

脂肪酸吸着膜の形成過程に対するテクスチャ表面の効果

Effect of textured surface on adsorption film formation process of fatty acid

埼玉大（院）*田崎 亮成 埼玉大（非）末田 美和

埼玉大（正）長嶺 拓夫 埼玉大（正）田所 千治

Ryosei Tasaki*, Miwa Sueda*, Takuo Nagamine*, Chiharu Tadokoro*

*Saitama University

1. 緒言

摩擦面に設けられた凹凸（テクスチャ表面）には、(1)流体膜に正圧を発生させて2面間を流体膜により支持する動圧効果、(2)潤滑油を凹部に保持する油溜まり効果、(3)摩耗粉を捕集するトラップ効果が期待されている¹⁾。流体潤滑におけるテクスチャ表面の動圧効果は数値解析により予測可能であり、工業的に広く活用されている。一方、油溜まり効果については、その場観察による定性的な油膜挙動の把握に留まっている²⁾。油溜まり効果が期待される状況は、潤滑油が摩擦面に十分に供給されていない状況であり、単純に油量の少ない貧潤滑だけでなく、停止状態からの起動やフレッチングのような微小振幅の相対運動の摩擦状況が考えられる。これらの摩擦状況では、固体面が潤滑油に暴露されていないため、添加剤による境界膜の形成が進み難いことも問題点として挙げられる。局所的に溜められた油を周囲に供給することで潤滑状態を改善させる油溜まり効果は、形成される油膜厚さが極薄膜のため、定量的な評価が困難であり、これまで十分に調査されていなかった。そこで、本研究では油膜厚さを1mm以下の分解能で計測可能な超薄膜干渉法を用いて、テクスチャ表面の油溜まり効果を定量的に評価することを目的とする。本報では、脂肪酸吸着膜の形成過程に対するディンプルテクスチャの影響を調べた結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図1に実験装置の概念図を示す。実験装置では、半反射層（材質：Cr、厚さ：10 nm）とスペーサ層（材質：SiO₂、厚さ：500 nm）を蒸着させたガラスディスク（材質：BK-7、直径：25 mm、厚さ：2 mm）と鋼球（材質：SUJ-2、直径19.1 mm）により点接触させる。点接触下のガラスディスクの並進運動（速度 V_1 ）と鋼球の回転運動（速度 V_2 ）は独立して制御できる。ガラスディスクの上方から光を入射させると、ガラスディスクの半反射層にて反射した光と鋼球表面にて反射した光が干渉して、干渉縞を形成する。点接触中央部の反射光を線状（幅：2.5 μm）に分光器に通して得られた分光像をカメラに記録する（撮影速度：40 fps）。分光像は各位置における光強度スペクトル（波長範囲：340–700 nm）を示しており、各光強度スペクトルに対して膜厚解析（解析波長範囲：540–650 nm）を行うことにより潤滑膜厚のプロファイルを得ることができる。また、ガラスディスクと鋼球の純転がり運動中に潤滑膜厚プロファイルをスキャンするように連続的に取得することで、潤滑膜厚の空間分布を得ることができる。

2.2 実験手順

ガラスディスクと鋼球をアセトンとヘキサンで超音波洗浄をし、ガラスディスクを熱風で乾かし、UVオゾン洗浄装置にかけた。鋼球とガラスディスクを実験装置に取り付けた後、次の手順で添加剤の吸着膜の形成過程を調べた。ガラスディスクと鋼球を接触させたまま供試油を150 μL注入して、メニスカスにより接触部周りに供試油を保持した。供試油が接触面部に入るよう、メニスカスを維持したまま2面をモータ駆動により離し、その後、再度荷重10 Nをかけた。ガラスディスクと鋼球を速度 $V_1=V_2=0.1$ mm/s、一定ストローク L で往復純転がり運動を $N=20$ 回繰り返し、その間に往路のみ潤滑膜厚の空間分布を取得した。

