

ダイヤモンドライクカーボンコーティングの適用技術

機械・材料技術部 材料物性チーム 加納 眞
 熊谷 正夫
 堀内 崇弘
 吉田 健太郎

最近、優れた耐摩耗性、摩擦特性を有するDLCコーティングの自動車部品等への適用が急速に広がっている。本研究においては、軟質基材であるアルミニウム合金へのDLCコーティングの高密着・高耐摩耗性技術とDLCと環境調和型潤滑剤の組合せによる大幅なフリクション低減技術の2つについて紹介する。

キーワード：ダイヤモンドライクカーボン、DLC、密着性、耐摩耗性、フリクション

1 はじめに

自動車等の燃費改善に貢献できる材料技術の一つとして、DLC (Diamond-Like Carbon ; ダイヤモンド状炭素) の適用が急増し始めている。表1には、自動車関連部品へのDLCコーティング適用事例を示す。DLCの優れた耐摩耗性、摩擦特性を活かし、部品の高寿命化やコンパクト化、フリクション低減による燃費向上につなげている。しかし、これらの適用のほとんどが鉄系合金基材上へのコーティングに限られている。

表1 自動車関連のDLC適用技術事例

適用部品	DLCコーティング		DLC特性
2輪車エンジン用ピストンリング	CVD	a-C:H	シリンダアルミ材料との高い耐スカuffing摩耗特性
SUV車専用ディファレンシャルギヤ	CVD	a-C:H	高い耐ピッチング摩耗、耐スコアリング摩耗特性
SUV 4WD 車専用トルク制御カップリングクラッチ	CVD	a-C:H-Si	高い摩擦係数、優れた μ -V特性、耐摩耗性
F1エンジン、駆動系補助部品	CVD	a-C:H	低フリクション特性と耐摩耗性
ディーゼル燃料ポンプ(プランジヤ、ワッシャ、ブッシュ、コードル)	CVD	a-C:H	ディーゼル燃料潤滑下での高い耐スカuffing摩耗特性
自動車ガソリンエンジンバルブリフト、ピストンリング、ピストンピン	PVD	ta-C	低フリクション特性と耐摩耗性

2 本研究テーマの狙い

本研究の狙いは、DLCをアルミニウム合金等の軟質基材にコーティングし、環境にやさしい潤滑剤との組合せで低フリクション化を図ることにより、地球環境改善技術に貢献することにある。本研究は、文部科学省・神奈川県「環境調和型機能性表面」プロジェクトとして取り組まれている。

3 技術課題と進捗状況

このテーマは、[課題1] 軟質基材へのDLCコーティング技術と[課題2] DLCと環境調和型潤滑剤の組合せによる大幅なフリクション低減技術の2つからなっている。[課題1]では、アルミ合金基板上への新たな表面改質技術によるDLCコーティングの密着・耐摩耗性向上技術を紹介する。

図1に示す単体試験によりDLCの密着・耐摩耗性を評価した。A5052 基材研磨面にDLCを直接コーティングした場合、図2上側に示すように、約40Nの荷重でAE(Acoustic Emission)と摩擦係数が上昇したことから、DLC膜が破壊、剥離が生じ摩擦係数が急増したものと考えられる。このDLC膜の密着・耐摩耗性を向上

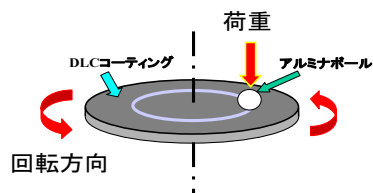


図1 連続荷重増加摩耗試験法¹⁾

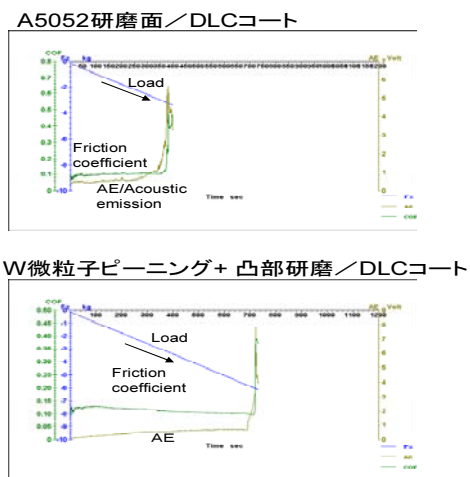


図2 単体試験法による密着・耐摩耗性評価

させるために、アルミ合金基板に炭素との親和性が高い金属相の形成と硬さ増加を狙い、タングステン微粒子ピーニングによる表面改質処理を施した。図3に示すように表層のタングステン粒子微細分散層と機械的硬化層の2層からなる改質層が形成される。次に、研磨により鋭利な凸部に丸みを形成した後 DLC コーティングした結果、摩擦係数の上昇が約 70N まで増加した(図2下側)。この表面改質により A2017,A5052 の2種類のアルミ合金基材の両者で、40~80%の密着・耐摩耗性の向上が図られた(図4)。

