

審査の結果の要旨

氏名 武田 道夫

高温構造材料として SiC 繊維強化 SiC 複合材料の研究開発が行われている。この種の複合材料では、繊維の持つ高比弾性率や高比強度を利用して大きな破壊抵抗を付与できることが従来のセラミックス材料単体では実現できない最大の特長である。しかし、大きな破壊抵抗を発現させ、その特性が長時間保持するためには既存の SiC 繊維では限界があり、より高性能な繊維の実現が複合材料の工業化には欠かせないものであった。本論文は、耐熱性のある SiC 繊維を開発し、セラミックス複合材料へ適用し、開発した繊維の有効性を明らかにしたものであり、全7章よりなる。

第1章は序論であり、無機ポリマーを溶融紡糸して、不融化、焼成の工程により製造される SiC 繊維の研究開発状況を整理し、耐熱 SiC 繊維の必要性および現状での問題点を明らかにし、本論文の目的を明確にしている。

第2章ではポリカルボシランを原料とし、電子線照射不融化法による低酸素 SiC 繊維を試作してその特性解析と製造条件を最適化した。繊維の強度維持率 α という新たなパラメータを導入し、このパラメータを用いて繊維の酸素含有量と熱的安定性との関係を求めた。酸素含有量 0.4wt% のものでは α が 0.9 と高い熱的安定性を示し、既存の酸素含有量の大きな SiC 繊維に比べて耐熱性を大幅に向上できることを証明した。

第3章では、熱分解過程での雰囲気制御により C と Si 比率の異なる SiC 系繊維を試作してその特性を詳細に調べた。まず、不融化したポリカルボシランから SiC 系セラミックスへの熱分解は水素やメタンを主とする分解ガスの放出とともに無機化反応が進行することを明らかにした。ついで、その化学平衡を制御することで同一の前駆体から C と Si のモル比 (C/Si) が $C/Si=0.86\sim 1.56$ の範囲の繊維を試作し、C と Si のモル比の違いにより繊維の機械的特性や物理的性質が大きく変化することを見出した。この結果を用いて、 $C/Si=1$ と化学量論組成の SiC 繊維の開発に成功した。また、この SiC 繊維は高弾性率であり、従来の SiC 系繊維では持ち得なかった高温での耐酸化性が優れているという特長を有することも明らかにしている。

第4章では SiC 系繊維の高温引張り強さや高温クリープなど機械的特性に及ぼす繊維構造の影響について解析した。第3章の結果を用いて、異なる化学組成や結晶構造の SiC 繊維を作製し、高温での引張り試験や応力緩和試験を行った。その結果、化学組成と結晶性が高温での機械的特性と密接に関連していることを見出し、これらの因子の最適化への指針を得ている。

第5章では、開発した SiC 繊維を織布に加工し、その織布で強化した SiC 繊維強化

SiC 複合材料をポリマー含浸・熱分解法で作製し、複合材料の作製条件を曲げ強さを通して最適化した。ポリマー含浸回数の増加に伴い、三点曲げ試験から得られる荷重-変位曲線から得た比例限界荷重、最大荷重が大きくなることを明らかにし、繰り返し含浸回数が 10 回で十分であるという結論を得ている。

第 6 章では、界面コーティングを含めた複合材料の総合的な評価を行った。まず、開発した SiC 繊維では繊維の劣化を伴わずに BN のコーティングを行うことが可能となったことを示した。ついで、BN コーティングした SiC 繊維を用いて第 5 章と同様の複合材料を作製し、高温長時間保持の熱サイクル試験を行った。その結果、BN をコーティングした SiC 繊維で強化した複合材料では大気中 1273K、1000 時間の熱曝露において、極めてわずかの強さの低下しか生じないことを実験的に証明し、従来の複合材料では得られない耐熱性を持つことを証明した。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。さらに、得られた SiC 繊維のセラミックス系複合材料分野への波及効果及び将来展望を述べている。

以上のように、本論文は従来の SiC 繊維の耐熱性を著しく向上させ、その繊維を用いた複合材料の力学特性評価を通して繊維の持つ高温構造用 SiC 繊維強化 SiC 複合材料実現の可能性を明らかにしたものである。また、実用的な観点からも SiC 繊維が工業用複合材料の素材として用いられる道を切り開いたものであり、無機材料学への学術的価値が大であるのみならず、実用化を通して社会の役に立つ高温構造用セラミックス系複合材料を実現した実績は高く評価される。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。