

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	津之浦 徹	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	吉田 克己	准教授	審査員	若井 史博	教授
	審査員	加藤 之貴	教授			
		小林 能直	教授			
		塚原 剛彦	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

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章より構成されている。

第1章「緒言」では、炭化ケイ素複合材料が原子力・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述べている。また、従来の溶融合浸法で作製した炭化ケイ素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とを指摘している。これらを踏まえ、1400℃ よりも低融点のケイ素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目的としていることとその意義を述べている。

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について説明している。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ている。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ている。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と述べている。

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～1200℃ での機械的特性を評価している。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すことについて述べている。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すことを明らかにしている。

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ている。高温溶融合浸法では、炭化ケイ素が高温の溶融合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ことについて説明している。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 合金を見出している。

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ている。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すことを明らかにしている。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すことを明らかにしている。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ている。

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

これを要するに、本論文はケイ素合金を用いた低温溶融合浸法により 1000℃ 近傍で高強度を示す炭化ケイ素複合材料を開発し、さらに高温溶融合浸法により、1400℃～1500℃ の耐熱性を有する炭化ケイ素複合材料を開発したものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。