

タイリング加工で製作されたテクスチャ表面の流体潤滑特性

Tribological Properties of Textured Surface manufactured with tiling process under Hydrodynamic Lubrication

坪井 涼*

Ryo TSUBOI

Summary

Surface texturing is used as a surface reforming technique for sliding parts. There are many reports on texture surfaces with simple dimple shapes by laser processing, etching processing and so on. In recent years, tiling processing which is one of cutting process was invented. Tiling processing has fast machining speed, high precision, and ability to create dimples having complicated shapes which could not be produced by laser- or etching-processing. On the other hand, many researches using numerical analysis about surface texturing have been reported. There are lots of reports on texture surfaces and mechanisms of hydrodynamic pressure effect is discussed with simple dimple shapes and two-dimensional analysis. Objective of our research is improvement of the load carrying capacity by specifying the optimum dimple shape and arrangement under hydrodynamic lubrication. In this research, it is reported that tribology properties under hydrodynamic lubrication with textured surface processed by tiling process by use of computational fluid dynamics. The distribution of pressure on the sliding surface is discussed comparing the shape and arrangement of the dimples. Furthermore, it is found that variation of the flow caused of surface texturing leads pressure generation and the distribution.

キーワード：トライボロジー，タイリング加工，表面テクスチャリング，数値流体力学

Keywords：Tribology, Tiling, Surface Texturing, Computational Fluid Dynamics

1. はじめに

表面テクスチャリングは表面改質技術のひとつであり，シンプルで有効性の高い表面処理プロセスである．表面に付与する幾何形状はディンプルが最も単純な形状で，切削，レーザー，エッチングなどを用いて加工される．切削加工のひとつであるタイリング加工は，今までの切削加工よりも高速で高精度なディンプルの作成が可能であり，形状の変更をしやすのが特徴である．しかし，タイリング加工にて付与された独特なディンプル形状における摺動特性の評価は少ない．ま

た，表面テクスチャリングを用いた摺動表面の評価の一つとして流体潤滑における負荷容量がある．これはテクスチャ表面にて発生する流体動圧によるものだが，テクスチャの形状や分布によってその変化は異なる．近年では数値シミュレーションによって圧力分布などの可視化が進められてきたが，圧力変化やその分布について潤滑液の流れの変化に着目し議論された研究はまだ少ない．

本研究では，タイリング加工による特徴的な形状をしたディンプル形状を表面テクスチャリングに導入した際の，流体潤滑下における摺動特性とその改善につ

* 機械工学科

いて数値流体力学（Computational fluid dynamics, CFD）を用いて調査を行い、流体動圧の発生による摺動面の圧力分布の変化とタイリング加工によるディンプルの形状や配置との関係を明らかにすることを目的とした。

2. シミュレーション方法

本研究では、3D-CAD を用いて摺動面間のモデルを製作し、ADINA9.4（ADINA R&D, Inc., US）を用いて、潤滑液の流動解析を行った。図 1 は計算モデルの概略図である。U はすべり速度、P は大気圧、h は膜厚、W はディンプル長さ、d はディンプル深さ、L は計算領域である（表 1）。潤滑液の動粘度を 10 cSt とし、摺動面の片側に付与するテクスチャには円柱、四角柱、球、タイリングによって加工される形状などを用い、2 つのディンプルを配置する場合には、摺動方向に対するディンプル角度やディンプル間の距離を変更した。シミュレーションは、表 2 に示すとおり、形状の変更で 8 パターン、角度の変更で 5 パターン、ディンプル間の距

離の変更で 4 パターンに対して実施した。摺動面にはたらく圧力分布やディンプル近傍の潤滑液の流体挙動の解析を行い、比較を行った。

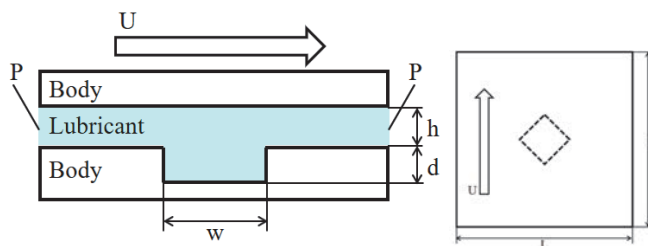


図 1 シミュレーションの概略

表 1 境界条件のパラメータ

摺動速度	$U = 1.0 \text{ m/s}$
圧力	$P = 100 \text{ kPa}$
膜厚	$h = 5.0 \text{ }\mu\text{m}$
ディンプル幅	$W = 100 \text{ }\mu\text{m}$
ディンプル深さ	$d = 5.0 \text{ }\mu\text{m}$
計算領域	$L = 1000 \text{ }\mu\text{m}$

