

軟質金属含有硬質炭素膜による高温固体潤滑薄膜材料の研究

宇部工業高等専門学校 機械工学科 後藤 実
豊橋技術科学大学 機械工学系 竹市 嘉紀

1. 研究目的

高硬度、低摩擦係数、耐摩耗性を示すコーティング材料として注目されているダイヤモンドライクカーボン(以下、DLC)と滑り軸受材料の主成分である銅をナノコンポジット化した Cu-DLC を用い、高温環境下において稼働する機械可動部の摩擦・摩耗を抑制することを目的としている。今年度は、JIS SUS304 基板に対する潤滑寿命向上を図る方法として、研削加工により基板表面に形成される凹凸と Cu-DLC の噛み合いで生ずるアンカー効果による剥離抑制効果と、凹凸形状効果による潤滑寿命向上効果について明らかにする。

2. 研究成果

2.1 研削加工基板への Cu-DLC 成膜

平均粗さ Ra0.015 μm に鏡面研磨した JIS SUS304 基板を平面研削盤により Ra0.146 μm に研削加工した。

Cu-DLC の成膜は市販の高周波マグネトロンスパッタ装置を用い、炭素(C)ターゲット上中央に Cu タブレットを配置した同心円複合ターゲットを用いて成膜した。DLC 膜の厚みと反りは触針式表面形状測定器を使用して測定し、膜中 Cu 含有量は走査電子顕微鏡(SEM)に付属するエネルギー分散型 X 線分光装置(EDS)で求めた。

2.2 研削加工による基板表面凹凸形状の Cu-DLC 離抑制効果と潤滑寿命向上効果

研削加工による基板表面凹凸の Cu-DLC 離抑制効果と潤滑寿命向上効果は、ボールオンプレート型往復動摩擦試験機を用いた。摺動相手材には直径 3/16 in.

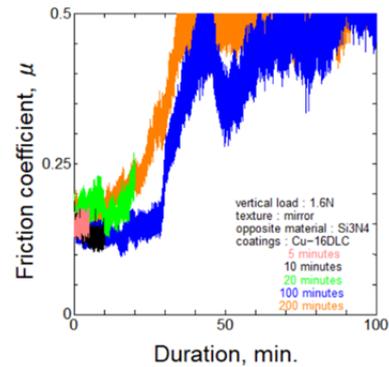
(約 4.7 mm) の Si_3N_4 球を使用し、垂直荷重 1.6 N と 10 N の二つの荷重条件で、研削加工基板および鏡面研磨基板上的 Cu-DLC につきそれぞれ 5 分、10 分、20 分、100 分、200 分の摩擦試験を行った。摩擦試験終了後、Cu-DLC および摺動相手材のそれぞれの摩擦面を光学顕微鏡(OM)で観察した。

いずれの荷重においても鏡面基板上的 Cu-DLC は試験開始から早期に摺動部分の膜の剥離が発生大きく摩擦係数が増加したが、研削加工基板上的 Cu-DLC は 0.3 以下の摩擦係数を比較的長く保つことが確認され、特に低荷重のときにその傾向は顕著であった。

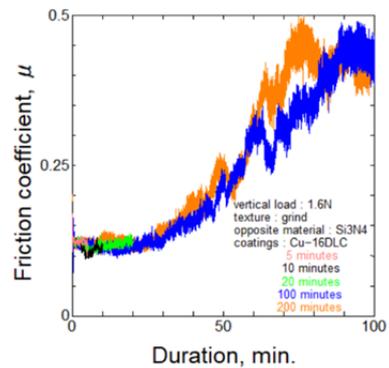
例として、垂直荷重 1.6N のときの鏡面基板(a)および研削加工基板(b)上の Cu-DLC の摩擦係数推移を図 1 に示す。鏡面基板の場合は試験時間 30 分ほどで膜の剥離により摩擦係数が 0.3 を超えて急増しているのに対し、研削加工基板の場合は試験時間 70 分程度までは摩擦係数が 0.3 以下を保っている。研削加工基板上的 Cu-DL 摩擦面の OM 観察の結果、研削痕凹部に沿って Cu-DLC が残存しており、研削加工によって形成された基板表面の凹凸のアンカー効果により、大面積の剥離が抑制されたことによる潤滑寿命向上効果と考えられる。また、研削痕凹部の一部に残存した Cu-DLC 摩耗

粉も潤滑寿命向上に有効に作用していると考えられる。

一方、垂直荷重 10N の摩擦試験においても研削による潤滑寿命向上効果は認められたが、ヘルツ面圧の増加による研削痕凸形状の潰れが発生したためにアンカー効果による膜の剥離抑制効果が制限されたためと考えられる。従って、研削加工による形状効果で Cu-DLC 潤滑寿命向上を図る場合、過度に凹凸形状が変形しない接触面圧の設定が重要であることが示唆された。



(a) 鏡面基板上 Cu-DLC の摩擦係数推移



(b) 研削加工基板上 Cu-DLC の摩擦係数推移

図 1 垂直荷重 1.6N のときの鏡面基板(a)および研削加工基板(b)上の Cu-DLC の摩擦係数推移

3. 今後の課題と展望

研削加工による形状効果で Cu-DLC 潤滑寿命向上を図るために過度に凹凸形状が変形しない接触面圧の最適化条件の探索に加え、研削パターンの影響を明らかにすることが今後の課題である。

参考文献

- 1) Minoru Goto (宇部高専), Shinya Senba, Sho Takeda, Hiroyuki Miki, and Yoshinori Takeichi (技科大), 「Quantitative study on correlation between wear behavior and frictional energy of soft-metal/DLC nanocomposite coatings by transmission electron microscopy」, Proc. WTC2022, July 10-15, Lyon France
- 2) 藤本 大輝, 後藤 実(宇部高専), 竹市 嘉紀(技科大), 「SUS 基板上に成膜した銅含有 DLC 膜の研削面粗さによる剥離抑制効果と摩擦・摩耗特性」、2022 年度先進的技術シンポジウム(AT2022)