

タイリング加工によって形成した紡錘形ディンプルが摩擦特性に及ぼす影響

Effect of fusiform-shaped dimple by means of tiling process on tribological properties

兼房(株) (非) *佐藤 寿樹 兼房(株) (非) 神田 保之 兼房(株) (非) 西尾 悟

名城大・理工 (正) 早川 昇吾 名城大 (正) 宇佐美 初彦

Toshiki Sato*, Yasuyuki Kanda*, Satoru Nishio*, Shogo Hayakawa**, Hatsuhiko Usami**

*Kanefusa Corporation, **Meijo University

1. はじめに

表面形状制御技術であるテクスチャリングは、その凹部が摩耗粉捕集や油溜り、動圧発生の機能を持つことで摩擦抵抗の低減安定化に寄与することが知られている。凹部の形状は円形であることが多く、その寸法や面積率が摩擦特性に影響を及ぼすことが報告されている¹⁾。開口形状を変化させた場合の影響についても検討されており、楕円や三角形の場合には円形と比べて摩擦特性が向上する結果が報告されている²⁾。

テクスチャリング手法には種々の加工方法が提案されており、切削加工やショットブラストの他、形状を精密に制御する場合には、レーザーアブレーションやエッチングによる手法を用いることが多いようである³⁾。しかしながら、加工部品形状の制限や、加工時間の観点から課題が残る。

筆者らは、加工による高速テクスチャリング手法であるタイリング加工によって、円形のマイクロディンプルからなるテクスチャを形成し、摩擦特性が向上することを実験的に確認した⁴⁾。この手法では工具刃先形状や切削条件を工夫することで、テクスチャの開口形状を変化させることができる。

本報では、刃先形状を変化させたタイリング工具を用いて形成した特殊形状のマイクロディンプルについて、摩擦試験によりトライボロジー特性を評価した結果を報告する。

2. 試験片

試験片は casting aluminum alloy AC8A-T6 material. Cast block is turned to a disk shape of $\phi 44 \times \phi 20 \times t 8 \text{ mm}$. The one end face is used as the test surface. The texturing is performed by CNC machining center. The test piece is fixed to the chuck part of the machining center, and as shown in Fig. 1, the cutting edge is protruded on the outer periphery by end mill. By the tiling process, the circular and fusiform dimples are formed. The size and area ratio of the dimples are controlled by controlling the cutting conditions and tool path. After the tiling process, the test piece surface is polished by diamond slurry to $\leq 0.03 \mu\text{m Ra}$. Figure 2 shows the laser microscope image and cross-sectional profile of the fusiform dimple.

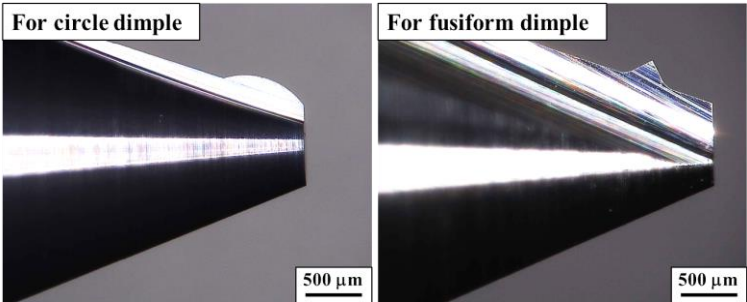


Fig. 1 Geometry of cutting edge

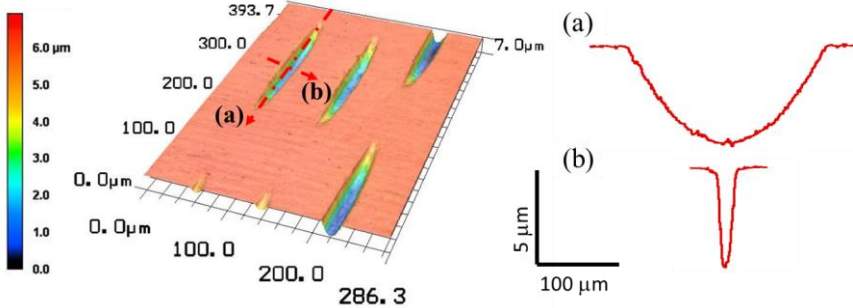


Fig. 2 Laser microscope image and cross-sectional profile near dimple

紡錘形ディンプル用工具では、三角形状の刃先により、工具の回転方向に対しては円形ディンプル用工具と同様の断面が形成されるが、工具軸方向に対しては非常に幅の狭いディンプルが形成される。試験片は Fig. 3 に示ように (a) 円形ディンプルと、紡錘形ディンプルは、(b) 円周方向とディンプル長手方向が平行な配置、(c) しゅう動域の中央付近で交差するように 25° の対向した傾斜をつけた配置の 3 種類を作製した。ディンプルの面積率はいずれも 15 % であり、潤滑油が Fig. 3 の上から下へ流れる方向でしゅう動試験を行った。