2.3 実験条件

供試油には、ヘキサデカンを基油として、ステアリン酸を0.3 mMの濃度で添加したものを用いた。鋼球には、テクスチャ加工のないものと、ディンプル加工（直径：30 μm、深さ：1 μm）したもの用いた。往復転がり運動のストローク L は、0.2 mmと1.0 mmとした。

3. 結果および考察

ステアリン酸の吸着膜形成過程に対するストロークの影響を図2に示す。 $N=1$ の膜厚分布を基準として $N=2$ 以降の膜厚分布をセンター図で示しており、カラースケールで膜厚が表現されている。 $L=1$ mmでは、往復回数を重ねることで吸着膜の形成が進み、 $N=20$ では $h=5$ nmに達していることがわかる。一方、 $L=0.2$ mmでは、往復回数を重ねることで吸着膜の形成が進むものの、 $N=20$ では $h=2$ nm程度までしか達していないことがわかる。荷重10 Nでは接触円直径が200 μm程度のため、 $L=1$ mmでは十分に油に暴露できて吸着膜の形成が進むのに対して、 $L=0.2$ mmでは接触面が十分に潤滑油に暴露しないため吸着膜の形成が遅くなっていると考えられる。

ステアリン酸の吸着膜形成過程に対するディンプルテクスチャの影響を図3に示す。ディンプル周辺では $N=2$ でも膜厚の形成が認められ、往復回数を重ねることによって膜厚がディンプルなしと比べると厚くなることがわかる。

これは、直径 30 μm 、深さ 1 μm のディンプルにわずかに溜まっていた供試油の脂肪酸添加剤が吸着膜形成の供給源になっていることを意味している。

4. 結言

本研究では、超薄膜光干渉法を用いて脂肪酸吸着膜の形成過程に対するテクスチャ表面の影響を調べた。その結果、往復転がり運動のストロークが小さく吸着膜の形成が進みにくい状況においても、接触面にディンプルが存在すると吸着膜の形成が促進されることがわかった。

謝辞

本研究のテクスチャ試験片の作製は、東京理科大学 佐々木信也先生の支援により実施された。

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の向上、表面技術, 65 (2014) 568–572.
- 2) S.C. Vlădescu et al.: Looking into a laser textured piston ring-liner contact, Tribology International, 115 (2017) 140–153.

