

氏名	シャ 沙	ジャン 建	ジュン 軍
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)		
学位記番号	エネ博第 124 号		
学位授与の日付	平成 17 年 9 月 26 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
研究科・専攻	エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻		
学位論文題目	Performance of SiC-based Fibers under Severe Environments and Its Mechanistic Analysis (過酷環境下の SiC 基繊維の性能評価および機構論的解析)		
論文調査委員	(主査) 教授 香山 晃 教授 塩津 正博 講師 檜木 達也		

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、先進エネルギーシステム及び推進システムの構造材料として期待されている SiC/SiC 複合材料の強化要素である SiC 繊維の耐環境特性に関して論じた結果をまとめたものであり、7章からなっている。

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。地球環境保全とエネルギー枯渇問題を考慮した次世代エネルギーシステムの実現のためにはエネルギー価格やエネルギー保障面での魅力を有すること、信頼性・社会的受容性の高いことが必須であり、これまでの条件を凌駕する超高温・苛酷環境下での耐性を有する革新的な材料開発が求められていると指摘している。

さらに、先進エネルギー生成システム及び推進システム概念を体系的に述べており、優れた総合特性、特に耐環境特性より SiC/SiC 複合材料の優位性を説いている。

第2章は、先進エネルギーシステム実現のために進められている SiC/SiC 複合材料の研究開発に関する文献調査を行い整理したものであり、先進 SiC/SiC 複合材料の作製から苛酷環境での適用に至る課題点を指摘している。特に、実使用環境下で想定される性能劣化について、劣化メカニズムの解明や特性評価の必要性を強調し、苛酷環境下での評価法の開発や高度化の意義について述べている。

第3章では、SiC 繊維の基礎特性及びその特性評価における方法論について系統的に検討している。特に、苛酷環境下での SiC 繊維の機械的特性評価及び微細組織のキャラクタリゼーションに注目し、単一フィラメント引張試験だけでなく、実使用時を考慮した曲げ応力緩和 (Bend stress relaxation, BSR) 試験法及び改良法 (m-BSR 試験法) を用いたクリープ特性評価を行い、m-BSR 試験法を示すと共に苛酷環境下での先進 SiC 繊維の特性評価結果を述べている。一方、破壊力学概念に基づいた SiC 繊維の破壊靱性及び臨界破壊エネルギーの評価を行い、苛酷環境下での SiC 繊維の破壊メカニズムに関わる基礎データを示している。

第4章では、新規 SiC/SiC 複合材料作製プロセスとして開発中のナノ粉末含浸・遷移共晶相 (NITE) 法における作製条件の影響、先進エネルギーシステム環境下での挙動や想定事故時の温度上昇の影響の評価のため不活性ガス雰囲気下で 1900°C にいたる熱履歴を与えた先進 SiC 繊維の基本特性及び微細組織変化を詳細に述べている。

第5章では、SiC 繊維のクリープ特性に及ぼす超高温の熱履歴付与の影響を m-BSR 試験により評価している。SiC 繊維及び SiC/SiC の寿命評価における重要な因子であるクリープ変形の見かけ活性化エネルギーを求め、従来の SiC 繊維の引張クリープデータとの比較検討を行い、m-BSR 試験の有用性を実証している。

第6章では、実環境下での複雑な劣化機構のうち、酸素分圧、溶融塩環境の影響を取り上げ検討している。酸素分圧の影響に関しては、大気、高純度 Ar、超高純度 Ar 雰囲気異なる酸素分圧化で熱・応力負荷試験を行い、微細組織変化と強度劣化挙動について述べ応力負荷及び活性化に起因する SiC 繊維の応力腐食を基本とする劣化機構モデルを提案している。また、先進推進システムでの使用を想定し、溶融塩中での SiC の腐食に関する検討を行い、溶融塩中での SiC の熱化

学的安定性について述べている。

第7章は本研究の総括であり、過酷環境下での SiC 繊維の引張強度、クリープ特性評価法の開発も含め、SiC 繊維の耐環境特性に関する現象論・機構論的研究の結果をまとめている。本研究により超耐環境性 SiC 繊維の高性能化を達成するための指針が示されている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、先進エネルギーシステム及び推進システムの構造材料として期待されている SiC/SiC 複合材料の強化要素である SiC 系繊維の耐環境特性に関する現象論・機構論的研究の結果をまとめており、主な成果は以下のとおりである。

SiC 繊維の基礎特性及びその特性評価における方法論について系統的に検討し、特に苛酷環境下での SiC 繊維の機械的特性評価及び微細組織のキャラクタリゼーションに注目し、単一フィラメント引張試験だけではなく、実使用時を考慮した曲げ応力緩和 (Bend stress relaxation, BSR) 試験法及びその改良法 (m-BSR 試験法) を用いたクリープ特性評価を行い、m-BSR 試験法の有効性を示すと共に苛酷環境下での先進 SiC 繊維の特性評価結果を述べている。一方、破壊力学概念に基づいた SiC 繊維の破壊靱性及び臨界破壊エネルギーの評価を行い、苛酷環境下での SiC 繊維の破壊メカニズムに関わる基礎データを示している。

また、新規 SiC/SiC 複合材料作製プロセスとして開発中のナノ粉末含浸・遷移共晶相 (NITE) 法における作製条件の影響、先進エネルギーシステム環境下での挙動や想定事故時の温度上昇の影響の評価のため不活性ガス雰囲気下で 1900°C にいたる熱履歴を与えた先進 SiC 繊維の基本特性及び微細組織変化を詳細に述べている。特に、SiC 繊維のクリープ特性に及ぼす超高温の熱履歴付与の影響を m-BSR 試験により評価し、SiC 繊維及び SiC/SiC の寿命評価における重要な因子であるクリープ変形の見かけ活性化エネルギーを求め、従来の SiC 繊維の引張クリープデータとの比較検討を行い、m-BSR 試験の有用性を実証している。

さらに、実環境下での SiC の複雑な劣化機構のうち、酸素分圧、熔融塩環境の影響を取り上げ検討している。酸素分圧の影響に関しては、異なる酸素分圧下での熱・応力負荷試験を行い、応力負荷及び活性酸化に起因する SiC 繊維の応力腐食を基本とする劣化機構モデルを提案している。また、推進システムでの使用を想定した熔融塩中での SiC の腐食及び熱化学安定性についても言及している。

以上のように、本研究は先進エネルギーシステムで求められる超高温・過酷環境下での超耐環境性 SiC 繊維の高性能化を達成するための指針が示されており、エネルギー材料の開発ならびにエネルギー科学に大きく寄与するものである。

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17年8月10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。