

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ケイ素合金を用いた溶融合浸法による炭化ケイ素複合材料の開発
Title(English)	
著者(和文)	津之浦徹
Author(English)	Toru Tsunoura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11192号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 克己,加藤 之貴,小林 能直,塚原 剛彦,若井 史博
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11192号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 原子核工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	津之浦 徹		指導教員 (主)： 吉田 克己 Academic Supervisor(main)
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「ケイ素合金を用いた溶融合浸法による炭化ケイ素複合材料の開発」と題し、6 章より構成される。

第 1 章「緒言」では、炭化ケイ素長繊維強化複合材料が原子力・核融合分野や航空宇宙分野等の高信頼性耐熱構造材料として期待されていること、及びその炭化ケイ素長繊維強化複合材料の代表的な作製プロセスである溶融合浸法の現状と課題について説明した。また、従来の溶融合浸法で作製した炭化ケイ素長繊維強化複合材料ではマトリックス中に原料のケイ素が残存するため、ケイ素の融点である 1400℃ 近傍における特性劣化の原因となっている。これらを踏まえ、1400℃ よりも低融点のケイ素共晶合金を用いた低温溶融合浸法、及び 1400℃ よりも高融点のケイ素合金を用いた高温溶融合浸法のコンセプトを実証し、優れた特性を有する炭化ケイ素複合材料を開発することを本研究の目的とした。

第 2 章「低温溶融合浸法に適したケイ素共晶合金の探索」では、熱力学的計算に基づき、耐酸化性に優れるケイ素共晶合金を探索し、候補となるケイ素共晶合金について実験により検証し、ケイ素共晶合金の酸化機構を解明した。ケイ素共晶合金を構成する 2 相について酸化反応ギブスエネルギー変化を計算し比較することで、金属酸化物ベースの酸化物を形成する共晶合金と SiO₂ ベースの酸化物を形成する共晶合金とに分類した。そして、種々のケイ素共晶合金を用いた溶融合浸法により炭化ケイ素長繊維強化複合材料を作製し、酸化試験を行った結果、熱力学的計算による酸化挙動の予測と一致することを明らかにした。特に、均一な厚さの薄い SiO₂ 膜を形成する共晶合金は良好な耐酸化性を示したことから、低温溶融合浸法に適した合金である。

第 3 章「低温溶融合浸法による炭化ケイ素-ケイ素共晶合金複合材料の作製と評価」では、第 2 章で探索したケイ素共晶合金を用い、低温溶融合浸法により炭化ケイ素-ケイ素共晶合金複合材料を作製し、室温から 1200℃ での機械的特性を評価した。炭化ケイ素-ケイ素共晶合金複合材料は高温でマトリックスが延性遷移するために靱性が向上すること、及び微細な共晶組織を形成することから高温下において優れた機械的特性を示した。Si-Co 合金を用いた低温溶融合浸法により作製した炭化ケイ素長繊維強化 Si-Co 共晶合金複合材料では、炭化ケイ素繊維の熱劣化が抑制されたこと、及びマトリックスの靱性が高いために従来のケイ素を用いた複合材料よりも優れた機械的特性を示した。

第 4 章「高温溶融合浸法に適したケイ素合金の探索」では、ケイ素以上の耐熱性を実現するために、高融点シリサイドマトリックスの形成のための指針について検討した。高温溶融合浸法では、炭化ケイ素が高温の溶融合金と接触することから、合金と炭化ケイ素との反応を抑制し、合金組成の変化を抑制することが求められる。実験結果から、炭化ケイ素よりも生成ギブスエネルギー変化が大きい炭化物を形成する金属のシリサイドである CoSi や CrSi₂ は炭化ケイ素と反応しないこと、及び炭化ケイ素と反応する TiSi₂ についても CrSi₂ を添加することで炭化ケイ素との反応による金属炭化物の生成を抑制できることを明らかにし、さらに 1500℃ においても溶融せず、炭化ケイ素との反応による金属炭化物の生成を抑制できる三元系ケイ素合金として Si-Cr-V 合金を見出した。

第 5 章「高温溶融合浸法による炭化ケイ素-ケイ素合金複合材料の作製と評価」では、第 4 章で探索した CoSi 及び Si-Cr-V 合金を用いて、高温溶融合浸法により炭化ケイ素-ケイ素合金複合材料を作製し、得られた複合材料のキャラクタリゼーション及び 1400-1500℃ までの高温での機械的特性を評価した。CoSi を用いた炭化ケイ素粒子分散複合材料は高温で極めて高い破壊靱性を示し、CoSi を用いた結晶質炭化ケイ素長繊維強化複合材料は 1400℃ でも溶融せず、室温と同等の剛性を示した。また、Si-Cr-V 合金を用いた炭化ケイ素粒子分散複合材料は 1500℃ でも溶融せず、200 MPa 以上の最大曲げ強度と大きな破断ひずみを示した。これらの結果から、熱力学的観点から探索した高融点ケイ素合金を用いた高温溶融合浸法により、従来のケイ素を用いた炭化ケイ素複合材料と比較して 100℃ 以上の高耐熱性化を実現した。

第 6 章「結言」では、各章において得られた結果を総括し、本論文の結論とした。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 原子核工学	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	津之浦 徹		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	吉田 克己	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)		

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Silicon carbide (SiC) fiber-reinforced composites are promising materials for high temperature components for nuclear and aerospace applications. Melt infiltration method using Si is the most reasonable method to fabricate SiC composites. However, mechanical properties and heat resistance of the SiC composites are limited due to residual Si in matrix of the SiC composites. In this study, SiC composites were developed by low and high temperature melt infiltration methods using Si alloys, and their mechanical properties were evaluated at elevated temperature.

In the case of low temperature melt infiltration method, Si eutectic alloy having lower melting point than Si was used to fabricate SiC composites. Si eutectic alloy having excellent oxidation resistance was selected using thermodynamic calculation. SiC composites prepared using the Si eutectic alloy showed excellent mechanical properties at elevated temperature because low process temperature prevented SiC fiber degradation and the Si alloy showed high fracture toughness at elevated temperature.

In the case of high temperature melt infiltration method, Si alloy having higher melting point than Si and low reactivity with SiC was selected using thermodynamic calculation. Matrix of SiC composites prepared using the Si alloy consisted of starting composition of the Si alloy, and the matrix showed higher heat resistance than Si. In addition, the SiC composites showed high stiffness and strength up to 1400-1500°C due to high heat resistance and ductile transition of the Si alloy.

It is concluded that oxidation behavior of Si alloy and reactivity with SiC can be predicted using thermodynamics calculation. Moreover, SiC composites were successfully developed by low and high temperature melt infiltration methods using the Si alloys, and the SiC composites showed excellent mechanical properties, oxidation and heat resistance.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).