

Title	Newly Developed Silicon Nitride Based Nanocomposites With Multiple Functionality
Author(s)	楠瀬, 尚史
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3155347">https://doi.org/10.11501/3155347</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	楠 尚 史
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14593 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科物質化学専攻
学位論文名	Newly Developed Silicon Nitride Based Nanocomposites With Multiple Functionality (多機能調和型窒化ケイ素系ナノ複合材料の創成研究)
論文審査委員	(主査) 教授 新原 皓一
	(副査) 教授 米山 宏 教授 足立 吟也 教授 城田 靖彦 教授 甲斐 泰 教授 田川 精一 教授 野島 正朋 教授 小松 満男 教授 平尾 俊一 教授 大島 巧

### 論文内容の要旨

本論文は、ナノ複合化により窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) と窒化ホウ素 (BN) が持っている各種の機能を、それぞれの欠点を顕著に表すことなく組み合わせ、優れた強度特性、耐熱衝撃破壊抵抗性、高温特性とともに、金属の様な機械加工性を同時に発現する多機能セラミックスの開発を目指した研究をまとめたものであり、次の7章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的および論文の構成について述べている。

第2章では、従来の粉末冶金的手法により  $\text{Si}_3\text{N}_4$ /BNマイクロ複合材料を作製し、その微細組織と機械的特性の相関関係から、多機能  $\text{Si}_3\text{N}_4$  系セラミックスの開発にはBN粒子のナノ複合化が適していることを明らかにしている。

第3章では、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ /BN ナノ複合材料を作製するために、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  粉末、ホウ酸、尿素を出発原料とする新しい化学プロセスを開発し、従来法では不可能であった低ヤング率ながら高強度を示す  $\text{Si}_3\text{N}_4$ /BN ナノ複合材料の開発に成功している。また、その機械的特性と微細組織との相関から高強度化機構も解明している。

第4章では、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  単相及び  $\text{Si}_3\text{N}_4$ /BN 複合材料の耐熱衝撃抵抗を水中急冷法で評価し、ナノ複合化により耐熱衝撃破壊抵抗が飛躍的に改善されることを確認している。また、この耐熱衝撃破壊抵抗の改善が、BN ナノ粒子分散による高強度、低ヤング率、低熱膨張係数、低ポアソン比が実現できたことに起因することを解明している。

第5章では、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ /BN ナノ複合材料の高温強度と高温硬度を評価し、その優れた高温特性が、六方晶BNの高温でのヤング率の上昇と、BN ナノ粒子による  $\text{Si}_3\text{N}_4$  粒界相の改質に関連していることを明らかにしている。

第6章では、セラミックスの新しい応用分野の開拓に重要な機械加工性を、穴開け加工やネジ切り加工試験で評価し、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ /BN ナノ複合材料が金属と同等の快削性を示すことを明らかにしている。また、このナノ複合材料で観察された良好な快削性が、機械加工時のダメージを分散・吸収する擬塑性変形に関連していることを、微小球圧入試験の結果から明らかにしている。

第7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

本論文は、BN ナノ粒子が  $\text{Si}_3\text{N}_4$  の粒内と粒界に均一に分散した  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{BN}$  ナノ複合材料を作製する新規な化学プロセスを開発し、このナノ複合化により  $\text{Si}_3\text{N}_4$  とBNが持っている各種の機能を、それぞれの欠点を顕著に表すことなく組み合わせ、優れた多機能調和型セラミックスの実現に成功している。主な結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 従来の粉末冶金的手法により作製した  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{BN}$  ミクロ複合材料の微細組織と機械的特性の相関関係から、多機能  $\text{Si}_3\text{N}_4$  系セラミックスの開発にはナノ複合化が有効であることを明らかにしている。
- (2) BN の材料として、尿素とホウ酸を用いる新しい化学プロセスを確立することにより、微細な BN 粒子が  $\text{Si}_3\text{N}_4$  マトリックス中に均一に分散したナノ複合材料の開発に成功している。
- (3) 開発した  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{BN}$  ナノ複合材料では、従来のミクロ複合材料に比べ強度が大幅に改善され、低ヤング率ながら高強度化が達成されている。また、その機械的特性と微細組織との相関から、マトリックス粒子の粒成長抑制と破壊源寸法の減少が、本ナノ複合材料の高強度化に寄与していることを解明している。
- (4)  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{BN}$  ナノ複合材料の耐熱衝撃破壊抵抗が、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  単相やミクロ複合材料に比べ、飛躍的に向上することを確認し、この著しい改善が、BN ナノ粒子分散による高強度化、低ヤング率化、低熱膨張率化、低ポアソン比化に起因していることを解明している。
- (5) 優れた高温特性を有する BN 粒子をナノ複合化することにより、高温強度と高温硬度の改善に成功している。また、これらの高温特性の改善が、六方晶 BN の高温でのヤング率の上昇と、BN ナノ粒子による  $\text{Si}_3\text{N}_4$  粒界相の改質に関連していることを明らかにしている。
- (6) 金属用の穴開け加工やネジ切り加工に使用される超鋼工具を用いて機械加工性について評価し、 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{BN}$  ナノ複合材料が金属と同等の快削性を示すことを明らかにしている。さらに、このナノ複合材料で観察された良好な快削性が、機械加工時のダメージを分散・吸収する擬塑性変形に関連していることを、微小球圧入試験の結果から解明している。

以上のように、本論文で新しい化学プロセスにより作製された  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{BN}$  ナノ複合材料は、高強度、優れた高温特性、耐熱衝撃破壊抵抗性に加え、金属のような快削性を有する優れた多機能調和型セラミックスであると評価できる。また、本研究で得られた多くの知見は、物質化学、材料工学、複合材料工学の確立に大きく貢献するばかりでなく、セラミックスの実用化及び新しい応用分野の開拓にも多大の貢献をするものである。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。