

Title	Superplastic Deformation and Formation of Anisotropic Microstructure in Silicon Nitrides
Author(s)	近藤, 直樹
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43001">https://hdl.handle.net/11094/43001</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	近 藤 直 樹
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 0 4 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 2 年 1 月 3 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	Superplastic Deformation and Formation of Anisotropic Microstructure in Silicon Nitrides (窒化ケイ素の超塑性変形と異方性組織の形成)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 古 城 紀 雄 (副査) 教 授 馬 越 佑 吉 教 授 森 博 太 郎

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、窒化ケイ素系セラミックスの超塑性変形挙動を観察して超塑性変形メカニズムを解析した結果と、変形によって形成された異方性組織をもつ窒化ケイ素の材料強度特性を報告している。本研究により、窒化ケイ素系セラミックスにおいては、変形による配向組織の形成に伴って変形機構が変化すること、配向組織を持つ窒化ケイ素は特定方向に優れた機械的性質を示すこと、および、超塑性を利用した成形が可能であることを見出したことなどについて述べている。本論文は以下の6章で構成されている。

第1章は序論であり、本論文の背景、目的および論文の構成について記している。

第2章では、窒化ケイ素に超塑性変形を有利に発現させる様々な条件について調べている。棒状粒子からなる組織を持つ窒化ケイ素でも超塑性伸びが発現し、また、変形後には引張軸方向に配向した異方性組織が形成されることを見出している。超塑性伸びを得るためには焼結助剤の組成、適切な温度と変形速度、および構成する相を制御することが重要であることを示している。

第3章では、超塑性変形に伴う組織、応力、応力指数および活性化エネルギーの変化を、明らかにした上で、変形機構について検討している。ここでは異方性組織の形成により、変形中の結晶粒組織の変化挙動が異なる結果となること、および、応力指数と活性化エネルギーがいずれも増加することを見出している。主な変形機構は、変形初～中期は粒界ガラス相による非ニュートン粘性流動であり、変形後期には2次元核生成を伴う $\beta$ 相の溶解析出機構に変化すると考察している。

第4章では、引張変形をおこなった窒化ケイ素の特性と変形中に生じるクラックと酸化について調べている。引張変形後の1次元配向組織をもつ窒化ケイ素は高い強度と靱性を示し、ピッカースクラックは通常の十字型のクラックとは異なる形状を示すことを報告している。変形最後期にはクラックが生成すること、また、その内部に酸化されたガラス相集積部が形成されることを観察している。

第5章では、圧縮変形後の窒化ケイ素の組織と特性を調べ、また、鍛造型成形をおこなっている。平面ひずみ状態での変形を行うことで試験片に擬2次元強異方性組織をもたせ、また、変形により強度と靱性をともに増加させて特

定方向に高強度と高靱性を同時に実現することに成功している。また、圧縮変形後の2次元配向組織をもつ窒化ケイ素中のビッカースクラックは、コーン型とメディアン-ラディアル型が複合した形態を示すことを報告している。最後に、窒化ケイ素の鍛造型成形は成形と同時に配向組織の形成を伴うことから、成形と配向組織による材料特性向上が同時に実現されることを示し、本系セラミックスのさらなる実用への指針を示している。

第6章では、本研究を総括し、主な成果をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

窒化ケイ素系セラミックスの超塑性変形・加工に関する研究をおこない、従来報告のなされていなかった様々な現象や諸特性、すなわち、超塑性の変形機構、変形により生ずる配向組織の形成過程、配向組織をもつ窒化ケイ素の機械的性質等について報告している。本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 棒状粒子からなる窒化ケイ素においても250%を越える超塑性伸びが得られることを示し、超塑性変形発現には等軸粒組織であることが必要であるという従来の認識を変える新しい可能性を示した。
- (2) 引張超塑性変形に伴う組織、応力、応力指数および活性化エネルギーの変化を明らかにし、本セラミックスの超塑性変形の機構を系統的に調べている。その結果、変形に伴う異方性組織の形成により、結晶粒組織の変化の挙動が異なる結果となること、および、応力指数と活性化エネルギーがいずれも増加することを見出した。主な変形機構は、変形初・中期においては粒界ガラス相による非ニュートン粘性流動であるが、変形後期には2次元核生成を伴う $\beta$ 相の溶解析出機構に変化すると考察した。本研究は窒化ケイ素の変形中に変形機構が変化することを初めて明確にした。
- (3) 超塑性鍛造加工により製造した異方性組織の窒化ケイ素は、この加工を施さない場合に比べて、強度と靱性がともに増加し、特定方向に高い曲げ強度(1600 MPa)と破壊靱性(12 MPa $\cdot$ m<sup>1/2</sup>)を同時に実現できることを示した。ここで得られた強度と靱性は、従来のプロセス技術では同時には達成できなかった世界最高レベルのものであり、本系セラミックスの更なる実用に道を開いた。
- (4) 超塑性変形後の強異方性組織をもつ窒化ケイ素中に生じる特異な形状のビッカースクラックについて報告した。このような特異形状クラックはこれまでにほとんど報告されておらず、異方性組織をもつ窒化ケイ素の破壊機構を研究するうえで、重要な手がかりとなるものである。
- (5) 窒化ケイ素の鍛造型成形をおこなって、成形と配向組織の形成を同じに行うことができることを明確にし、ニアネットシェイプへの成形と配向組織による材料特性向上の同時実現の可能性を示した。

以上のように、本論文は、窒化ケイ素の超塑性変形に関して、従来知られていなかった様々な現象や諸特性、すなわち、超塑性の変形機構、変形により生じる配向組織の形成過程、配向組織をもつ窒化ケイ素の機械的性質について初めて明確にしている。これらの研究成果は、材料の超塑性変形機構の解明および新しい視点での高強度・高靱性材料の開発指針の確立に関し、多くの有益な知見を含んでおり、材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。