

中性子反射率法による物質最表面近傍における潤滑油の密度測定

Density of Lubricant near Surface Measured by Neutron Reflectometry

平山 朋子¹⁾ 鳥居 誉司¹⁾ 松岡 敬¹⁾ 山崎 大²⁾

Tomoko HIRAYAMA Takashi TORII Takashi MATSUOKA Dai YAMAZAKI

¹⁾同志社大学 ²⁾原子力機構

中性子反射率法により、3種類の表面エネルギーの異なる DLC 被膜とアルコール界面の構造を調べたところ、親水 DLC および標準 DLC 被膜には 10nm 程度の深さまでアルコールが浸み込んでいることが確認できた。また、それらの摩擦係数を調べたところ、低摩擦を示すことが確認できた。

キーワード：中性子反射率法、トライボロジー、DLC 被膜、潤滑油、表面エネルギー

1. 目的

潤滑しゅう動条件下において、しゅう動表面と潤滑油の「相性」はその摩擦特性に極めて大きな影響を及ぼす。ここで言う「相性」とは、表面の濡れ性、潤滑油の表面吸着性等を指す。しゅう動面の表面エネルギーを変化させることにより潤滑特性の向上が見込めるため、表面と潤滑油の相性に関する研究は多くなされているものの、トライボロジー分野において、最表面近傍での潤滑油の密度を直接観察した報告は一件も見当たらない。

著者らはこれまで、表面エネルギーの異なる3種類の試料を用意し、それらを水中に浸した状態で、中性子反射率法によって表面最近傍の水の密度分布測定を試みてきた。その結果、表面エネルギーの違いにより、最表面から数 nm の領域において、水の密度が変化していることが観察できた。このように、表面エネルギーと最表面潤滑油の密度の関係を直接的に観察することは、潤滑下での摩擦現象把握にとって重要であると考えられる。

以上のような背景を受け、本研究では以下の点に着目して分析を行うこととした。

- 表面エネルギーの異なる試料に対して、水に代わって実際に潤滑油として使用されているアルコール (D-isopropanol 等) に浸すものとする。同様の方法により、最表面近傍での油の密度分布測定を試みる。
- 同じ表面試料を用い、添加剤を混入した潤滑油に浸した場合の最表面近傍での油の密度分布測定を試みる。場合によっては添加剤が表面に吸着することも考えられ、その吸着特性の把握を試みる。

2. 方法

水槽付サンプルホルダーを独自に設計し、表面エネルギーの異なる試料をそれぞれ取り付け、試料側から中性子を入射することにより、最表面近傍の潤滑油密度を測定した。なお、固体側試料としては、表面エネルギーの異なる DLC 被膜を蒸着した超平滑シリコン基板を用いた。DLC 被膜は、成膜ガスの種類を変化させたり成膜後にプラズマ処理を施したりすることによってその表面エネルギー (濡れ性) を変化させたものとした。潤滑油には、近年 DLC に対して低摩擦化が図れると注目を集めているアルコール (D-isopropanol) を用意した。

3. 研究成果

得られた反射率プロファイルに対し、Parratt の理論を用いてフィッティングを施すことにより、解析を行った。その結果、親水 DLC 膜においては表面から 15nm の深さまで、標準 DLC 膜においては 9nm の深さまでアルコールが浸透していることが分かった。また、撥水 DLC 膜表面では、約 3nm の厚みの低密度のアルコール層が形成されていることが確認できた。過去の研究報告によれば、アルコール内に溶解している空気が DLC 膜表面近傍に析出している可能性が高いと考えられる。

次に、ボールオンディスク摩擦試験機 (ボール材: SUJ2, Sφ3/16inch) を用いて、アルコール潤滑下での各 DLC 膜の摩擦係数を調べた。垂直荷重は 20gf であり、境界潤滑状態にあると推定される。その結果、摩擦係数は、親水 DLC、標準 DLC、撥水 DLC の順に徐々に高くなることが分かった。これより、表面近傍での潤滑油の濃度が摩擦特性に大きな影響を及ぼしていることが確認できたと言える。

4. 結論・考察

中性子反射率法を用いて3種類の表面エネルギーの異なる DLC 被膜とアルコール界面の構造を調べた。また、アルコール潤滑下での摩擦係数を調べ、界面構造との関係性を調べた。その結果、表面近傍での潤滑油の濃度が摩擦特性に大きく影響していることが確認できた。