131 DLC と種々の Ti 系薄膜のフラクタル特性

(大分大・工)土居滋,(不二越)安岡学,(大分大・研究生)阿南誠一郎

Fractal Dimension Analysis of Thin Film and Continuous Observation

Shigeru DOI, Manabu YASUOKA, Seiitrou ANAN

1. 緒 言

表面創製技術は多層構造や複合化技術により自由度の大きさと共に精度の向上が満たされその役割は増加傾向にある。中でも PVD あるいは PVD+CVD を組み合わせた方法が提案される一方、このような複雑な新素材に対する定性化が要求され、従来の積層材の機能評価法とは異なった手法が求められている。そこで本研究は以下に述べる炭素系薄膜と窒化チタン膜で被覆した新構造組織材料を取り上げ、それらの耐摩耗特性あるいは凝着性、潤滑性に与える影響を種々のフラクタル的 (= ファジー) 観点から得られた結果と併せて検討する。

DLC の分子構造は図 1 に示すようにダイヤモンドやグラファイトと異なる結晶構造となっている。これは高硬度なダイヤモンドに似た特性と部分的にグラファイトに似た性質でアモルファス構造であると言える⁹⁾。炭素は SP^3 あるいは SP^2 の原子配列を含みそれらが DLC を特徴付けるものになる。また、TiN は M35 をサブストレイトとする構造いわゆる 2 層構造の場合でそれぞれの界面や表面を構成する結晶組織構造となる。それらが機械的性質に対応する表面性状について一連の特性を明らかにすることが目的である。

図1 分子構造 (炭素 C は SP^3 あるいは SP^2)

そこで本研究では共晶点型レーザー顕微鏡を用いて平板と球による繰返し打撃痕から薄膜の表面特性を表面フラクタル 3 次元解析 (トポグラフィ) により検討することを主たる目的とする。

2. 供試材および実験結果

図 2 に両材の平板寸法を示す。DLC+TiC および TiN 積層材を示す。DLC+TiC の硬さは $H_v=1950$ 、TiN は 1600 程度である。DLC+TiC は PVD+PCVD 法および TiN は PVD 法により作製したものである。DLC は M35 に TiC 処理し $DLC0.5\mu m$ 膜の積層供試材を用いた。鋼球は軸受け鋼である。図 3 は打撃試験機の模式図である。負荷重量と回転速度は可変である。

図 4 は打撃回数 10^6 回で両材の取込み画像をファイルインテグレーションソフト上で処理した 3 次元画像の 1 例である。

それら 3 次元像を元にフラクタル次元解析の打撃回数毎の結果を図 5 に示した。それらデータの取り込み画像を再構築しフラクタル次元解析図として打撃回数のデータをファイルする。数値計算 (ボックスカウント法) は次式を用いてこう配を求める。

メッシュ幅を λ とすると;

$$n(\lambda) = c \lambda^{d_f} \quad \text{より}$$

$$\log n(\lambda) = \log c - d_f \log(\lambda) \quad (1)$$

d_f : 次元数

図2 平板試験片形状と寸法

図3 打撃装置概要

3. 考 察

3.1 フラクタル次元と 3 次元画像

両材における各打撃回数の 3 次元画像を図 4 に示す。それらを模式的に示すと図 5 のようになる。すなわち耐凝着性に優れた材料であると言える。この傾向はフラクタル次元解析からも明らかである。それらよりフラクタル次元数が大きいほど摩擦係数が小さく、すなわち相対すべりが小さいことを示している。以上のようにフラクタル次元から材料の特性を調べることが可能である。

DLC:1000000

TiN:1000000

図4 両材の3次元画像

DLC の輪郭は 5.0×10^5 以下で既に割れ目が生じ、TiN は初期の輪郭が明瞭でない。 $5 \times 10^5 < N < 1 \times 10^6$ に輪郭が明瞭になる。

DLC の場合、その表面硬さあるいは摩擦係数の低さから繰返し衝撃力に対して変形が小さいことが挙げられる。また、後述するが体積減少率が TiN に比較し極めて小さいことが原因であると考えられる。しかし、言い換えれば潤滑性が極めて高くベアリング等輻動部に使用すれば経済性に優れ、金型材に用いれば耐熱、対磨耗性に良好な特性を示す素材である。TiN についてその特性から変形し易く展延性はフラクタル次元分布の上下幅が狭いことから横方向の広がりが顕著である。

3. 2 割れ目とはく離部のフラクタル次元解析

図6は解析する 10^6 回繰返し後の部分拡大図である。割れ目直角面に沿って解析した場合とはく離部直角に解析した図である。

DLC 5×10^3

図5 フラクタル次元例

図6 割れ目部とはく離部のフラクタル次元変化

結言・文献略