



Title	Process Optimization of Multi-Dimensional Ceramic/Metal Nanocomposite
Author(s)	金, 範城
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45018
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	私金 範 城
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 18114 号
学位授与年月日	平成 15 年 9 月 30 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	Process Optimization of Multi-Dimensional Ceramic/Metal Nanocomposite (多次元セラミックス/金属ナノ複合材料のプロセス最適化)
論文審査委員	(主査) 教授 新原 皓一 (副査) 教授 野島 正朋 教授 平尾 俊一 教授 大島 巧 教授 桑畑 進 教授 甲斐 泰 教授 小松 満男 教授 田川 精一 教授 町田 憲一 教授 今中 信人

論文内容の要旨

本研究は、多様な形状を有する多機能調和型セラミックス/金属ナノ複合材料を開発することを目的とし、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ 複合系を対象にして、その製造プロセスの最適化ならびに構造と機能の相関の解明について行った一連の研究結果をまとめたもので、全七章で構成されている。

第一章では、本研究の目的と意義ならびにその背景について述べるとともに、本研究の概要についても併せて示している。

第二章では、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ ナノ複合粉末はナノレベルの気孔のネットワーク構造の存在により、粗大な粉末の場合では見られない二段階の水素還元挙動を示し、この還元プロセスは粉末の初期サイズおよび凝集体構造と密接な関係を持っていることを明らかに、その機構を解明している。

第三章では、パルス通電焼結法により 3 次元単純形状を持った多機能調和型 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ ナノ複合材料に関する研究を行い、急速な加圧焼結法を用いれば極めて微細な結晶粒からなる緻密な微細構造が実現でき、高度に機械的特性と磁気的特性が調和した材料が製造できることを示している。

第四章では、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ ナノ複合粉末と有機モノマーを水溶液に均一に分散したサスペンションの合成に関する研究を行い、サスペンションの特性はモノマーの濃度、分散材の量、固体充填率などに大きく影響を受け、それぞれ 5 ~ 8 wt%、1.75 wt%、50 vol% で最も安定して流動性に優れたサスペンションが得られることを明らかにしている。

第五章では、最適化したサスペンションからゲルキャスト法で複雑形状の成型体を作製した後に、乾燥および脱バインダー試料の内部気孔を利用して NiO を Ni に水素還元し、引続き常圧焼結することより 3 次元複雑形状の多機能調和型 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ ナノ複合材料を作製することに成功している。

第六では、最適化したサスペンションを利用してゲルキャスト法でナノ複合構造を持つ 2 次元 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ ナノ複合コーティング膜が作製可能であることを示し、本研究の成果の新たな展開の可能性を明らかにしている。

第七章では、本論文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

本論文は、多様な形状を有する多機能調和型セラミックス/金属ナノ複合材料を開発することを目的とし、その作製プロセスの最適化に成功すると共に、構造と機能の相関の解明に関して多くの知見を得ている。主な結果を要約すると以下のとおりである。

- (1)メソ・ナノ・マイクロレベルの凝集体（高次構造）を持っている $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ ナノ複合粉末は、化学反応メカニズムと高次構造に起因して2段階の拡散律速メカニズムで水素還元が進行することを明らかにしている。
- (2)高速昇温と短時間焼結であるパルス通電焼結法により直径18~95 nmの任意サイズのNiナノ粒子が分散した3次元単純形状を持つ多機能調和型 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$ ナノ複合材料の作製に成功している。この材料は、低密度でも高い機械的強度と磁氣的保磁力を有しており、高度に機械的特性と磁氣的特性が調和した新しい多機能調和型材料である。
- (3)静電気力と分散剤の吸着効果による反発力を制御して、高い固体充填率のサスペンションの創製に成功し、分散剤、モノマーの濃度及び固体充填率を最適化して、2成分系の安定なサスペンションの調製条件を見出している。
- (4)安定化したサスペンションから、モノマーのポリマー化反応で複雑形状の精密成型に成功し、乾燥中の湿度制御およびポリマーの熱分解により形成された気孔ネットワークがNiOの水素還元のための気相拡散経路として機能することを見出している。また、3次元複雑形状体の焼結による収縮率は、全方向とも21%と均一であり、ゲルキャストリングの寸法安定性を明らかにしている。さらにゲルキャストリング法と常圧焼結法をナノ複合材料に適用した結果、微細構造と機械的特性の同時制御が可能であることを見出し、本プロセスの有効性を確認している。
- (5)安定化したサスペンションを用いたポリマー化反応を制御することで、良好な2次元コーティングが可能な新しい“ゲルコーティング”法を提案している。ゲルコーティングの場合、2次元的な構造制限のため、乾燥及び焼結収縮挙動（一方向のみ：78%）は3次元材料の場合（全方向：21%）と大きく異なることを明らかにし、ゲルコーティングにより、厚さ約10 nmのナノ複合膜を1回のプロセスで成膜できることを見出している。

以上のように、本論文は多次元セラミックス/金属系ナノ複合材料の各種プロセスの最適化に成功すると共に、各プロセスで起こる化学反応、物質移動、複合組織形成のメカニズムならびに微細構造と機能の相関関係に関して多くの新しい知見を得ている。これらの成果は、物質化学、材料工学、複合材料工学の発展に大きく寄与するものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。