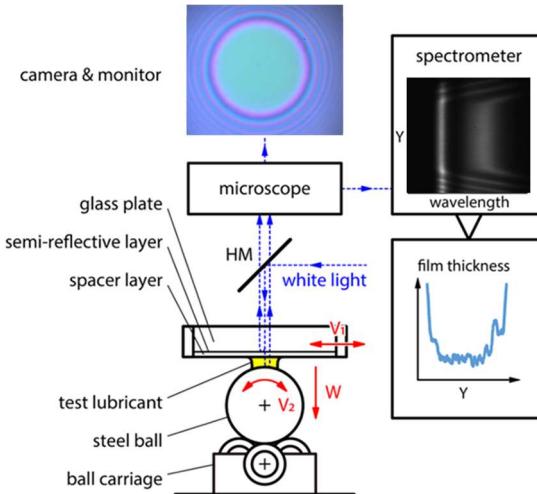


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

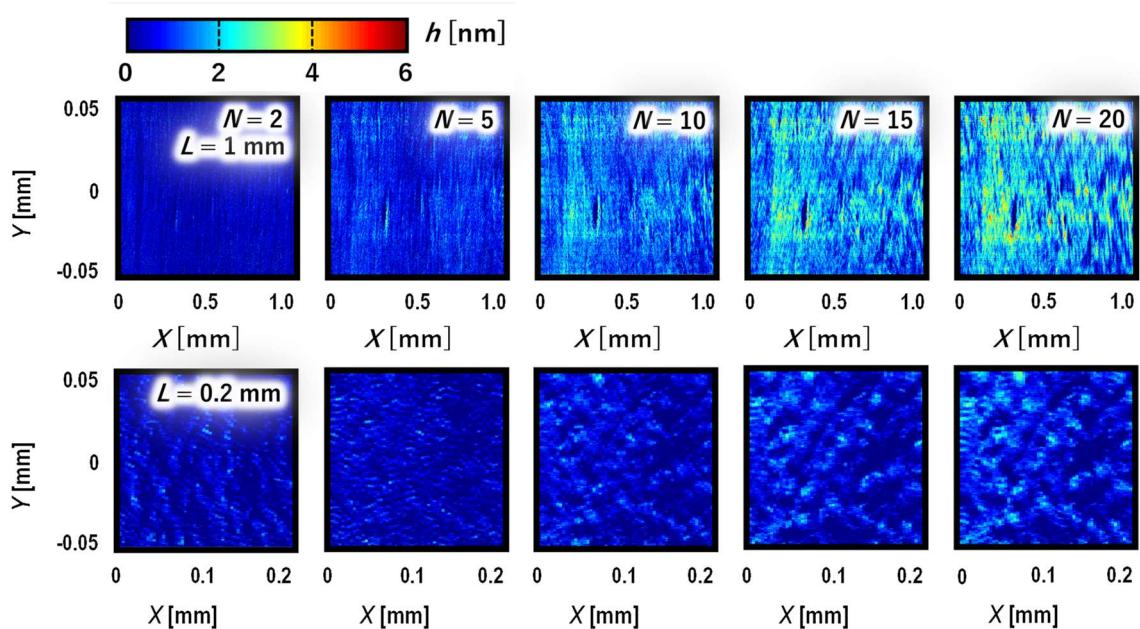


Fig.2 Influence of stroke L on film formation processes

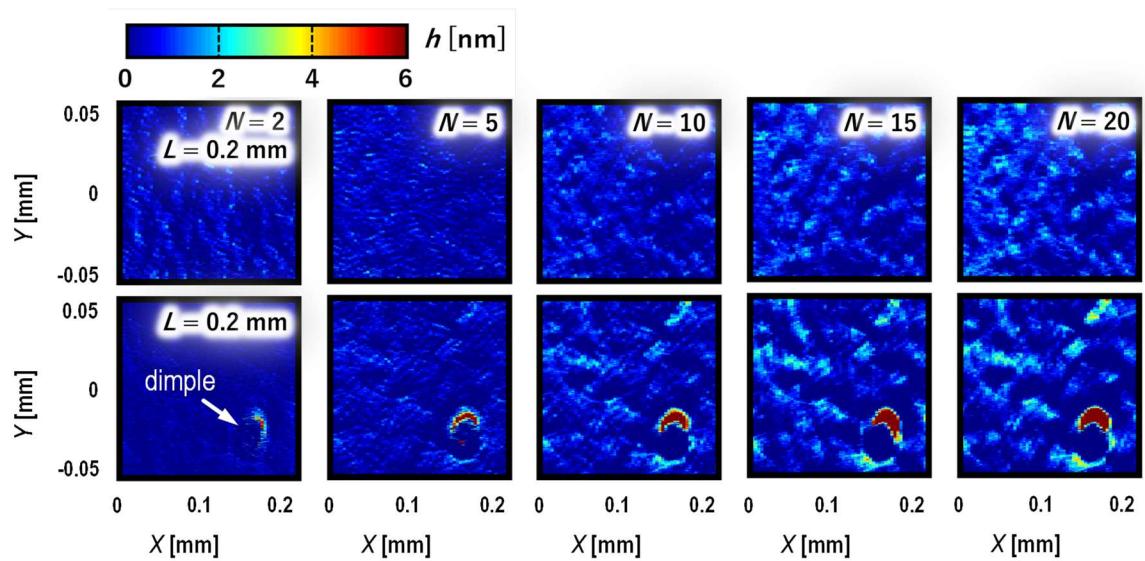


Fig.3 Influence of dimple texture on film formation processes; upper row: without dimple texture, lower row: with dimple texture