

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 10739号
------	-----	----------

氏 名 DENG Xingrui

論文題目

Tribological properties of carbonaceous coatings at high temperature
(カーボン系硬質膜の高温トライボロジー特性)

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	巨 陽
委員	名古屋大学	准教授	上坂 裕之
委員	名古屋大学	教授	荒井 政大

論文審査の結果の要旨

DENG Xingrui 君提出の論文「Tribological properties of carbonaceous coatings at high temperature (カーボン系硬質膜の高温トライボロジー特性)」は、高温下でしゅう動が必要な機械の更なる高効率・長寿命化のため、5種類のカーボン系硬質膜 (a-C:H, Si-DLC, CN_x, BCN 及び ta-C) の摩擦摩耗特性に及ぼす温度の影響を明らかにし、高温下で低摩擦・耐摩耗性を有するカーボン系硬質膜の設計指針を検討している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、固体潤滑による高温下での従来の研究を解説し、固体潤滑材では耐摩耗性に乏しく、カーボン系硬質膜による低摩擦と耐摩耗の両立が望まれているが、カーボン系硬質膜の摩擦摩耗特性は系統的に比較されて無く、耐熱性に富むカーボン系硬質膜の設計指針が乏しいことを述べている。第2章では、代表的なカーボン系硬質膜である a-C:H と耐酸化性に富むと言われている Si-DLC において、室温から 600 °C までの範囲における、硬さ、構造、摩擦係数及び比摩耗量を明らかにし、a-C:H が 200 °C 以上で軟化するのに対し、Si-DLC は 400 °C まで軟化しないことを明らかにしている。また、摩擦時に加熱し一定温度とした場合と、一定温度に加熱後に冷却し摩擦実験を行った場合の比較を行い、Si-DLC と Si₃N₄ 球の高温下での摩擦では、200 °C 以上で Si 同士の強固な凝着が発生し摩擦係数が著しく増加することを明らかにしている。一方、a-C:H では温度上昇に伴い 100 °C で摩擦係数は 0.02 程度の極小値を示し、200 °C、300 °C でも摩擦係数が低いことを明らかにしている。これらは、高温下で低摩擦となるカーボン系硬質膜の設計指針を提案するための重要な知見である。第3章では、さらに耐酸化性を高めるためにボロンを含有した CN_x である BCN の硬さ、耐酸化性及び摩擦特性に及ぼす温度の影響を明らかにしている。その結果、ボロンの含有率が増加するに伴い硬さが増加し、500 °C まで耐酸化性が向上する事を明らかにしている。また、300 °C 高温下での摩擦特性においては、約 5 % のボロンの含有率で摩擦係数は最小値をとることを明らかにしている。これは、BCN において、BN が耐酸化性に富む構造を有し、カーボンが固体潤滑剤として作用したと説明しており、高温下のトライボロジー材料開発のための重要な指針である。第4章では、さらに耐熱性を向上させるために sp³ 結合で構成されている ta-C の高温下での摩擦摩耗特性を明らかにしている。その結果、ta-C では、温度の増加に伴い摩擦係数は 400 °C まで低減し安定するが、比摩耗量は増大し 500 °C 以上では膜のはく離が発生する事を明らかにしている。これらの結果から、400 °C までであれば ta-C は低摩擦・耐摩耗性に富むことを明らかにしている。前章までの結果と総合することで、カーボン系硬質膜の高温下での低摩擦・耐摩耗性の向上のためには、sp³ 結合を増加させることが有効であることを明らかにしている。第5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 5 種類のカーボン系硬質膜において、室温から 500 °C までの高温下での摩擦摩耗特性を明らかにし、高温下で低摩擦・耐摩耗性を有するカーボン系硬質膜の設計指針を検討した。得られた結果は、高温下でしゅう動部を有する機械の高効率化と長寿命のために重要であり、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 DENG Xingrui 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。