

# 表面微細凹凸形状を有するダイヤモンドライクカーボンの創製に関する研究（Ⅱ）

服部 悟\*

## 【要旨】

機械部品等の摺動特性の向上を図ることを目指し、成膜基材をメッシュでマスクすることにより微細凹凸形状を有する DLC 皮膜を形成し、摺動特性について検討したところ、実用鋼表面でのアブレシブな摩耗形態が改善され、また、凹部分での研磨性粒子の捕捉効果により相手材の摩耗減量が抑制された。

## 1 はじめに

機械部品の摺動部をはじめとする物体同士が相対的に運動する界面では、その表面状態が特性に大きく影響することから、目的に応じ各種コーティング等さまざまな表面改質が行われている。また表面に機械加工やショットピーニングなどにより微細な構造を形成することで、トライボロジー特性の向上が図られている。またダイヤモンドライクカーボン (DLC) 皮膜は、高硬度かつ低摩擦係数の特性を利用し摺動部品を中心に適用が進み、さらに化学的安定性やガスバリア性などの優れた特性を利用した用途が拡大している。

本研究では、従来平滑な膜として利用されている DLC に微細凹凸形状を形成することでトライボロジー特性の向上を図ることを目指し、成膜基材をメッシュ状のマスク材で部分選択的に成膜を抑制することにより、微細凹凸形状を有する DLC 皮膜を形成し、摩耗特性について検討した。

メッシュ（目開き寸法は約 50、100、200 μm）を用いた。メッシュの詳細な寸法は表 1 に示す。成膜試験片には SKD11 を使い、エメリー紙 #2000 まで研磨後、1 μm ダイヤモンドペーストで鏡面仕上げとした。試験片上に図 1 に示すようにマスク材を直接配置し PBIID 方式成膜装置 (PIAD-CCP (株) プラズマイオンアシスト) を使用し DLC 皮膜を成膜した。成膜は、Ar+H<sub>2</sub> ガスでイオンボンバード後、ヘキサメチルジシロキサン (HMDSO) で中間層を形成しアセチレンで DLC を成膜した (パルス電圧 5kV、周波数 2kHz、圧力 0.5Pa 成膜時間 3600 秒)。摩擦摩耗試験は、往復摺動式摩擦摩耗試験機 (神鋼造機製) を使用し、相手材として SUJ2 および SUS304 の 3/8 球を用い、試験接触面が径 1mm の平面となるように加工し、付加荷重 0.98N、ストローク 6mm、500 サイクルで試験を行った。摩擦摩耗試験前後の DLC 表面を金属顕微

表1 メッシュ寸法

材質	目開き μm	線径 μm	メッシュ数
ポリエステル	50	33	305
	96	45	180
	202	80	90

## 2 実験方法

マスク材として市販のポリエステル製平織りメ

\* 1 基盤技術課 副主査

鏡 (GX51 オリンパス製) により観察し、レーザープローブ式非接触三次元測定装置 (NH-3SP 三鷹光器(株)) により膜厚および断面形状を測定した。

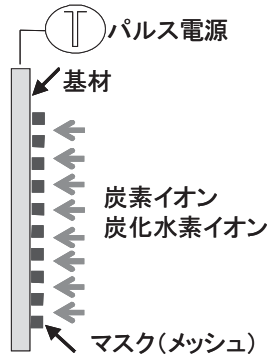


図1 PBIID 法によるメッシュと基板の配置

### 3 結果及び考察

マスクを用いて試験片上に成膜した微細凹凸形状の DLC の断面形状を測定したところ、凹凸の高さは約  $1.5\mu\text{m}$  であった。図2に、往復摺動式摩擦摩耗試験機で測定した500サイクルまでの摩擦係数を示す。凹凸形状を付与しない通常のフラットな皮膜は、DLC 特有の低摩擦係数を示したが、サイクル数に従い上昇傾向が見られた。微細凹凸形状 DLC では、通常のフラットな皮膜に比べ若干摩擦係数が低下し、メッシュサイズが小さいものの方が低下の効果が大きい傾向がみられた。

図3に摩擦摩耗試験後の DLC 表面の顕微鏡写真を示す。通常のフラットな皮膜に比べ、微細凹凸形状の DLC では摩耗粉の発生量が大幅に減少している。発生した摩耗粉を電子顕微鏡で観察すると、数  $\mu\text{m}$  の大きさでアブレッシブな摩耗で相手

