

水素含有 DLC 膜の表面性状制御による低摩擦化

○徳田 祐樹^{*1)}、中西 正一^{*2)*3)}、川口 雅弘^{*2)}、林 英男^{*2)}、渡邊 禎之^{*2)}

■キーワード 水素含有 DLC 膜、表面性状、低摩擦化、ラマン分光分析

1. 「水素含有 DLC 膜」と「表面性状制御」のシナジー効果による低摩擦化手法を開発
2. 水素含有 DLC 膜の表面性状の制御により **40%の摩擦係数低減に成功**
3. 表面性状制御によりグラファイト化した摩耗粉を摺動界面にトラップすることで低摩擦化を発現

■研究の目的

水素含有 DLC 膜は、 sp^2 結合及び sp^3 結合の炭素と水素で構成されたアモルファス構造を持つ硬質炭素薄膜であり、高硬度や高耐摩耗性、低摩擦係数などの優れた摺動特性を示すことで知られている。本研究では、水素含有 DLC 膜の摺動特性のさらなる改善を実現するため、表面性状（表面粗さやうねりを含む表面輪郭形状）の制御による低摩擦化の手法について検討を行った。

■研究内容

(1) 実験方法

本研究では、下記の2種類の水素含有 DLC 膜の特性を比較した。

- ①鏡面研磨 DLC 膜：産業界で一般的に使用されている鏡面研磨を施した平滑な表面に DLC 膜を成膜したもの
- ②MSE 加工 DLC 膜：マイクロスラリージェットエロージョン加工を利用して微細な凹凸形状を作成した表面に DLC 膜を成膜したもの（図1）

上記2種類のサンプルの摺動特性を摩擦試験機により比較した。また同時に、ラマン分光分析による膜構造の解析や SEM による摺動痕観察等の化学分析を実施することで、水素含有 DLC 膜の表面性状が及ぼす摺動特性への影響について膜構造の観点から解析を行った。

(2) 実験結果及び考察

摩擦試験の結果より、鏡面研磨 DLC 膜と比較して MSE 加工 DLC 膜では摩擦係数が約 40%低下するとともに、摩擦係数が終始安定化するという現象が確認された（図2）。このことから、水素含有 DLC 膜の表面性状を適切に制御することで、摺動特性を向上する効果があるものと考えられる。この摺動特性向上メカニズムの解明に向けた各種化学分析を実施した結果、MSE 加工 DLC 膜では摺動痕上における膜構造のグラファイト化が発生しており、かつ摩擦により生じた摩耗粉が摺動痕上に堆積していることが確認された。このことから、MSE 加工 DLC 膜では、表面の凸部の摩擦により生じた摩耗粉においてグラファイト化が発生しており、この摩耗粉が表面の凹部にトラップされることで摺動痕に堆積していたものと考えられる（図3）。その結果、摺動面に介在するグラファイト化した摩耗粉が界面での低せん断抵抗化に寄与し、摩擦係数の低減に寄与したものと考えられる。

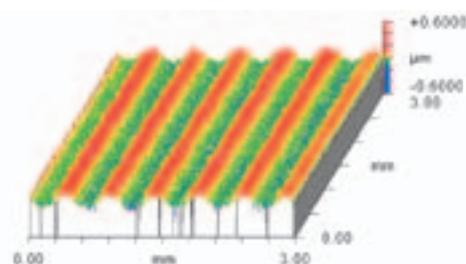


図1. 表面性状制御 DLC 膜の輪郭形状

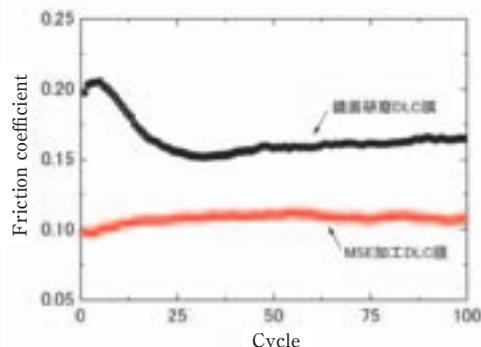


図2. 摩擦試験結果

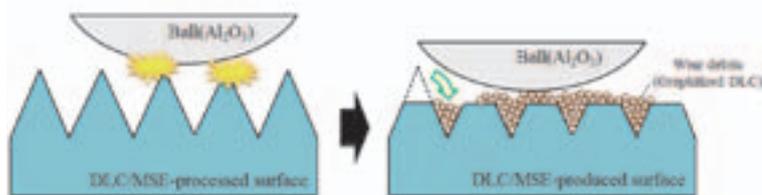


図3. 表面性状制御 DLC 膜の低摩擦化メカニズム

■研究の新規性・優位性

グラファイト化した摩耗粉による低摩擦化効果を狙った水素含有 DLC 膜は前例がなく、産業的にも学術的にも新規性が高い。

■産業への展開・提案

- ①都内中小企業との共同研究を開始予定
- ②論文や学会発表による成果発信を実施

*1) 城東支所、*2) 高度分析開発セクター、*3) 品質保証推進センター