

湿式クラッチの油膜挙動解析のためのフォトクロミズムの応用

Application of Photochromism for Behavior Analysis of Oil Film in Wet Clutch

ダイナックス（正）*瓶子 達也 ダイナックス（正）神田 航希 ダイナックス（非）一宮 洋風

ダイナックス（非）佐野 誠 ダイナックス（非）高倉 則雄 東海大学（正）畔津 昭彦

Tatsuya Heishi*, Koki Kanda*, Hirokaze Ichimiya*, Makoto Sano*, Norio Takakura*, Akihiko Azetsu**

*Dynax Corporation, **Tokai University

1. 緒言

ペーパー摩擦材（以降、摩擦材）をコアプレートの両面に貼り付けたディスク（以降、ディスク）および相手面となるプレートから構成される湿式クラッチは自動変速機に搭載され、回転速度・トルクの伝達・断絶の機能を担う。近年進行する潤滑油の低粘度化および自動車の電動化により生じる要求特性の変化に追従し、摩擦材は日々進歩を遂げている¹⁾。湿式クラッチのしゅう動面において生じる摩擦・摩耗現象の制御は、車両の良好なドライバビリティの実現、安全性向上および燃費向上のための鍵を握ることから、メカニズム解明のため接触状態の解析などが行われている²⁾。また、メカニズムの解明には、摩擦材およびプレート間に介在する潤滑油の、しゅう動中における挙動も併せて把握する必要がある。

畔津らはエンジン内ピストンリング周辺における潤滑油の油膜および挙動観察にフォトクロミズムを適用し、油膜厚さを測定している³⁾。本研究では湿式クラッチの摩擦メカニズム解明の為にフォトクロミズムを応用し、湿式クラッチのしゅう動中における油膜の挙動を観察した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 フォトクロミズム³⁾

フォトクロミズムとは、紫外光の照射によって、特定の可視光領域吸収スペクトルにおいて変化が起こる現象を示し、この現象を示す色素をフォトクロミック色素と呼称する。Fig. 1 にフォトクロミズムの例を示す。フォトクロミック色素を含む溶液が紫外光により吸光反応を示し、赤色に着色される。また、可視光により着色は退色する。すなわち、フォトクロミズムによる色の変化は可逆反応であり、フォトクロミック色素を含む試料は再使用することが可能である。

着色される色素の濃度分布が油中にて一定であることを仮定すれば、着色の強度と油膜の厚さは比例する。そのため着色直後に撮影した画像より、油膜厚さを推定することができる。また撮影の間隔は着色された色素の退色を無視できるほど短いため、着色された色素を含む油がしゅう動面で移動する様子の観察も可能となる。

2.2 摩擦材

摩擦材は主に、繊維、充填剤および樹脂から構成され、多孔性を有する。各構成材料の配合比率、製法は要求される性能に応じて決定される。従来の摩擦材では、その色が故に着色強度の分布観察が困難である為、本研究では白色の摩擦材を製作し実験に用いた。白色摩擦材の高度分布を Fig. 2 に示す。XY 方向にサブミリオダ、Z 方向にミクロンオーダの凹凸が存在することがわかる。

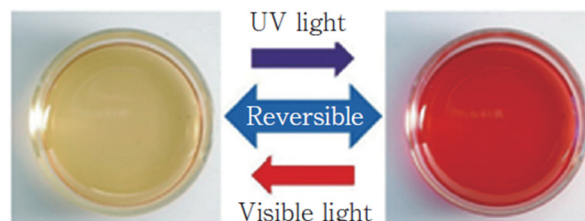


Fig. 1 Color shift by photochromic reaction³⁾

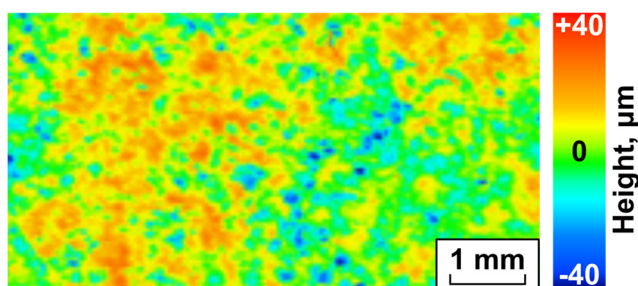


Fig. 2 Height distribution of examined paper friction material.

