



高分子境界膜の X 線反射率計測

伊藤伸太郎

名古屋大学 大学院工学研究科, JST さきがけ

キーワード：潤滑, トライボロジー, 潤滑油, 高分子, ポリマーブラシ

1. 背景と研究目的

機械システムの省エネルギーや耐久性向上に寄与する潤滑技術の発展は、持続可能な社会の実現に向けて必要不可欠である。特に世界的に増え続ける自動車の潤滑技術には、潤滑油の性能向上やしゅう動面の表面処理技術の発展がキーとなる¹⁾。先行研究において、固体表面に形成された高分子の境界膜が、過酷な摩擦条件において高い潤滑性をもつことが報告された²⁻⁴⁾。分子構造をデザインして高分子境界膜の潤滑性能を設計できれば、画期的な潤滑技術となるだけでなく、高分子の多様な物性を活かして高機能な潤滑面の創成が期待される。ただし、高分子境界膜の厚さは $1\ \mu\text{m}$ 以下 (ナノ厚さ) であり、そのような薄膜が潤滑性を発現するメカニズムは未解明である。そこで我々はメカニズムの解明を目標とし、X 線反射率 (XRR) 計測により高分子境界膜の膜構造の解析を進めている。先行研究において、高分子境界膜と高分子を微量に添加した高分子溶液を潤滑液として用いた場合に、摩擦係数が大幅に低下することが報告された。これまでに XRR を用いて膜の層構造を解析することにより、潤滑液中の高分子が高分子境界膜上に吸着膜が形成することが確認された。本研究では、BL8S1 の XRR 測定系に搭載できる摩擦試験機を開発し、摩擦特性と吸着層構造の関係解明を目的とした。

2. 実験内容

高分子境界膜として MPC ポリマーブラシ膜を用いた。潤滑液として水に MPC ポリマーを 0.5 wt% 添加したものを用意した。ブラシ膜を成膜した基板を潤滑液に 12 時間浸漬させ、液中から取り出したのちに潤滑液を除去して乾燥させたものを XRR 測定試料として用意した。しゅう動時には境界膜を水で膨潤させる必要がある。そこでポリマーを含まない純水を滴下して摩擦試験を行い、摩擦直後に乾燥空気をしゅう動面に吹きかけて水を蒸発させ、XRR 測定を実施した。比較のためブラシ膜のみのサンプルについても摩擦特性と層構造を測定し、潤滑液から吸着した層の摩擦特性への寄与を検証した。

3. 結果および考察

高分子溶液を潤滑液として用いた場合とそうでない場合について、摩擦係数、層構造、各層の密度を比較した結果を Fig. 1 に示す。高分子溶液によって摩擦係数は 40% 程度減少し、2 層目・3 層目の吸着層が形成されていることが確認された。これら吸着膜は 100 回以上のしゅう動後にも残存することが明らかとなった。これらの結果から、吸着膜が低摩擦化に寄与した可能性が考えられる。

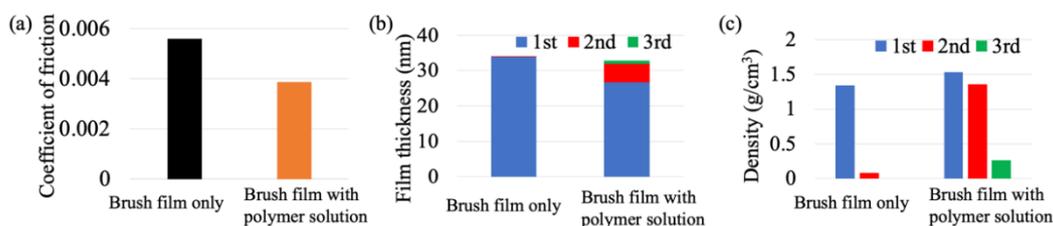


Fig. 1 Comparison of (a) coefficient of friction, (b) film structure, and (c) density of each layer for brush film only and brush film with polymer solution.

4. 参考文献

- 1) K. Holmberg, P. Andersson, A. Erdemir, *Tribology International*, 47 (2012), pp. 221-234.
- 2) J. Fan, M. Muller, T. Stohr, H. A. Spikes, *Tribology Letters*, 28 (2007), pp. 287-298.
- 3) 田川, 村木, *トライボロジスト*, 60 (2015), pp. 342-348.
- 4) K. Ishihara, *Polymer Journal*, 47, (2015), pp.585-597.