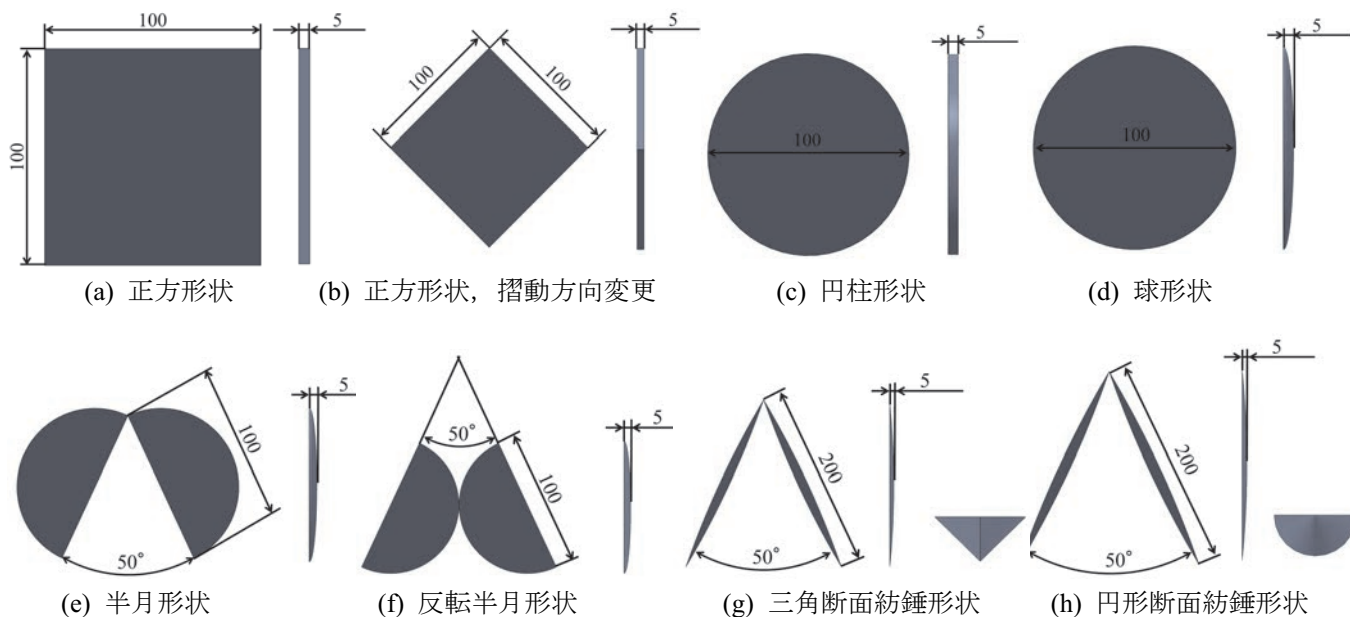


図 2 ディンプル形状

表 2 計算形状一覧

形状	摺動方向	二つのディンプルの角度	二つのディンプルの距離
正形状	2 方向	-	-
円柱形状	-	-	-
半球形状	-	-	-
半月形状	-	30°, 40°, 50°, 60°, 70°	0 μm , 100 μm , 200 μm , 300 μm
反転半月形状	-	30°, 40°, 50°, 60°, 70°	0 μm , 100 μm , 200 μm , 300 μm
三角形断面の特殊形状	-	30°, 40°, 50°, 60°, 70°	0 μm , 100 μm , 200 μm , 300 μm
円形断面の特殊形状	-	30°, 40°, 50°, 60°, 70°	0 μm , 100 μm , 200 μm , 300 μm

3. 結果

図 3 は四角柱形ディンプルを用いた場合のシミュレーションを示し、摺動面間に流れる潤滑液を上側（滑り速度を与えた平面側）から見た場合の圧力と流線の分布である。摺動面の負荷容量を向上させると考えられる圧力の増加は、ディンプルにより潤滑液の流れが変化して一点に集まる箇所に発生し、圧力の減少は潤滑液の流れがディンプルに巻き込まれる箇所に発生していることがわかる。

図 4 はタイリングで加工された紡錘形のディンプルを 2 つ配置した時の摺動面の圧力の分布を示している。図 3 に示す四角柱形の場合と比較して、圧力分布は似ているが圧力の増加、減少、流線の変化は小さい。

圧力分布について四角柱形と紡錘形を比較すると、四角柱形では摺動方向に沿った直線上に圧力の増加・減少が位置されるのに対し、紡錘形では配置する角度によってその位置を変更することが可能である。また圧力増加・減少の量は少ないものの、摺動性能を向上させるのに必要最小限の変化を得られるのであれば、

増加・減少の発生位置を制御できる紡錘形は有用であると考えられる。また、紡錘形は四角柱形に比べ加工量が少なく、面全体に配置することで、より効果的に負荷容量を向上させることができる。