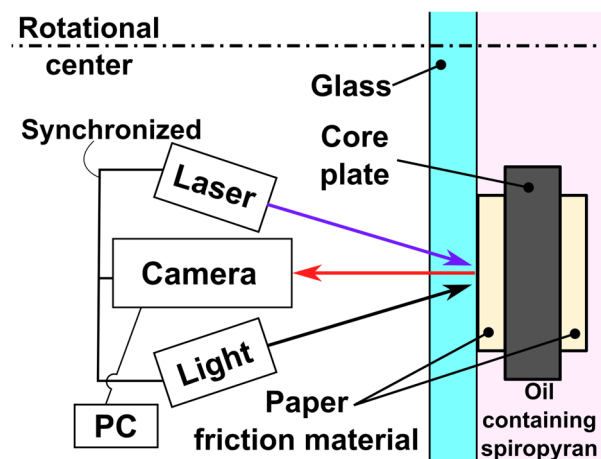


Fig. 3 Schematic of test apparatus

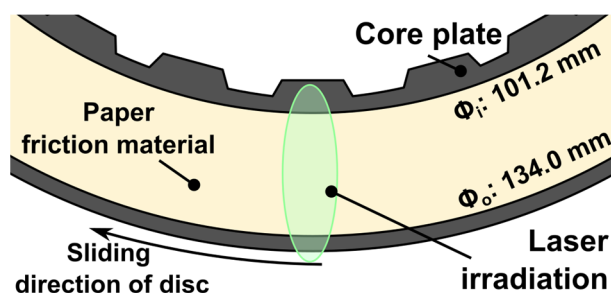


Fig. 4 Schematic of laser irradiation point on disc

2.3 実験装置および方法

実験装置の概略および観察箇所の模式図を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。フォトクロミズム反応を引き起こす紫外光をガラス面に接する摩擦材のしゅう動部へ照射し、着色された油膜をガラスを介してカメラで撮影する構造を有する。カメラ、LED 照明および紫外光は同期され、照射直後に撮影することができる。

ディスクを既定の回転数で回転させた後に、既定の面圧を付与し、油膜を撮影した。紫外光は摩擦材の内径から外径に掛かるよう照射した。ディスクの回転数は 200 rpm 一定とし、摩擦材とプレートの面圧は 0.03 MPa とした。潤滑油の温度は 40℃一定とし、ディスクを潤滑油に浸漬させた状態で実験を行った。フォトクロミック色素にはスピロピランを使用し、潤滑油へ溶解させた。

3. 実験結果および考察

油膜のフォトクロミズム像を Fig. 5 に示す。Fig. 5 (a), (b), (c)はそれぞれ、紫外光照射直後、1° 回転後および 360° 回転後のしゅう動部の着色強度の分布を示す。Fig. 5 (a)より、しゅう動部の着色強度は分布を有することがわかる。分布のサイズはサブミクロンオーダーであることから、Fig. 2 に示す摩擦材の凹凸上と相手面の間に存在する油膜の厚さ分布がフォトクロミズムの応用により測定可能であるといえる。また、Fig. 5(c)より、照射後 360° 回転した摩擦材内部において着色部が残存していることがわかる。これは、潤滑油の一部が 0° から 360° 回転まで摩擦材内部に留まることを示唆する。

Fig. 5 (a)および(b)の比較より、Fig. 5(a)において、高い着色強度を示していた点における着色強度が減少することがわかる。また Fig. 5(a)および(b)を拡大した Fig. 6 より、ディスクの回転方向と同方向に潤滑油が移動している。また、摩擦材の凹凸のサイズと近い間隔で筋状の分布が形成されている。

以上の結果は、フォトクロミズムの適用により、しゅう動する湿式クラッチの摩擦材と相手面間に存在する油膜の厚さ・挙動を測定することが可能であることを示す。これにより湿式クラッチの摩擦メカニズムの解明およびさらなる高機能を発現する湿式摩擦材の設計が可能になるといえる。

