

タイリング加工によって形成したマイクロディンプル形状が摩擦特性に及ぼす影響

Effects of Dimple Geometry 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(学) 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

摩擦抵抗の低減安定化に寄与する技術として、表面に凹凸を付与するテクスチャリングが知られており、工業的には工作機械案内面のきざげ模様がその代表例である¹⁾。テクスチャはその凹部が油溜り、摩擦粉捕集部、動圧発生機能を持つことで摩擦特性を向上させると言われている²⁾。テクスチャリング手法には様々な方法が提案されているが、加工時間や形状精度の観点から課題が多い³⁾⁴⁾。そこで、著者らは、新たに開発した切削工具を用いた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、マイクロディンプルからなるテクスチャを形成し、その適用可能性について検討し、特に混合潤滑領域において摩擦特性向上の効果が大きいことを確認した⁵⁾。

ところで、テクスチャリングについてはその寸法の影響や形状についての研究が多くなされている⁶⁾。タイリング加工におけるディンプルの基本形状は円形であるが、工具形状や切削条件を工夫することで、ディンプル寸法のみならず、円形以外のディンプルも形成可能である。本報では、タイリング加工によって形成された半円状のディンプルと円形ディンプルについて、摩擦試験によりそのトライボロジー特性を比較し、また、半円ディンプルの配置方法の影響についても実験的に検討した。

2. 試験片

試験片は鋳造用アルミニウム合金 AC8A-T6 材である。鋳造塊より旋削によってφ44×φ20×t8mm のディスク形状に加工し、その一端面を試験表面とした。テクスチャリングは CNC マシニングセンタのチャック部に試験片を固定し、Fig. 1 のような外周部に突出した刃先をもつエンドミルにより試験片表面を断続切削することで(タイリング加工)、円形、半円形のディンプルを形成した。ディンプル形状や面積率は工具軌跡、工具回転数および送り速度を制御することで広範囲に制御できる。タイリング加工後、試験片表面をダイヤモンドスラリーにより鏡面仕上げ(≤0.03 μm Ra)とした。Figure 2 に研磨後の試験片表面の光学顕微鏡像及びディンプルの断面プロファイルを示す。タイリング加工によって形成された円形ディンプルの断面形状は滑らかな円形の曲線であり、半円ディンプルはその弦に相当する部分でほぼ垂直に立ち上がるような形状である。また、半円ディンプルは、Fig. 2 (b)(c)に示すように、半円の弦の部分がハの字状に直行するようものを2種類作成した。ディンプルは試験片全域に螺旋状に配置し、半円ディンプルはしゅう動半径の位置で向きが変わるようにした。

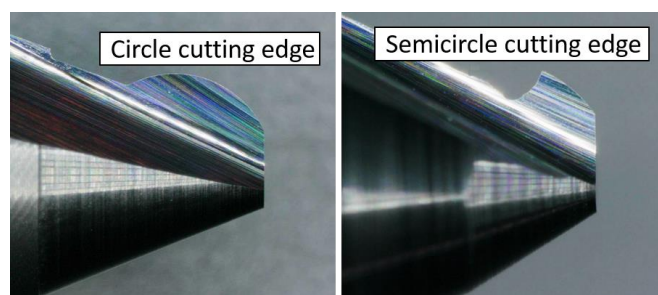


Fig. 1 Geometry of cutting edge

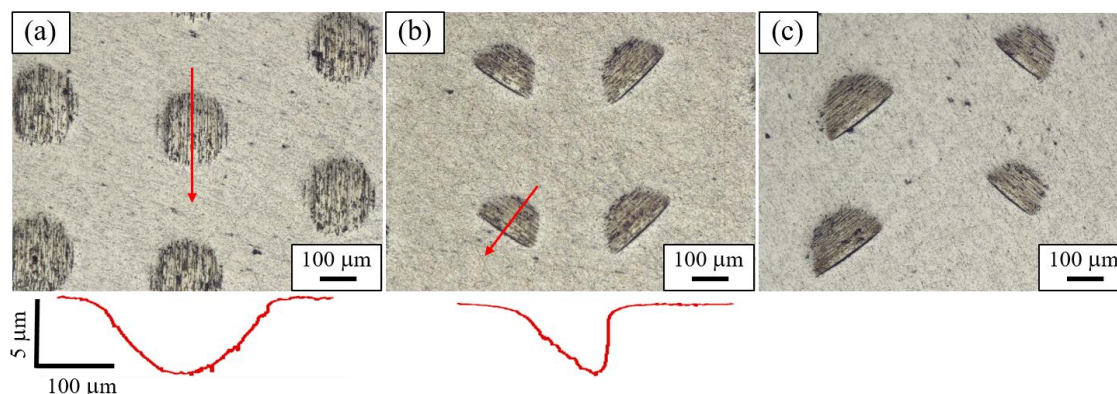


Fig. 2 Optical microscope images of specimen surface and dimple profiles

(a) Circle (b) Semicircle-pattern1 (c) Semicircle-pattern2

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、そこを耐荷重とし試験を終了した。

Table 1 Testing conditions

Applied load, N	50 ~ 375
Sliding speed, m/s	2.0
Sliding distance, m	500
Lubricant	PAO 10cst@40°C

