

氏 名	こ 小 谷 まさ 規
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)
学位記番号	エネ博第49号
学位授与の日付	平成14年3月25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	SiC 繊維強化 SiC 基複合材料の合成技術に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 香山 晃 教授 石井隆次 教授 山 寄 鉄 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高温、中性子照射等の過酷環境下での利用を対象とした SiC 長繊維強化型 SiC 材料 (SiC/SiC 複合材料) の開発に関する体系的な研究の成果をまとめたもので、全8章からなる。

第一章では、序論として研究の背景及び目的について述べている。エネルギー機関の高効率化や大型化等の要求に対し、材料には金属材料の使用温度をはるかに超えた苛酷環境で使用可能な構造材料が求められている。この状況に応えるべく、候補としてセラミックスの内部構造を制御したセラミック複合材料の有望性を指摘し、本論文の意義について説いている。各章の構成についても述べている。

第二章では、本研究に関連する主にセラミックス及びセラミックス基複合材料に関する合成方法や力学特性について概説し、SiC/SiC 複合材料の位置づけを述べている。まず、構造用材料として求められる特性をまとめた上で、SiC/SiC 複合材料の要求性能と現状レベルを比較検討し、高性能化に向けてさらなる研究が必要な未解決課題を指摘している。合成法の選択については、ポリマー含浸焼成法 (PIP 法) が最も汎用性に優れ、工業材料として進展が十分に期待できることを述べた上で、得られる特性がプロセス条件に大きく依存することを指摘し、実用化に向けた基礎的知見の蓄積の重要性を説いている。有機ケイ素ポリマーによる繊維プリフォームへのマトリックス形成について機構論的に説明し、PIP 法の最重要課題である合成欠陥の減少を目指したプロセス改善に対する指針を示している。

第三章では、複合組織を決定づける成形条件の最適化法に関する研究結果がまとめられている。ここでは、基礎的複合構造の一方強化材について、焼成中の加圧とポリマーへのフィラー添加を用いた気孔率の低減と組織の均一化に関する系統的調査が行われている。マトリックスプレカーサーの熱分解過程に関する詳細な理解による組織及び力学的特性への影響に関する詳細な実験的調査が示されており、これに基づいた最適条件を導き出すための方法論が示されている。最適条件においては、これまで達成されていない高い強度が達成されている。調査はまず一方強化構造について行い、組織への影響についても調査することにより、織物材をはじめとする多様な強化構造に応用可能な設定法を確立している。

第四章では、生産性向上と組織高品位化を目指して昇温速度、温度、加熱法からなる焼成条件の設定法についてまとめている。昇温速度の向上は生産性向上に極めて重要な合成因子であり、系統的調査により最適条件が明らかにされている。結晶化による耐環境性向上を目指して合成温度の向上が図られ、その際の問題点と改善法が示されている。

第五章では、SiC 前駆体ポリマーの選定法の確立について述べている。ここでは、その分子構造に基づく物性、熱分解挙動、収率が複合組織に及ぼす影響について検討を行い、複合材料の力学的及び環境特性を向上させるための必要条件を抽出し、適切な選定法を明らかにしている。

第六章では、各合成法の適性に着目して組み合わせた複合プロセスを新たに提案し、その有効性を検討した結果について述べている。高強度組織を得るためのマトリックス原料系の選択とその配合比の最適化をはじめ、それらを強化プリフォームへ導入する手法を確立し、高性能化を達成している。これら PIP 法の主要因子に関する条件の最適化と、PIP 法をベ-

スとした複合プロセスの開発ならびに高度化により、工業化への進展が期待できる汎用的手法による SiC/SiC 複合材料の高性能化条件が明らかにされている。

第七章では、複合材料の利用技術として接合及び被覆について検討されている。ここでは、耐環境性の高い接合剤として、低放射化特性を有するガラスセラミックスと純度の高い SiC を生成する前駆体ポリマーが適用され、高度化に関する基礎的知見が得られている。

第八章では、以上の研究結果から得られた総括を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高温、中性子照射等の過酷環境下での利用を対象とした SiC 長繊維強化型 SiC 材料 (SiC/SiC 複合材料) の開発に関する体系的な研究の成果をまとめたものであり、得られた主たる成果は以下のとおりである。

SiC/SiC 複合材料の合成に関する研究は、個別的な試作による高性能化が行われてきたのみで、汎用性を意識して系統的調査による検討は皆無に等しかった。複合材料の合成では、汎用性の高い PIP 法をベースとしたプロセス改善を行い、さらに各因子による組織、力学特性への影響に関する系統的知見を取得した。その際には、マトリックス原料に用いる有機ケイ素ポリマーに関する各温度域の状態を正確に把握することにより、ポリマーの熱分解挙動に基づくプロセス設計を行うための重要な理解を得た。また、複合組織と力学特性との相関付けにより、繊維の特性が有効に発揮される複合効果を得るための組織条件を明らかにした。こうして各合成因子による材料特性への効果を機構論的に定量性をもって理解することにより、特性向上のみならず、特性制御、さらには特性予測を可能とする技術基盤を築いた。さらに、単一の手法による合成の壁を越え、PIP プロセスに反応焼結要素を加えた複合プロセスを提案し、その有効性を示した。これらの研究により、様々な形状及び構造の SiC/SiC 複合材料の合成に対して定量的に高性能化への指針を示し、工業レベルの多様な要求に対応するための技術体系の基礎を確立した。実用化に向けた周辺技術についても、その確立に向けた各要素技術の検討を行い、体系化と技術統合において成果が得られた。

本論文は、高効率エネルギー機関用構造材料として極めて優れた特性を有する。SiC/SiC 複合材料の実用化にとって鍵となる製造プロセス技術の開発に関する体系的な研究を行ったものであり、安価かつ最高性能な SiC/SiC 複合材料の製造に成功しているばかりでなく、今後の材料開発指針をも示すものである。

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14年2月6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。