

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第/0322号
------	-----	---------

氏 名 NOR AZMMI BIN MASRIPAN

### 論文題目

Effect of Surface Transformation and Transfer Film on Friction of Carbonaceous Hard Coatings

(カーボン系硬質膜の摩擦に及ぼす構造変化層及び移着膜の影響)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	教授	福澤 健二
委員	名古屋大学	教授	齋藤 永宏
委員	名古屋大学	准教授	上坂 裕之

## 論文審査の結果の要旨

NOR AZMMI BIN MASRIAPAN 君提出の論文「Effect of Surface Transformation and Transfer Film on Friction of Carbonaceous Hard Coatings (カーボン系硬質膜の摩擦に及ぼす構造変化層及び移着膜の影響)」は、低摩擦で耐摩耗性が期待されているためエンジン部品のしゅう動面への適用が試みられているダイヤモンドライクカーボン膜 (DLC 膜) や窒化炭素膜 (CN<sub>x</sub> 膜) 等のカーボン系硬質膜の移着膜及び構造変化層の評価方法を提案し、カーボン系硬質膜の摩擦に及ぼす構造変化層及び移着膜の影響を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、DLC 膜と CN<sub>x</sub> 膜の無潤滑下及び油潤滑下の摩擦特性の従来の研究を解説し、摩擦後の移着膜と構造変化層の分析はあるが、それらは摩擦とともに逐次変化し、かつ薄いため、摩擦に及ぼす移着膜と構造変化層の影響は明確では無いことを述べている。この問題点の解決に、移着膜の摩擦時その場評価と新しい構造変化層の評価方法の提案が必要である事を述べている。

第 2 章では、乾燥摩擦におけるサファイア半球への CN<sub>x</sub> の移着膜のその場評価方法を提案し、CN<sub>x</sub> 膜の超低摩擦特性に及ぼす移着膜の影響を明らかにしている。具体的には、摩擦係数が 0.003 以下の超低摩擦を発現するために必要な移着膜の厚さと面積を明らかにしている。これは、CN<sub>x</sub> 膜の超低摩擦メカニズム解明のための重要な知見である。

第 3 章では、異なる硬さの DLC 膜においてベース油中で炭素鋼との摩擦を行い、同じ組成の DLC 膜と炭素鋼でも摩擦係数が異なる事を明らかにしている。DLC 膜摩擦面のラマン分光分析で、低摩擦になる場合、グラファイト状の構造変化層が観察されるが、炭素鋼への DLC 膜の移着は観察されなかった。これらの結果は、ベース油中での DLC 膜の摩擦において移着膜より構造変化層が重要であることを示す重要な知見である。

第 4 章では、カーボン系硬質膜の構造変化層の定量的評価のために反射分光分析法による評価方法を提案し、ベース油中での構造変化層厚さと摩擦係数の関係を明らかにした。その結果、摩擦係数には構造変化層厚さだけではなく、構造変化層厚さと DLC 膜と相手面の合成自乗平均粗さの比が大きな影響を与え、この比が超低摩擦の設計指針となることを提案した。これは構造変化層が軟質固体潤滑膜として作用することを示しており、カーボン系硬質膜の超低摩擦実現のための材料設計に有用な知見である。

第 5 章では、前章で提案した構造変化層が軟質であることを実証するために、DLC 膜の摩耗痕のダイヤモンド探針による AFM スクラッチ試験を行い、摩耗痕の構造変化層の硬さを明らかにした。その結果、すべての DLC 膜において構造変化層が軟質であることが実証された。一方、超低摩擦を実現するためには構造変化層の硬さが軟らかすぎないことも重要であることが明らかにされた。この結果もカーボン系硬質膜の超低摩擦実現のための材料設計に有用な知見である。

第 6 章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文ではカーボン系硬質膜の摩擦における移着膜及び構造変化層の評価方法を提案し、摩擦に及ぼす構造変化層及び移着膜の影響を明らかにしている。これらの評価方法並びに得られた結果は、カーボン系硬質膜の超低摩擦特性の機械部品への応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である NOR AZMMI BIN MASRIAPAN 君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。