4. 摩擦特性

Figure 3に各ディンプルにおける摩擦試験結果を示す。円形ディンプルは深さ5 μm、直径200 μm、面積率15%、半円ディンプルは深さ5 μm、弦の長さが200 μm、面積率を15%及び7.5%とした。また、比較としてディンプル加工をしていない平坦面についても試験に供した。

円形ディンプル及び半円ディンプル(パターン1、面積率15%)において、摩擦係数は350~375Nで急増した。この結果からは円形、半円ディンプルにおいて摩擦特性に大きな違いは見られなかった。一方、ディンプルの無い場合には、摩擦係数は一度125Nで大きな値をとるが、その後安定して225Nで再び急増しており、円形もしくは半円状のディンプルを形成することで、耐荷重が増加するものと思われる。また、半円ディンプルにおいて面積率を小さくした場合には、摩擦係数が下がったものの耐荷重が300N程度に低下した。この場合ディンプル間のピッチは円形ディンプルの場合と同じであるが、半円になったことでディンプル内の潤滑油の量が減り、ディンプルの油だまりとしての機能が低下したと思われる。また、Fig. 3実線で示すように半円ディンプルの向きによって摩擦特性は大きく変化し、パターン2においては125Nで摩擦係数が急増した。これは、Fig. 4のCFD解析による圧力分布に示すように、パターン2では潤滑油がしゅ動面外に排出されるような流れになったことで早期に焼き付いたためと思われる。

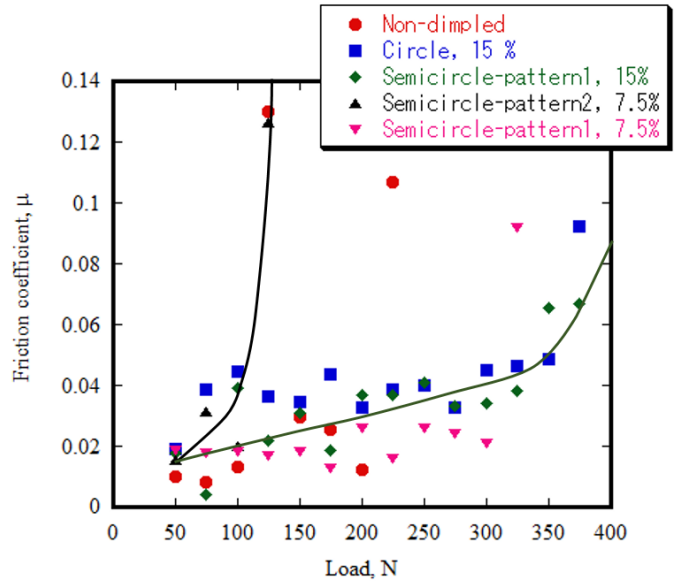


Fig. 3 Friction coefficient of textured surface

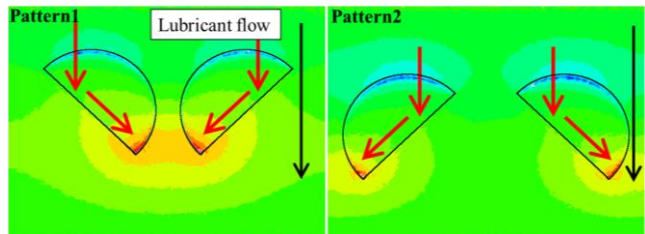


Fig. 4 Pressure distribution by CFD calculation

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、円形及び半円状のディンプルを付与した場合、ディンプルのない場合よりも耐荷重が増加する様子が観察された。さらに、半円状のディンプルの場合その配置の仕方が、摩擦特性に大きく影響を与えることが確認された。

文献

- 1) 堤・久曾神・福田：きさげ仕上げされたすべり案内面のトライボロジー特性評価，日本機械学会論文集（C編），72，721(2006) 3009.
- 2) 南部俊和：マイクロテクスチャによる摩擦制御，トライボロジスト，55，1(2010) 43.
- 3) 小澤・小林・白井健・原：機械加工による表面テクスチャ生成システムの開発，精密工学会誌，71，7(2005)879
- 4) 宇佐美・安藤・大河：表面改質手法としての微粒子ピーニングの適用可能性，トライボロジスト，56，10(2011)，609
- 5) 佐藤・神田・西尾・宇佐美：微小断続切削によって創成されたディンプル形状の摩擦特性に及ぼす影響，日本機械学会2016年度年次大会，S1150604
- 6) U. Sudeep, N. Tandon, & R. K. Pandey: Performance of Lubricated Rolling/Sliding Concentrated Contacts with Surface Textures: a review, Journal of Tribology, 137(3)