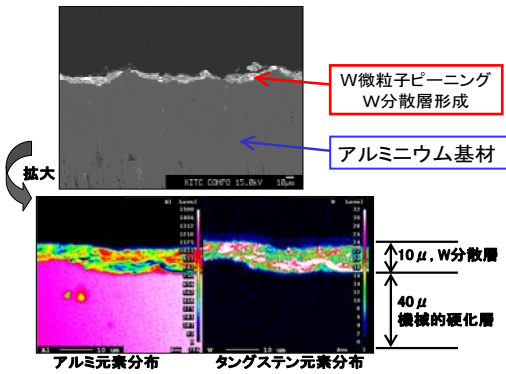


図3 微粒子ピーニングによる表面改質

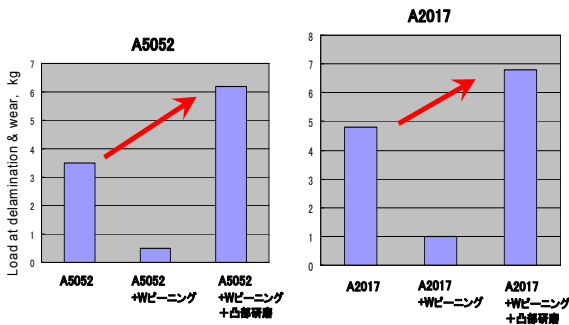


図4 DLC膜の密着・耐摩耗性の改善

〔課題2〕では、種々の DLC と環境調和型の潤滑剤との組み合わせによる大幅なフリクション低減の可能性を追求している。ここでは効果が認められたいくつかの実験結果事例を紹介する。

-OH 基等の極性基を含む種々の液体潤滑下の摩擦特性を、鋼ボールと鋼および DLC ディスクの組合せについて評価した。その結果、鋼に比べ DLC、特に ta-C が大幅に摩擦を低減させた(図5)²⁾。さらには、図5の試験では、DLCの摩擦低減効果が認められなかった乳酸に対して、たる形ピンを用いた低面圧条件とドロップレットが少ないフィルタードアーク方式の ta-C を用いて摩擦試験を行なった結果、ta-C ディスクでは大幅な摩擦低減が認められた(図6)³⁾。-OH 基等の極性基が ta-C 摺動面に吸着し、非常に薄い低せん断力のトライボフィルムを上手く形成すること

ができれば、境界潤滑条件下で摩擦係数 0.01 という超低摩擦が得られるものと考えられる。

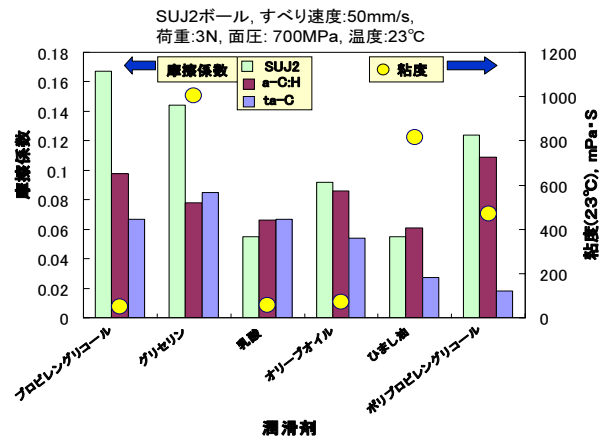


図5 各種液体潤滑下の摩擦特性

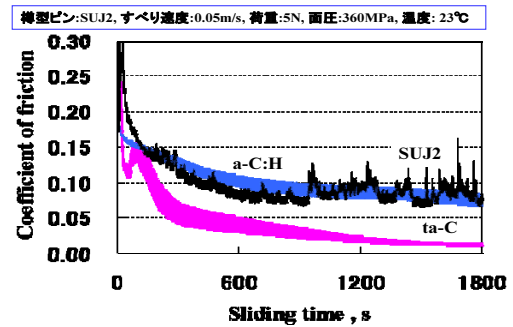


図6 乳酸潤滑下の ta-C 超潤滑現象

4 おわりに

以上から、アルミニウム合金への DLC コーティング技術およびアルコール等の環境負荷の低い液体を潤滑剤として用いた DLC の超低フリクション化技術は、工業適用のポテンシャルが非常に高いと思われる。

文献

- 1) 堀内崇弘 他, 2007.9 トライボロジー会議佐賀講演予稿集, p421.
- 2) 吉田健太郎 他, 2007.5 トライボロジー会議東京講演予稿集, p179.
- 3) 吉田健太郎 他, 2007.9 トライボロジー会議佐賀講演予稿集, p407.