

アブレシブ摩耗における摩擦・摩耗機構の実験による解析

長崎大学大学院生産科学研究科

中嶋 明

近年、科学技術の進歩が急速になる一方で、機械製品の性能（機能性、安全性、正確性、経済性、長寿命性等）に対する要求は高度で厳しいものとなっている。したがって、機械の性能を大きく左右する摺動部の性能に対する要求も高度で厳しくなっており、機械におけるトライボロジー特性は解明すべき重要課題の一つとなっている。摩擦、摩耗に関する研究は古くから実験および理論の両面からなされているが、現在に至ってもなお摩擦、摩耗に関する明確な理論は定着していない。その形態の見直しや理論的解明のために研究が活発に行われているが、かなりの部分を経験に頼っているのが現状である。また、近年における科学技術の急速な進歩に伴って新素材が出現し、摺動部材が広範囲かつ苛酷な環境下で使用されるなど摩擦、摩耗を取り扱う条件はますます複雑化し厳しくなっている。

一般に摩擦、摩耗は単一形態で存在することはほとんどなく、数種類の形態が混在するとともに刻々とその状態は変化する。さらに摩擦、摩耗に影響を及ぼす因子の数は多く、摩擦、摩耗形態によって各因子の影響度合いは異なるため実際の摺動面における摩擦、摩耗の定量的な推定はかなり困難である。したがって、摩擦、摩耗の定量的な推定は機械の設計や性能、寿命などを検討する際の重要課題の一つとなっている。しかし、各摩擦、摩耗形態の基本的機構を解析するとともにそれらに影響を及ぼす因子の推定および影響度合いなどの分析を行い、理論的解析と実験的解析を一致させることで摩擦、摩耗の定量的な推定は可能であると考えられる。

本論文は摩擦・摩耗機構の実験による解析で、構成は以下のようにしている。

第一章 緒言

第二章 摩擦・摩耗に関する概要とこれまでの研究

第三章 アブレシブ摩耗実験

第四章 アブレシブ粒子をモデル化した単一突起による摩擦実験

第五章 まとめ

本研究では、摩耗形態の中で最も摩耗量が多く、実際の機械等でトラブルあるいは寿命に大きな影響を及ぼすアブレシブ摩耗に焦点を絞った。アブレシブ摩耗における摩擦・摩耗機構の解析を実験により行うために、アブレシブ摩耗が主に生じる条件下での摺動実験を行い、摩擦、摩耗に及ぼす影響因子とそれらの影響度合いおよび相互作用等の解析を行った。

第三章のアブレシブ摩耗実験では、アブレシブ摩耗はアブレシブ材の状態から3元アブレシブ摩耗（摺動する固体間の遊離アブレシブ粒子による摩耗）と

2元アブレシブ摩耗（摺動する片方の面が硬質突起を有し、その突起による摩耗）とに分類されることから、それぞれの摩耗形態について実験条件を変化させた実験を行い、摩擦、摩耗においてその形態の持つ特徴および影響を及ぼす因子について調べた。なお、3元アブレシブ摩耗実験ではアブレシブ材としてSiC粉体粒子を使用し、油中で摺動を行った。2元アブレシブ摩耗実験ではアブレシブ材として紙ヤスリと鉄工ヤスリを使用し、無潤滑下で摺動を行った。その結果以下のようなことが明らかになった。

3元アブレシブ摩耗実験

- ・ 粉体粒子の接触面内導入性は荷重の増加とともに悪化する。
- ・ 組合せ材料の硬度差は摩耗に大きく影響を及ぼし、硬度差が小さいほど $W_s \cdot H$ (比摩耗量×材料硬度(ビッカース硬度))は大きくなる。
- ・ 粉体量が限られている場合、接触面間への粉体導入量が直接的に摩耗に影響するため、粉体の導入性、埋め込み粒子の保持力、材料の摩耗特性などの摩耗に及ぼす影響は大きく、 $W_s \cdot H = \text{const.}$ は成立しないことが多い

2元アブレシブ摩耗実験

- ・ 2元アブレシブ摩耗においても $W_s \cdot H = \text{const.}$ の経験則が成立しないことが多く、摩耗には材料の硬度のみでなく、他の材料特性も大きく影響を及ぼす。
- ・ 2元アブレシブ摩耗においても摩擦は凝着摩擦支配である。

第四章のアブレシブ粒子をモデル化した単一突起による摩擦実験は、アブレシブ摩耗における摩擦・摩耗機構を解析し易くするため、硬質突起の形状を円錐と球にモデル化した単一突起を用いて各種の条件下で摺動実験を行った。この実験では摩擦係数および掘り起こし溝形状を測定し、掘り起こし摩擦係数および凝着摩擦係数を推定した。なお、本研究では従来の摩擦の式による計算値と実験による摩擦の値が一致しないことから、従来の摩擦の式の掘り起こしの項と凝着の項にそれぞれ修正係数を付けた修正式を提示し、これらの修正係数を求めることで摩擦に影響を及ぼす因子を探り、アブレシブ摩耗における摩擦機構の解析を行った。その結果以下のようなことが明らかになった。

- ・ 掘り起こしの項修正係数は材料、圧子形状によって異なり、また、圧子形状による相違は材料によっても異なる。
- ・ 凝着の項修正係数は材料、圧子形状、潤滑の影響を大きく受ける。
- ・ 凝着摩擦に比べ掘り起こし摩擦は小さく、すべり摩擦においては凝着摩擦が支配的である。
- ・ 単一突起による摺動実験の結果はアブレシブ摩耗における摩擦・摩耗機構の解析に適用できる。

本研究では、アブレシブ摩耗における摩擦・摩耗の機構およびそれらに影響を及ぼす主要因子の挙動、相互作用などを明らかにすることができ、アブレシブ摩耗における摩擦・摩耗を定量的に推定する際に必要とされる根拠を与えた。