

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Min-Soo SUH
論文題目	Wear Mechanisms on SiC and SiC/SiC Composites under Sliding Friction and Erosive Wear (摩擦及びエロージョンによる炭化珪素及び炭化珪素複合材料の損耗挙動)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、損耗特性や耐食性に優れることで知られている炭化珪素 (SiC) セラミックス材料における、摩耗及び衝撃等の損耗挙動の理解、並びにそれらの知見に基づく耐損耗特性に優れた炭化珪素材料の開発を論じた結果をまとめたもので、6章からなっている。</p> <p>第1章は序論で、研究の背景及び目的について述べている。特にセラミックスおよびセラミックス複合材料の一般的な破壊挙動に関して述べている。本研究で取り扱う損耗環境を負荷時間と負荷応力レベルの関係で整理し、セラミックス及びセラミックス複合材料の破壊挙動に基づき、各環境に対する適切な材料の検討を行い、セラミックス材料の損耗挙動に関する理解の体系化を目指した本研究の位置づけ、意義と研究目的を示している。</p> <p>第2章では、摩擦およびエロージョンによる損耗挙動に関する基本的な原理から、近年明らかになった理論までを整理し、概説している。損耗挙動の理解の重要性とそれらの知見に基づく新たな材料開発の必要性について述べている。</p> <p>第3章では、低負荷応力レベルで非常に長い負荷時間環境に相当する摩擦特性に関して述べている。摩擦特性に対する表面テクスチャの関係を特にクロスハッチパターンに関して角度や幅に関する実験結果と理論的な考察により整理し、損耗メカニズムを明らかにするとともに、摩擦係数を決める因子を見出している。SiCは水中で表面に膜形成を行うことにより、低摩擦係数を発現することが報告されているが、接触の対象とする材料を選択することにより大気中においても同様な機構を発現させることができることを摩擦試験、材料表面の分析により明らかにした。このことは、高温で水の無い環境下においても材料の組み合わせにより、低摩擦係数を得られることを示している。</p> <p>第4章では、非常に高い負荷応力レベルでの非常に短時間で生じる衝撃負荷条件における損耗挙動に関して述べている。高純度SiC材料を用いて基準となる破壊挙動の評価を行い、より一般的に産業界で用いられる焼結材料における不純物や気孔率の異なる材料を用いて評価を行うことにより、破壊挙動に及ぼすそれらの影響を評価した。負荷応力レベルに依存した亀裂の生成挙動を解析し、各材料の環状亀裂生成のしきい値を明らかにした。また、バルクの強度は材料全体の複合的な因子で決まるのに対し、損耗特性においては、特定の破壊因子に依存することが明らかになり、耐損耗特性向上のための材料作製条件に関する知見を得ている。</p> <p>第5章では、高い負荷応力レベルでの長い負荷時間で生じる損耗特性に関</p>			

して述べている。負荷応力レベルと負荷応力時間で決まる損耗条件としては比較的厳しく、SiCセラミックスに比べて破壊靱性に優れるSiC/SiC複合材料を中心に損耗挙動を取り上げている。マクロな強度特性に対する重要な要素である繊維/マトリックス界面や気孔率等の異なる材料を試作し、損耗特性に及ぼす影響の評価を行い、理論的な考察とともに複雑な材料の各構成要素に対する損耗過程を明らかにした。相対的にマトリックス領域が繊維束領域に比べ著しく耐損耗特性が優れていることが明らかになった。結果として界面特性が損耗特性にほとんど影響しないことが明らかになり、実用化に適した低コストの簡易な方法での界面形成を行った材料を試作し、最も高性能の材料と同等の損耗特性を有する材料開発に成功した。

最終章として、第6章では、本研究の成果を総括した。

SiC材料は、経験的に優れた損耗特性を持つことは知られているが、理論的な裏付けは十分に得られていない。また、産業用に使用されている材料に含まれるような不純物や欠陥等の影響に関しても十分な知見は得られていない。さらに破壊靱性に優れるSiC/SiC複合材料に関しては皆無である。これに対し本研究は、SiC材料の損耗挙動に関して、表面テクスチャ、反応膜、材料因子等の影響を実験と理論的な考察により明らかにしており、その学問的な意義はもとより、今後の産業界におけるSiC材料をはじめとするセラミックス材料の利用、材料開発に大きく貢献できるものと考えられる。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、損耗特性や耐食性に優れることで知られている炭化珪素 (SiC) セラミックス材料における、摩耗及び衝撃等の損耗挙動の理解、並びにそれらの知見に基づく耐損耗特性に優れた炭化珪素材料の開発に関する研究を行った結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

負荷応力レベル、負荷時間の異なる条件での損耗に対し、基本的な損耗特性、表面のテクスチャに対する影響および実用材料に含まれる不純物や気孔率の損耗特性への影響を評価し、SiC材料の損耗破壊挙動を解明している。

低い応力レベルでの長時間の摩耗条件の研究においては、主にSiC材料の摩耗に及ぼす表面テクスチャの影響を定量的に評価し、複雑な損耗挙動を明らかにしている。また、SiC材料において接触材料との反応で生じる膜形成による摩耗特性の改善効果を組成解析により明らかにしている。

高い負荷応力レベルでの非常に短時間で生じる衝撃負荷条件においては、高純度SiC材料を用いて基準となる破壊挙動評価し、不純物や気孔率の異なる材料を用いて評価を行うことにより、破壊挙動への影響を明らかにし、耐損耗特性向上のための材料作製条件に関する知見を得ている。

次に、負荷応力レベルと負荷時間において上記二例の中間に位置し、損耗条件が非常に厳しく、SiCセラミックスでは大きな破壊に至ってしまう環境下において、SiC/SiC複合材料を用いた損耗挙動の評価を行っている。気孔率、界面素材等の異なる材料の定量的な評価、機構論的な検討により破壊挙動を明らかにし、損耗特性に対して重要な因子を示すと共に、この知見に基づき耐損耗性に優れた材料の開発を行った。その結果、マクロな機械特性は材料全体の因子で全体の特性が決まるが、本研究で取り上げた損耗挙動は、材料表面の局所的な損耗の蓄積に損耗挙動が依存するため、特性を決める因子の異なることが明らかになった。

高温環境下や水中環境下等の特殊環境下において、メカニカルシール、軸受け等で損耗特性に優れる素材が求められている。SiCセラミックスは実用化されているものの、実用レベルでの材料に対する破壊挙動の理解が不足しており、特にSiC/SiC複合材料に関しては、これまでにほとんど知見が得られていない。本研究はこれらの課題の解決や提案の実現に向けて直接貢献できる成果である。

よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年8月16日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降