部境界には接触の痕跡は確認されない。境界部はレーザー照射により内部よりも硬質化しており、潤滑状態では摩耗粉の搔き落としに硬質化が影響している可能性が示唆された。

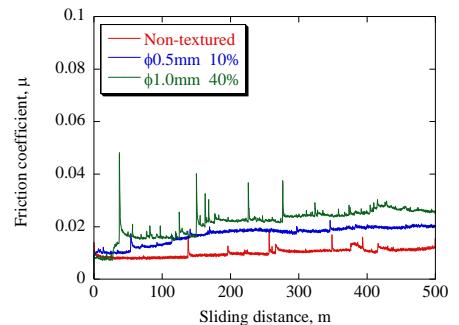


Fig. 4 Friction coefficient of lubricated condition

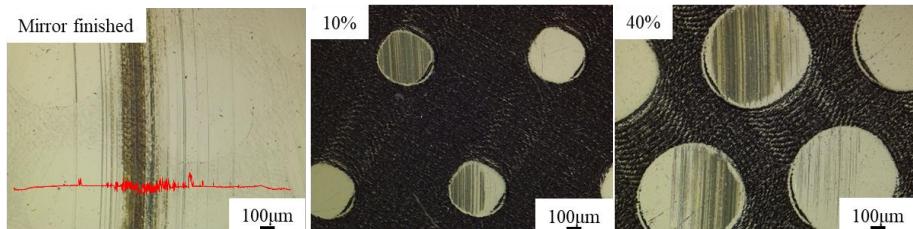


Fig. 4 Optical microscope image of disc surface after lubricated test

### 3. 結言

炭素鋼 S10C 表面にレーザー加工により凸テクスチャを付与し、乾燥および潤滑条件で摩擦特性を評価した結果、以下の結果を得た。

- (1) 乾燥摩擦では突起部前縁での相手材表面の移着層の搔き落とし効果の発現し、これにより鏡面に比して摩擦係数が安定化する可能性が示唆された。
- (2) 潤滑状態でも凸テクスチャの摩擦安定効果が確認された。
- (3) レーザー加工による突起部周囲の硬質化の影響は潤滑状態では確認されたが、今後の詳細な検討が必要である。

### 文献

- 1) 佐々木信也：表面テクスチャリングによるトライボロジー特性、表面技術, 65, 12 (2014) 568-572
- 2) 是永敦：サーフェステクスチャの形状寸法とトライボロジー特性、トライボロジスト, 55, 2 (2010) 101-106
- 3) 宮崎俊行：レーザによる微細加工、電気加工学会誌, 37, 86 (2003) 19-25
- 4) 中崎一之, 井上達雄：パルス YAG レーザによる炭素鋼の焼入れの変態・熱・力学シミュレーション、「材料」(J.Soc.Mat.Sci,Japan), 46, 3 (1997) 268-275