

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	強磁場下における高配向B4Cセラミックスの作製とその特性
Title(English)	Fabrication of highly oriented B4C ceramics under strong magnetic field and their properties
著者(和文)	ムハammad ファジャル
Author(English)	Muhammad Fajar
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11988号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 克己,小原 徹,小林 能直,林崎 規託,片淵 竜也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11988号, Conferred date:2021/3/26, 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	Muhammad Fajar	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	吉田 克己	准教授	審査員	片渕 竜也
	審査員	小原 徹	教授		
		小林 能直	教授		
		林崎 規託	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Fabrication of highly oriented B₄C ceramics under strong magnetic field and their properties」と題し、6章より構成されている。

第1章「Introduction」では、炭化ホウ素 (B₄C) の原子力用制御材としての適用について概観するとともに、高速炉用制御材として使用されている B₄C ペレットの現状と課題について述べている。また、添加物による熱的・機械的特性の向上を目指した B₄C セラミックスの開発に関する先行研究について述べるとともに、非対称性結晶での結晶磁気異方性を利用した強磁場下における結晶配向制御がセラミックスの特性向上に有効であることを述べている。高速炉用 B₄C 制御材の課題解決に向けて、B₄C 制御材の熱的・機械的特性の向上が重要であることをふまえ、焼結助剤の添加による B₄C セラミックスの緻密化プロセスの検討及び強磁場下での結晶配向制御による熱的・機械的特性の向上を目指した B₄C セラミックスの作製に関する本研究の意義と目的を述べている。

第2章「Fabrication of highly oriented B₄C ceramics by slip casting under rotating strong magnetic field」では、強磁場下での結晶配向の原理について概説するとともに、本研究における無配向及び配向 B₄C セラミックスの作製プロセスについて述べている。アルミナ (Al₂O₃) を焼結助剤として選択し、B₄C 水系懸濁液を用いて 12 T の強磁場下でスリップキャストリングを行い、得られた成形体を 1700°C 及び 1800°C での放電プラズマ焼結及び 1900°C でのホットプレス焼結することで配向 B₄C セラミックスを作製している。また、結晶配向が B₄C セラミックスの特性に及ぼす影響を検討するため、通常のスリップキャストリングにより無配向 B₄C セラミックスを作製している。

第3章「Effect of Al₂O₃ addition on the densification of highly oriented B₄C ceramics」では、焼結助剤として添加した Al₂O₃ が高配向性 B₄C セラミックスの緻密化に及ぼす影響について述べている。Al₂O₃ を添加することにより、焼結時に Al₂O₃、B₄C 及び B₂O₃ との反応により生成した液相 (Al₅BO₉) が B₄C セラミックスの緻密化を促進し、相対密度 97.8 % の高密度 B₄C セラミックスの作製に成功している。また、X 線回折及び電子線後方散乱回折 (EBSD) の結果から、強磁場下で作製した B₄C セラミックスは高い c 軸配向性を示すことを明らかにしている。以上の結果から、焼結助剤の添加及び強磁場配向により、高密度で高配向性の B₄C セラミックスの作製が可能であると結論づけている。

第4章「Anisotropic mechanical properties of highly oriented B₄C ceramics with the addition of Al₂O₃」では、Al₂O₃ 添加した B₄C セラミックスの結晶配向性がその機械的特性に及ぼす影響について述べている。配向 B₄C セラミックスの3点曲げ強度は無配向 B₄C セラミックスよりも高い値を示し、配向 B₄C セラミックスの c 軸配向方向の3点曲げ強度は 547 ± 18 MPa であり、c 軸配向方向に対して垂直な面よりも高い値を示すことを明らかにしている。ビッカース硬さ、弾性率及び破壊靱性についても c 軸配向方向で最も高い値を示すことを明らかにしている。配向 B₄C セラミックスの機械的特性の異方性は B₄C 結晶の劈開面及びホウ素-炭素の結合エネルギーにより説明でき、配向制御により優れた機械的特性を有する B₄C セラミックスの作製が可能であると結論づけている。

第5章「Effect of highly crystal orientation on thermal properties of B₄C ceramics with the addition of Al₂O₃」では、Al₂O₃ 添加及び結晶配向性が B₄C セラミックスの熱的特性に及ぼす影響について述べている。Al₂O₃ 無添加の配向 B₄C セラミックスの c 軸配向方向の熱伝導率は 24 W/m・K であり、Al₂O₃ を添加した配向 B₄C セラミックス及び無配向 B₄C セラミックスよりも高い値を示すことを明らかにしている。また、Al₂O₃ 添加により低熱伝導率である Al₅BO₉ が粒界相として生成することにより B₄C セラミックスの熱伝導率が低下することを明らかにしている。以上の結果から、熱的特性についても B₄C 結晶軸異方性を示すことが明らかとなり、配向制御することにより優れた熱的特性を有する B₄C セラミックスの作製が可能であると結論づけている。

第6章「Conclusion」では、各章で得られた成果を総括して本論文の結論を述べている。これを要するに、本論文では難焼結性である B₄C セラミックスの高密度化に及ぼす Al₂O₃ の添加効果を明らかにするとともに、熱的・機械的特性の B₄C 結晶軸異方性について詳細に検討し、強磁場下での結晶配向制御により熱的・機械的特性に優れた B₄C セラミックスの作製が可能であることを明らかにしており、工学上およ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。