

論文 / 著書情報

Article / Book Information

題目(和文)	Al4SiC4基セラミックスの熱的・機械的特性および高温酸化・腐食挙動に関する研究
Title(English)	Study on thermal and mechanical properties of Al4SiC4-based ceramics and their high-temperature oxidation and corrosion behavior
著者(和文)	田中敦子
Author(English)	Atsuko Tanaka
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12908号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 克己,小林 能直,塚原 剛彦,近藤 正聡,磯部 敏宏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12908号, Conferred date:2024/9/20, 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

(博士課程)

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		田中 敦子	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	吉田 克己		教授	審査員	磯部 敏宏	准教授
	審査員	小林 能直		教授			
		塚原 剛彦		教授			
		近藤 正聡		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Al₄SiC₄基セラミックスの熱的・機械的特性および高温酸化・腐食挙動に関する研究」と題し、7章からなっている。 第1章「緒言」では、原子力・核融合分野および航空宇宙分野におけるセラミックスへの期待について述べた後、航空機ジェットエンジン高温部材として適用されるセラミックスの概要と、これらの材料の高温酸化および火山灰や砂（CMAS）による腐食が重大な課題であることを述べている。これらを踏まえ、耐食性に優れるセラミックスの開発の重要性について述べた上で、次世代耐熱構造材料として Al₄SiC₄に注目し、SiC および Y₃Al₅O₁₂（YAG）をそれぞれ添加した Al₄SiC₄ 基セラミックスを作製し、その熱的・機械的特性の評価、高温下での酸化挙動および火山灰を模擬した CMAS に対する腐食挙動の解明に関する本研究の意義と目的を述べている。 第2章「Al₄SiC₄基セラミックスの作製とその熱的・機械的特性の評価」では、Al₄SiC₄/SiC および Al₄SiC₄/YAG を作製し、それらの焼結性および熱的・機械的特性について述べている。1800°C でのホットプレスにより緻密な焼結体の作製に成功し、1200°C での高温曲げ強度は、どちらの試料についても室温曲げ強度と同等または高い値を示すことを明らかにしている。Al₄SiC₄/SiC の熱膨張率および熱伝導率は SiC の添加量の増加に伴って、それぞれ低下および増加することを明らかにしている。一方、Al₄SiC₄/YAG では、YAG の添加量によらずほぼ同等の値を示すことを見いだししている。 第3章「Al₄SiC₄/SiC セラミックスの酸化挙動」では、Al₄SiC₄/SiC、Al₄SiC₄ および SiC について、1350°C、大気中、12-100 時間の酸化試験を行い、その酸化挙動について述べている。100 時間の酸化において、Al₄SiC₄ では Al₂O₃、SiO₂ およびムライトからなる厚さ 40 μm の多層構造の酸化膜、SiC では SiO₂ からなる厚さ 1 μm の酸化膜、Al₄SiC₄/SiC については SiC の添加量が 50 vol% までは Al₄SiC₄ と同様に、Al/O リッチ、Si/O/C リッチな層からなる多層構造を有する酸化膜が形成されることを明らかにしている。Al₄SiC₄/SiC の酸化について、Al、Si、C、O の拡散に基づく酸化モデルを構築するとともに、生成する酸化膜は高温酸化に対する保護膜として有効であると結論付けている。 第4章「Al₄SiC₄/SiC セラミックスの高温大気中における CMAS 腐食挙動」では、CMAS 粉末を合成し、Al₄SiC₄/SiC について 1350°C、大気中、12-100 時間の CMAS 腐食試験を行い、その腐食挙動について述べている。その結果、Al₄SiC₄/50vol%SiC で最も大きい減肉量を示すことを明らかにしている。CMAS 腐食による減肉は、高温大気中での酸化により生成する酸化膜に起因すると考えられ、生成した酸化膜の CMAS への溶解、または CMAS による試料の直接腐食により論じている。 第5章「Al₄SiC₄/SiC セラミックスの高温 Ar 中における CMAS 腐食挙動」では、雰囲気による試料の酸化の影響がない 1350°C、Ar 雰囲気における Al₄SiC₄/SiC の CMAS 腐食挙動について述べている。Ar 中で CMAS との反応により生成した反応層の厚さは高温大気中における CAMS 腐食で生成する反応層よりも厚くなるが、CMAS 腐食による最大の減肉量は Ar 中の方が高温大気中よりも少なくなると述べている。また、Ar 中における CMAS 腐食試験においても試料表面に生成する反応層が CMAS に溶解することで減肉が進行すると結論付けている。 第6章「Al₄SiC₄/YAG セラミックスの高温下での酸化および CMAS 腐食挙動」では、Al₄SiC₄/YAG について 1350°C、大気中での酸化試験および CMAS 腐食試験を行い、その酸化および腐食挙動について述べている。100 時間の酸化試験で Al₄SiC₄/YAG 表面に生成する酸化膜の厚さは、Al₄SiC₄ および Al₄SiC₄/SiC の酸化膜よりも厚くなると述べている。Al₄SiC₄/YAG 表面の酸化膜にはムライト、Al₂O₃、Y₂Si₂O₇ および Y₂O₃ が含まれており、YAG 添加量の違いによる酸化膜中の Y 系化合物の分布の違いが Al₄SiC₄/YAG の耐酸化性に影響を及ぼすと結論付けている。また、CMAS 腐食試験において、腐食時間 12 時間と 100 時間で Al₄SiC₄/YAG に生成する反応層の厚さが変化しないことから、熔融 CMAS への反応層の溶解と反応層の生成速度が同程度であると考察している。CMAS 腐食による Al₄SiC₄/YAG の最大の減肉量は Al₄SiC₄/SiC の CMAS 腐食による最大減肉量とほぼ同等であることを明らかにしている。 第7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、Al₄SiC₄を軸とする新規セラミックスの焼結性および熱的・機械的特性を明らかにするとともに、高温下での酸化および CMAS に対する腐食挙動を詳細に検討し、新規耐熱構造材料として Al₄SiC₄ 基セラミックスの適用可能性を示したものであり、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。
--

注意：「論文審査の要旨及び審査員」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。