4. 結言

フォトクロミズムによる可視化手法を湿式クラッチのしゅう動面における油膜挙動観察へ応用し、以下の結言を得た。

- (1) 潤滑油中において、しゅう動する摩擦材と相手面の間に存在する油膜厚さの分布観察に成功した。
- (2) 摩擦面上に存在するサブミリオーダーの凹凸から潤滑油が移動する様子の観察に成功した。

文献

- 1) 孫・佐野, 自動車の走りと燃費を革新した変速機を支える湿式摩擦材技術, トライボロジー会議 2017 春東京 予稿集, D27.
- 2) 佐野・孫・Pahlovy・大山・関・耕田, 湿式ペーパー摩擦材の摩擦特性, トライボロジー会議 2018 春東京 予稿集, B9.
- 3) 畔津, フォトクロミズムを用いた可視化手法による油膜挙動の観察, トライボジスト第 66 巻 第 11 号(2021) 803-808.

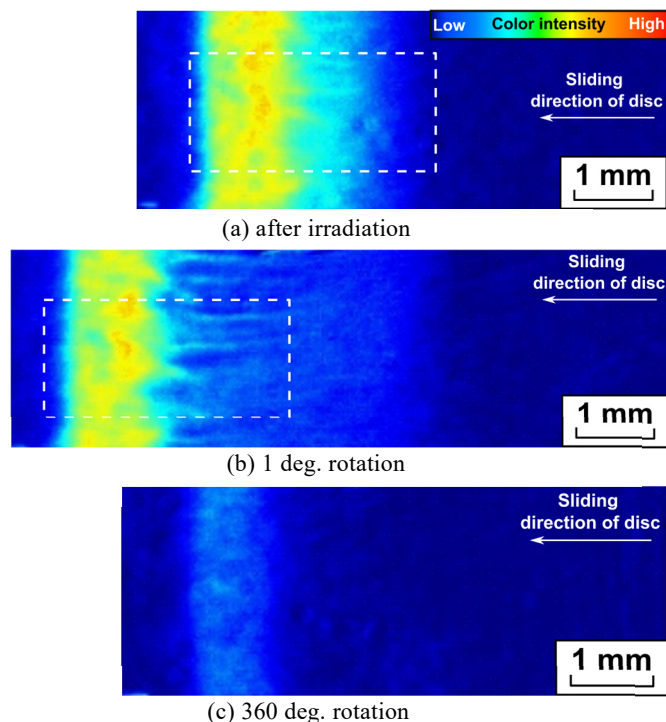


Fig. 5 Photochromatic image at (a) after irradiation, (b) 1 deg. rotated and (c) 360 deg. rotated.

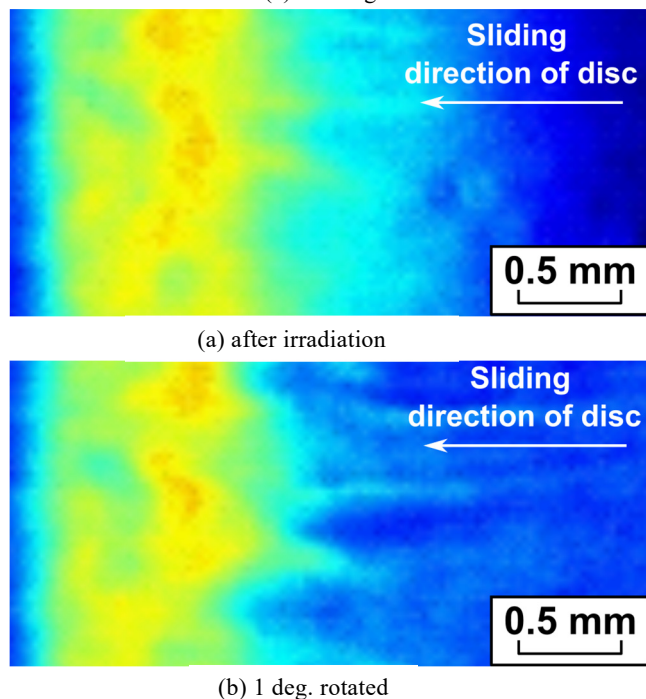


Fig. 6 Magnified photochromatic image at (a) after irradiation, (b) 1 deg. rotated