

Title	高機能性アルミナ/金属ナノ複合材料の開発研究
Author(s)	関野, 徹
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3129336">https://doi.org/10.11501/3129336</a>
DOI	10.11501/3129336
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	関野徹		
博士の専攻分野の名称	博士 (工学)		
学位記番号	第 13305 号		
学位授与年月日	平成 9 年 5 月 23 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	高機能性アルミナ/金属ナノ複合材料の開発研究		
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、代表的な酸化物セラミックス材料であるアルミナの微細組織を、金属ナノ粒子分散により積極的に制御し、優れた機械的性質と機能性を同時に兼ね備えた高機能アルミナ/金属ナノ複合材料を開発することを目的として行われた一連の基礎研究の成果をまとめたものであり、緒論、本論 6 章および総括の全 6 章から構成されている。

序章では、研究の背景並びにこれまでの問題点について述べ、本研究の意義と目的を明確にしている。

第 1 章では、アルミナ単結晶の微視的弾塑性変形をナノインデンテーション法で詳細に測定すると共に、新たに提案したモデルを用いて理論的に解析し、アルミナ単結晶の微視的変形機構を明らかにしている。

第 2 章では、粉末冶金的な手法で緻密な  $Al_2O_3/W$  複合材料を作製して、各種の力学的性質、特に破壊強度が大幅に向上することを見出し、セラミックス/金属系へのナノ複合化の適用が十分可能であることを明らかにしている。

第 3 章では、複合材料の焼結中に金属ナノ粒子を in-situ 析出させるプロセスを新たに開発し、W 及び Ni ナノ粒子が均一に分散した  $Al_2O_3$  基ナノ複合材料の作製に成功し、これらの作製プロセスや分散金属種を選定することで、そのナノ構造を任意に制御出来ることを見出している。その結果、機械的特性が顕著に改善されることを明らかにし、作製プロセスの有効性を示している。

第 4 章では、高分解能電子顕微鏡を用いて  $Al_2O_3/W$  複合材料のナノ構造形成過程を in-situ 観察し、金属ナノ粒子の生成及びナノ組織形成のメカニズムを明らかにしている。また、分散金属粒子のサイズや分散位置の違いに応じてセラミックス/金属異相界面構造が変化し、これらが機械的特性改善と強い相関があることを見出している。

第 5 章では、高温でもアルミナ/金属ナノ複合材料の機械的特性が改善されることを明らかにしている。加えて  $Al_2O_3/Ni$  ナノ複合材料では、特徴的なナノ組織に由来した Ni の強磁性が発現することを見出し、優れた磁気的機能と機械的特性とを同時に付与した機能調和型材料の実現に世界で初めて成功している。

第 6 章では、以上の成果を基礎にして新規なタングステンナノ結晶包含カーボンナノボールの電子顕微鏡内 in-situ 合成及びその生成過程の観察に成功し、その特徴的な構造や性質を明らかにしている。さらにこの様な炭素/金属ナノ材料を反応焼結法で作製し、 $Al_2O_3$  セラミックスと複合化することに成功し、その構造を原子レベル観察で明らかにし

ている。

第7章では、本研究で得られた主な結果をまとめて示している。

## 論文審査の結果の要旨

酸化セラミックス基ナノ複合材料は、最近多くの工業分野で注目され活発に研究されている。しかし、この技術により優れた機械的性質と新しい機能を同時に付与しようとする研究は皆無であった。本研究は、各種の金属ナノ粒子をアルミナセラミックス中に分散させることにより、機械的性質の改善のみならず、新しい機能を同時に付与することを目的として展開された一連の基礎研究をまとめたものである。主な成果を要約すると以下ようになる。

(1) 種々のプロセスを開発および最適化することにより、数10 nmのWおよびNi金属が分散したアルミナ基ナノ複合材料の作製に成功している。この様な微細組織制御の結果、破壊強度などの機械的性質が飛躍的に改善できることを明らかにしている。

(2) 高分解能電子顕微鏡を用いた新規なin-situ観察法を応用して、得られたナノ複合材料の組織形成過程を直接観察し、Wナノ粒子の生成、およびナノ構造形成メカニズムを明らかにしている。また、材料中におけるアルミナ/金属異相界面の構造を詳細に観察し、微細組織や機械的特性との相関関係を明らかにしている。

(3) 作製された材料は高温でも優れた機械的強度や硬度を有することを確認し、ナノ組織制御の有効性を示している。また、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ ナノ複合材料では機械的性質の改善と同時に、その組織に由来して磁気的性質が同時に改善可能であることを見出し、そのメカニズムについて考察している。

(4) 炭素とナノサイズ金属からなる新規な金属ナノ結晶包含カーボンボールをin-situに作製、観察し、その特異な構造と挙動について初めて明らかにしている。加えて、反応焼結法によりこれら材料のセラミックスとの複合化を行い、炭素/ナノ金属の複合構造がセラミックス中でも実現可能なことを明らかにしている。

以上のように本論文は、金属ナノ粒子分散によるアルミナ基セラミックスの微細構造制御と、それによる機械的特性および機能性の同時改善・付与の可能性、またそれに派生する新規な形態のナノ構造制御材料に関して多くの重要な基礎的知見を得ており、ナノ複合化による材料開発の新たな方向性を提案している。これらの結果は、セラミックス材料工学ならびに複合材料工学の更なる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。