これらの結果よりディンプル近傍での圧力の増加は潤滑液を一点にどれだけ集中させることが重要であると考えられる。また、摺動面上のディンプルの配置により摺動特性が変化することが知られており、今後は実験結果と共に潤滑液の流れや圧力の分布を利用した特性変化の評価方法などを検討していく予定である。

参考文献

- 1) Izsak Etsion: State of the Art in Laser Surface Texturing, Transaction of ASME Journal of Tribology, Vol. 127 (1), pp. 248-253, 2005.
- 2) 坪井涼, 大島康嗣, 佐々木信也: テクスチャリング表面における流体潤滑の特性評価に関する数値的研究, トライボロジー会議秋 2013 予稿集.

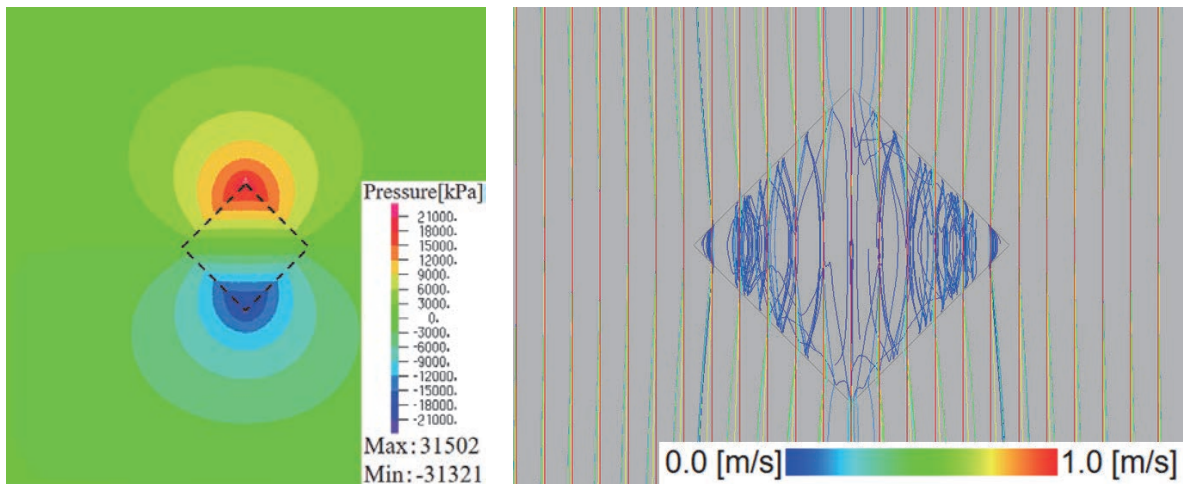


図 3 上面圧力分布と流線（四角柱）

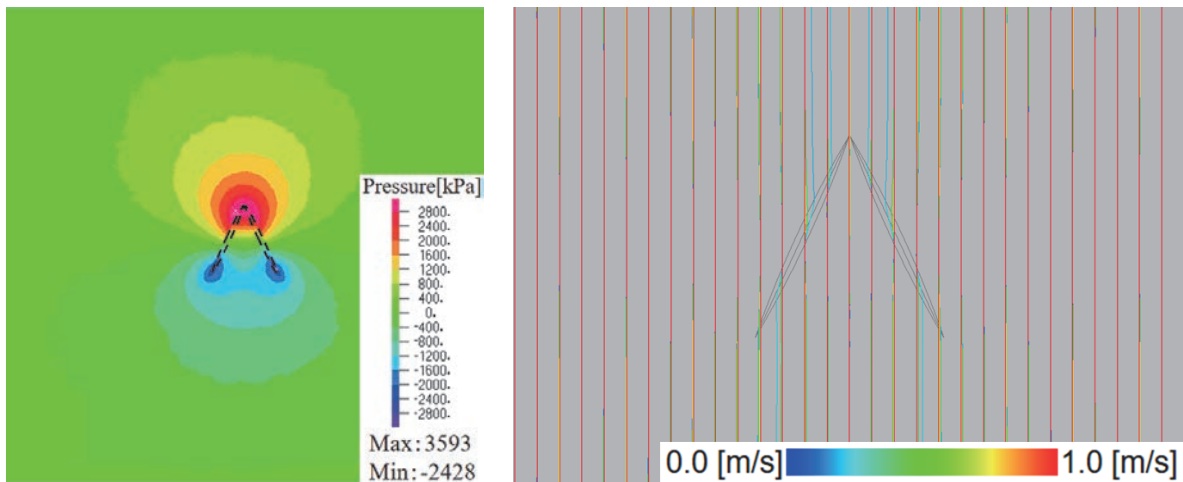


図 4 上面圧力分布と流線（四角柱）