

- 平成7年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻(エレクトロメカニカル工学講座)

氏名 加藤 照子

論文題目: 硬質被膜材料の摩耗機構に関する研究

和文要旨:

摺動部材の耐摩耗性の向上を目指して、従来多くの硬質被膜材料が開発されているが、使用条件によっては、下地材料よりも激しい表面損傷を生じる場合もあり、極く限られた範囲でしか利用されていないのが現状である。そのため、種々の硬質被膜材料の摩耗機構を解明することが強く望まれている。摩耗機構の解明において最も有効な手法は、摩耗過程の直接観察である。しかし、これまで大気中あるいは油潤滑下における硬質被膜材料の摩耗過程の直接観察による摩耗機構の体系的な解明は全くなされていない。本研究の目的は、代表的な硬質被膜材料に対して、表面損傷過程の直接観察が可能な CCD マイクロスコープトライボシステムを開発し、これを用いて種々の条件下で生ずる表面損傷形態の種類とそれらのメカニズムを体系的に解明することにある。なお、対象とする硬質被膜材料には、自動車の軽量クラッチドラムへの実用化が期待されているアルミニウム合金を下地とする各種硬質被膜材料及び摩耗機構の体系的な解明が強く望まれている酸化被膜を有する圧延ロール材料用いる。

第1章は、緒論であり、本研究の背景、硬質被膜材料に関する従来の研究、本研究の目的と構成が述べられている。

第2章では、油潤滑下においてブロックと硬質被膜材料プレート及び金属材料プレートに対してアタック角を変化させ摩耗機構の実験的な解明を行っている。そして、摩耗過程の直接観察にもとづき硬質被膜材料の摩耗形態を切削型、掘り起こし型及びバニシング型の3種類に分類し、摩耗形態の遷移に及ぼすアタック角及びブロックとプレートの硬さ比の影響を明らかにしている。

第3章では、第2章で観察された3種類の摩耗形態について、すべり線場理論を用いた解析により、無次元せん断強さをパラメータとして、アタック角と硬さ比を用いた摩耗形態図を提案している。そして、理論解析により求められた摩耗形態図と、第2章の実験結果を比較し、理論の妥当性を明らかにしている。

第4章では、油潤滑下においてアルミニウム合金に被覆した種々の硬質被膜材料プレートと半球状炭素綱ピンに対して摩耗機構の実験的な解明を行っている。そして、摩耗過程の連続観察にもとづき、種々の条件下で生ずる硬質被膜材料の摩耗形態をスポーリング型、フレーク形成型、パウダー形成型及びシアタング形成型の4種類に分類している。また、被膜材料の致命的な損傷であるスポーリング型の摩耗について、疲労破壊の下限界に相当する新たな臨界荷重の存在を見出ししている。さらに、荷重及び摩擦繰返し数の増加にともなう摩耗形態の遷移を分類し、比摩耗量との関係を明らかにしている。

第5章では、大気中無潤滑下及び水潤滑下において、CCD マイクロスコープトライボシステムを用い、軸受鋼球と酸化被膜を有する各種圧延ロール材料プレートの摩耗機構の実験的な解明を行っている。そして、摩耗過程の連続観察にもとづき、硬質被膜材料のプレートの摩耗形態をスポーリング型、フレーク形成型、パウダー形成型に分類している。さらに、荷重及び摩擦繰返し数の増加にともなう摩耗形態の遷移を分類し、比摩耗量との関係を明らかにしている。

第6章では、第4章及び第5章で実験的に解明されたスポーリング型、フレーク形成型、パウダー形成型の摩耗形態の発生条件について理論的な検討を行っている。スポーリング型摩耗については、摩擦係数と無次元接触圧力を両軸とする摩耗形態図を構築し、その発生条件を解明している。さらに、摩耗形態図をもとにスポーリングを支配する新しい無次元パラメータ S_s を提案し、スポーリングが生じる場合の比はく離量が無次元パラメータ S_s を用いて統一的に表されることを明らかにしている。一方、硬質被膜材料自身の摩耗であるフレーク形成型及びパウダー形成型の摩耗について、それらの摩耗形態が脆性破壊型摩耗の発生を支配する無次元数 S_c と摩擦係数を両軸とする摩耗形態図で分類できることを明らかにしている。さらに、パウダー形成型の摩耗では、無次元パラメータ S_{w*} を用いて、比摩耗量が統一的に表されることを明らかにしている。

第7章は、結論であり、第2章から第6章で得られた知見を総括し、硬質被膜材料の摩耗機構のまとめが述べられている。

以上、本研究は、硬質被膜材料に対して、種々の条件下で生ずる摩耗形態の種類とそれらの機構及び比摩耗量との関係を明らかにした上で、各摩耗形態の発生条件を体系的に解明したものである。

- Name : Teruko KATO

Title : Study on the wear mechanism of hard films.

Abstract

The purpose of this thesis is to analyze sliding wear mechanism of hardfilms by using a CCD microscope tribosystem.

In chapter 1, background, previous study of hard films and the purpose of this thesis are described.

In chapter 2, the wear mechanism of hard films in tilted block on plate type sliding is analyzed experimentally. Wear modes of hard films are classified into cutting and burnishing.

In chapter 3, the wear modes observed in chapter 2 are analyzed theoretically. A new wear map is proposed theoretically by using the attack angle and hardness ratio of block and plate specimen. This wear map correlates well with the experimental results.

In chapter 4, wear mechanism of hard films coated on aluminium alloys under pin on plate type sliding is analyzed experimentally. Wear modes of hard films can be summarized into spalling, flake formation, powder formation or shear tongue formation. Wear mode transition can be summarized by using two critical normal loads. The specific wear rate changes drastically corresponding to the transition of wear mode.

In chapter 5, wear mechanism of oxide films on hot roll surfaces under ball on plate type sliding is analyzed experimentally. Wear modes of oxide films on hot roll surfaces can be classified into spalling,

flake formation and powder formation. Wear mode transition can be summarized by using two critical normal loads. The specific wear rate also changes drastically corresponding to the transition of wear mode.

In chapter 6, wear mechanism of spalling, flake formation or powder formation is analyzed theoretically. The condition for the occurrence of spalling can be shown by a wear map which is newly introduced by using friction coefficient and dimensionless contact pressure. The wear map indicates that spalling occurs at the region of severe elastic-plastic contact region and medium friction coefficient region. Specific spalling rate is expressed as a function of dimensionless parameter S_s which is newly introduced. Transition between flake formation and powder formation of hard films is clarified by a wear map by using dimensionless parameter S_w and friction coefficient. In the case of powder formation, specific wear rate decreases with decreasing the dimensionless parameter S_w^* .

In chapter 7, the understandings of wear mechanism of hard films observed in this thesis are described systematically.