

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高速超塑性に向けたナノ結晶Si ₃ N ₄ の微構造設計
Title(English)	Materials Design of Nanocrystalline Si ₃ N ₄ for High-strain-rate Superplasticity
著者(和文)	WANANURUKSAWONGR.
Author(English)	Raayaa Wananuruksawong
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9836号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:若井 史博,赤津 隆,尾中 晋,阿藤 敏行,矢野 豊彦,多々見 純一
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9836号, Conferred date:2015/3/26, 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

(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	Raayaa Wananuruksawong	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	若井 史博	教授	矢野 豊彦	教授
	審査員	尾中 晋	教授	多々見 純一	教授
		赤津 隆	准教授		
		阿藤 敏行	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Materials Design of Nanocrystalline Si_3N_4 for High-strain-rate Superplasticity (高速超塑性に向けたナノ結晶 Si_3N_4 の微構造設計)」と題し、6 章からなっている。

第 1 章 Introduction では、セラミックスの超塑性に関する研究分野を特に変形機構に焦点を絞って概観し、窒化ケイ素(Si_3N_4)の特性、液相焼結製造法、クリープと超塑性について述べている。 Si_3N_4 で超塑性を実現するための微構造設計についてまとめ、本研究の目的と意義について述べている。

第 2 章 Evolution of microstructure and glass chemistry in superplastic Si_3N_4 ceramics with $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ addition では $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ 系(YAM)の粒界ガラス相を含むナノ結晶窒化ケイ素の超塑性挙動を変形中の微構造とガラスの化学組成の変化と関連して調べた結果について述べている。YAM 試料は $1650\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $5\times 10^{-4}\text{ s}^{-1}$ のひずみ速度で 300%以上の超塑性伸びを示すこと、また、伸びが 130%までは流動応力は 4 MPa と小さいが、変形の後期過程ではひずみ硬化が現れることを見出している。組織観察より、変形とともに粒成長、細長い粒子の配向、粒界ガラス相量の減少が起こること、さらに、焼結助剤のカチオンが結晶粒表面と粒界に偏析し、変形後は偏析量が増加することを明らかにしている。そして、粒成長と粒界ガラス相量の変化のために界面の全面積が減少することが偏析量の濃度増加の原因であること、また、ひずみ硬化には粒成長、組織配向だけでなく粒界ガラス相の化学組成の変化が関連することを結論している。

第 3 章 Effect of CaO addition on the superplastic flow behavior in Si_3N_4 ceramics with Si-Mg-Y-O-N glass phase では粒界に Si-Y-Mg-O-N -(Ca)系ガラス相を含む窒化ケイ素材料の $1500\text{ }^\circ\text{C}$ ~ $1700\text{ }^\circ\text{C}$ における圧縮変形挙動に及ぼすガラス相組成の影響を調査している。焼結助剤として CaO を添加した材料は無添加材料と同じ粒径でありながら流動応力が低いことから、粒界ガラス相への CaO の添加がガラスの粘性係数の低下につながることを結論している。また、CaO の添加が粒界ガラス相の高温での蒸発を抑制し、熱的安定性を向上することを見出している。

第 4 章 Effect of MgO and CaO addition on the superplastic flow behavior in Si_3N_4 ceramics with Si-Al-Y-O-N glass system では粒界に Si-Al-Y-O-N 系のガラス相を含む窒化ケイ素の $1700\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $10^{-4}\text{ } \sim 10^{-3}\text{ s}^{-1}$ の比較的高いひずみ速度での圧縮変形挙動に対する MgO(YAM 材料)と CaO(YAC 材料)の添加効果を検討している。ひずみ速度の増加とともにひずみ硬化が大きくなることから、この条件では高温における粒成長がひずみ硬化の原因ではないと述べている。 $10\text{ } \sim 20\text{ MPa}$ よりも高い応力域で応力指数が 1 以下になる shear thickening 現象を見出し、これが圧縮試験におけるひずみ硬化のひずみ速度依存性の原因であると結論している。CaO 添加材料は shear thickening を起こしやすいため、高速変形のためには MgO 添加材の方が望ましいことを明らかにしている。

第 5 章 High-strain-rate superplasticity of nanocrystalline silicon nitride ceramics では、MgO を添加し粒界に Si-Al-Y-O-N ガラス相を含むナノ結晶窒化ケイ素の高速超塑性について調査している。この材料の利点はガラス相の粘性が低く、shear thickening による悪影響が少ないことであると述べている。ち密で粒径 56 nm のナノ結晶窒化ケイ素を放電プラズマ焼結法(SPS)により $1300\text{ }^\circ\text{C}$ 、300 MPa の条件で合成することに成功している。 $10^{-3}\text{ } \sim 10^{-2}\text{ s}^{-1}$ のひずみ速度域で大変形を示す高速超塑性を実現し、大変形後もキャビティやき裂などの損傷がないことを見出している。高速で極めて短時間で変形するため、粒成長によるひずみ硬化が現れないと述べている。

第 6 章 Summary では本論文の結果をまとめている。

以上を要するに、本論文ではナノ結晶窒化ケイ素の超塑性変形に及ぼす微構造と粒界ガラス相組成の影響を詳細に調査し、多くの新しい知見を得るとともに、窒化ケイ素として初めて 10^{-2} s^{-1} のひずみ速度域での高速超塑性を示す材料の開発に成功したもので、工業上、工学上、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な価値があるものと認められる。