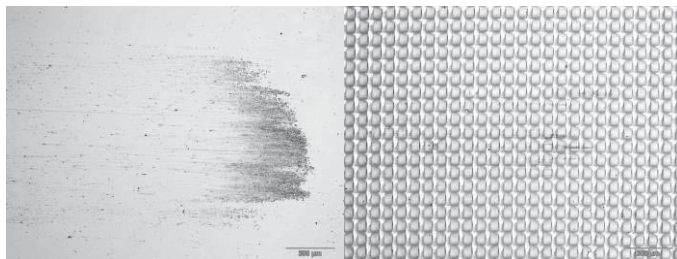


図3 摩耗試験後の DLC 表面顕微鏡写真

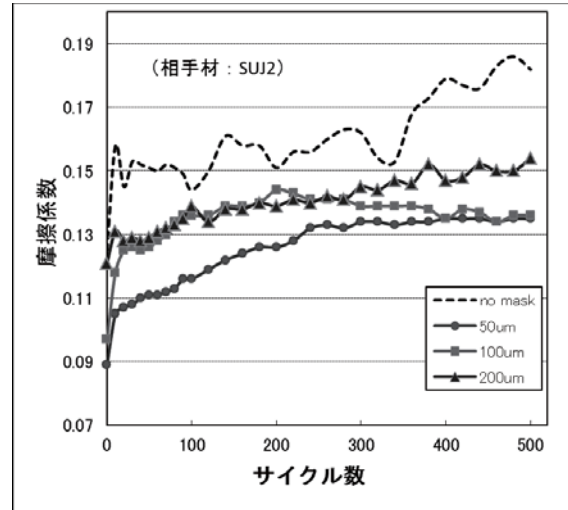


図2 メッシュサイズと摩擦係数の推移

材を削り取ったような形態であった。

試験片表面はバフ鏡面仕上げをしているが、SKDに含まれる硬質な炭化物のため完全な平面とはならず、レリーフ状の微細な炭化物の突起が相手材を引っ掻き、摩耗粉を発生させていることが考えられる。微細凹凸形状の DLC を成膜することで、DLC 皮膜の凸部が相手材に接するため、素材に含まれる炭化物等突起と相手材に接するポイントが減少するために、摩耗粉の発生量が抑制されたものと思われる。また、図4に見られるように、発生した摩耗粉や研磨性粒子が表面凹凸形状の溝部やエッジ部に捕捉されており、このことも相手材の摩耗の低減につながっている。このことから、メッシュサイズが細かいものほど、凸部の相手材に接する面の面積が少なくなり、相手材を削り取る炭化物等の突起の数が減少し、また発生した摩

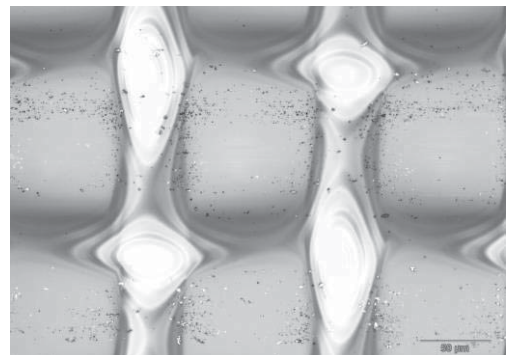


図4 微細凹凸形状 DLC 上の摩耗粉

耗粉や研摩性粒子を捕捉する溝部が増えるため、摩擦係数の低下や摩耗量の低減に効果があると思われる。

#### 4 まとめ

成膜基材をメッシュでマスクすることで表面微細形状を有する DLC 皮膜を形成し、摺動特性について検討したところ以下の知見が得られた。

1) 往復摺動式摩擦摩耗試験の結果、微細形状を形成することにより摩擦係数の若干減少し、摩耗粉の発生量が大幅に減少した。

2) 実用材料表面の炭化物などの介在物によるアブレッシブな摩耗形態が改善され、摩擦界面の研摩性粒子の捕捉により相手材の摩耗量を抑えられることがわかった。

#### (参考文献)

1) 大竹尚登: セグメント構造ダイヤモンド状炭素膜の開発と応用, 塑性と加工, 49, 570 (2008), 659-663