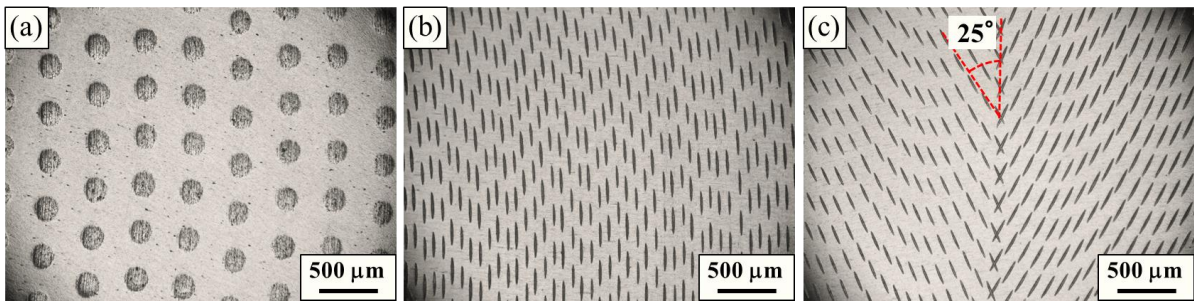


Fig. 3 Optical microscope images of specimen surface (a) Circle (b) Fusiform (c) Fusiform 25°

3. 実験方法

摩擦特性は3ボールオンディスク式の摩擦試験装置により評価した。相手材は直径 6.35 mm (=1/4 インチ) のクロム軸受鋼(SUJ2)球であり、直径 34 mm の円周に 120° 間隔でホルダに固定した。ボールはディスクとの接触面が直径φ2.5 mm になるように研磨し、ダイヤモンドスラリーにより鏡面仕上げ(≤0.01 μm Ra)とした。試験条件は Table 1 のとおりであり、ボールとディスク試験片を試験装置に取り付け、ディスク側に潤滑油を供給し後に試験片に設定荷重で接触させ、試験を開始した。試験は荷重を 50N から 25N ずつ増加させ、荷重を増やす毎に一度試験機を停止し、試験片を洗浄した後、再度潤滑油を供給する形式で繰り返した。荷重毎にしゅ動距離 500 m まで試験を行い、試験途中で異常な音・振動が発生し、摩擦係数が急増した場合は焼き付きと判断し、その時の荷重を耐荷重とし試験を終了した。

Table 1 Testing conditions

Applied load, N	50 ~ 450
Sliding speed, m/s	2.0
Sliding distance, m	500
Lubricant	PAO 10cst@40°C

4. 摩擦特性

Figure 4 に摩擦試験結果を示す。比較としてディンプル加工を施していない試験片も試験に供した。ディンプル加工を施していない場合、摩擦係数は 0.01 から 0.13 程度まで変化し、最終的に 225N で焼き付いた。一方、ディンプル面の場合には低荷重時の摩擦係数が非ディンプル面と比して大きい、荷重の増加に伴う摩擦係数の変化は緩やかで、耐荷重は 375 N であった。摩擦係数が安定したのは、ディンプルが摩耗粉捕集部や油溜りとして機能したためと考えられ、固体接触頻度の少ない低荷重域では、ディンプルが付与されたことで攪拌抵抗が増加し、非ディンプル面よりも摩擦係数が増加したと考えられる。

紡錘形ディンプルの場合、耐荷重は 450N まで増加し、円形ディンプルよりも摩擦特性が向上する可能性が示唆された。さらに、傾斜をつけた場合には、100~300 N 時の摩擦係数が低下する様子が見られた。傾斜をつけたことで、油膜が厚くなり、固体接触頻度が減少したために摩擦係数が低下したと考えられ、ディンプル形状に加えて、配置方法を検討することで、更に摩擦特性を向上できるものと思われる。

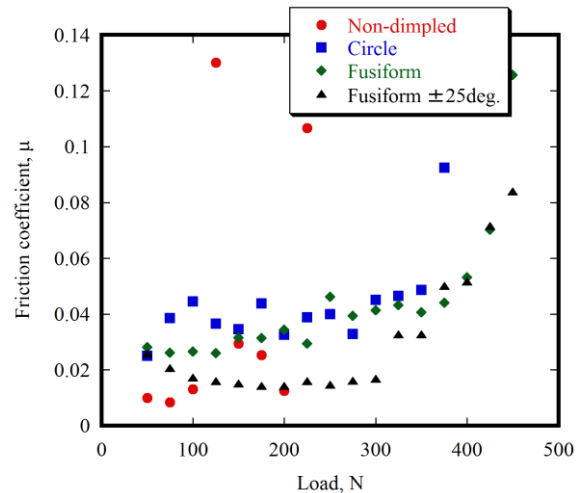


Fig. 4 Friction coefficient of textured surface

5. まとめ

タイリング加工によりテクスチャを付与したアルミニウム鋳造合金 AC8A ディスクの摩擦特性を3ボールオンディスク式の摩擦試験により評価した。その結果、ディンプルを付与することで耐荷重が向上し、円形よりも紡錘形のディンプルの耐荷重がより高くなることが確認された。さらに、配置方法が摩擦特性に影響を与えることが確認された。

6. 謝辞

本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「革新的燃焼技術」(管理人: JST)によって実施された。ここに記し謝意を表す。

文献

- 1) X. Wang, K. Kato, K. Adachi & K. Aizawa: Loads Carrying Capacity Map for the Surface Texture Design of SiC Thrust Bearing Sliding in Water, *Tribology Int.*, 36, 3 (2003) 189.
- 2) H. Yu, X. Wang, & F. Zhou: Geometric Shape Effects of Surface Texture on the Generation of hydrodynamic pressure Between Conformal Contacting Surfaces, *Tribology Lett.*, 37, 2 (2010) 123.
- 3) Y. Qiu & M. M. Khonsari: Experimental Investigation of Tribological Performance of Laser Textured Stainless Steel Rings, *Tribology Int.*, 44, 5 (2011) 635.
- 4) H. Usami, T. Sato, Y. Kanda & S. Nishio: Applicability of Interrupted Micro Cutting Process “Tiling” as Surface Texturing, *Key Engineering Materials*, 749, Trans Tech Publications (2017) 241.