Osaka University Knowledge Archive

Title	パルス通電プロセス(SPS)によるセラミックス-金属系傾斜機能材料の合成とその応用に関する研究
Author(s)	鴇田, 正雄
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57553
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【99】

氏　　名	鴇（とき）　田（た）　正（まさ）　雄（お）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２３８１７　号
学 位 授 与 年 月 日	平成22年３月23日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学　位　論　文　名	パルス通電プロセス（SPS）によるセラミックス－金属系傾斜機能材料の合成とその応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査） 准教授　巻野勇喜雄 （副査） 教　授　藤本　愼司　　教　授　岡田　成文　　教　授　近藤　勝義

論 文 内 容 の 要 旨

パルス通電プロセス（SPS）を用いた新材料合成の研究が産学官多方面で行われている。この新しいSPSプロセス技術の研究開発については、特に“ハードウェア・ソフトウェア・粉体材料技術三位一体”の総合的コンセプトに基づく研究アプローチが極めて重要であることが指摘されている。

本研究は①焼結メカニズムの解明、②焼結システムの確立、③難焼結・複合系材料、なかんずく傾斜機能材料（FGM）合成プロセスの最適化、併せ機械的性質、結晶学的性質の探求および大電流パルス通電プロセスの材料特性への効果を明らかにすることを目的にしている。代表材料としてセラミックス-金属系FGMの合成方法を開発し、工業生産手段として製造プロセスの実用化も検討した。

本論文では、これまでのSPS研究に加えラマン散乱分光法による解析評価で、合成したSiCおよびZrO_2-SUS系FGMの分析、残留応力集中と割れ・積層構造剥離現象など原因究明を行い、その妥当性について述べた。

第1章では、本研究の背景、パルス通電プロセシング（SPS）技術開発の歴史的経緯、現状の技術課題、原理と応用およびFGMの概要について述べた。

第2章では、SPSハードウェアに関する研究開発および生産システム装置の開発展開に関し詳述した。

第3章では、金属系およびセラミックス系の異なる代表単体材料を選択しSPS焼結効果について明らかにした。3.1節では、金属系材料としてニッケルを採り上げ、急速昇温下のSPS焼結メカニズムと実測焼結温度に関する諸現象について検証した。3.2節ではセラミックス系ナノ材料として高純度γ-Al_2O_3について急速加熱下の粒成長抑制焼結法と結晶構造変態について示した。3.3節では、難焼結セラミック材料のSiCについてホットプレス法とSPS法で作製した焼結体比較を行い、機械的性質およびXRD、ラマン散乱分光法による結晶学的性質について述べた。

第4章では、Φ20mm小片セラミックス-金属系傾斜機能材料の緻密体FGM合成プロセス最適化方法について述べた。4.1節では、ZrO_2(3Y)/NiおよびSUS316系FGMを用いて、傾斜組成分布関数nについて合成実験でその有効性を示し、焼結体硬度分布と体積分率との相関関係から残留歪は金属の塑性変形で吸収していることを明らかにした。4.2節では、ZrO_2(3Y),ZrO_2(3Y)+20wt%Al_2O_3/SUS410Lコンポジット系FGMの緻密化合成を行い、組成の違いによるSPS焼結特性およびコンポジットセラミックス層の機械的性質、耐摩耗特性などを明らかにした。

第5章では、ZrO_2(3Y)/SUS410L系FGMに関しXRD、ラマン散乱分光法で検証し、SPSによるFGM焼結体特有の

圧縮応力・引張応力の残留歪集中と急激な変換点が第4層と5層の間で起こる破壊原因を明らかにした。これによりラマン散乱分光法がFGM残留応力の解析法として適用できることを実証した。

第6章では、以上論じてきた本研究者の提案するSPSプロセスを応用した「三位一体」実用化開発例とし、市場性の高いWC/CoおよびWC/Co/Ni系超硬材料について自動FGM生産システム開発、焼結プロセス最適化、大形化FGM製造技術開発を行い、プレス金型、耐摩耗部品への応用、ウェルダブル超硬、マシナブル超硬など新機能性材料開発による実用市場への適用などについて論じた。

第7章では、将来の実用化技術としAl_2O_3/Ti/Ti-6Al-4V系バイオFGMの合成方法について二次元形状FGM実験で合成方法を示し、更に三次元ニアネットシェープ成形へのアプローチ方法について述べた。

第8章では、本研究を総括した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、新規な焼結材料製造法としてのパルス通電プロセス(SPS)に関して“ハードウェア・ソフトウェア・粉体材料技術三位一体”の総合的コンセプトに基づき、焼結メカニズムの解明、焼結システムの確立、難焼結材料への適用、傾斜機能材料（FGM）作製プロセスの最適化、材料特性への効果など、パルス通電プロセスの特性を総括的に解明することを目的としている。また、金属、セラミックス焼結体のみならず、セラミックス－金属系大型 FGM の作製法を確立し、工業生産手段としてのパルス通電プロセスの実用化についても検討している。

本論文で得られた成果の要約は以下の通りである。

（1） 種々の材料に対して適用可能なパルス通電プロセスハードウエアおよび生産システム装置の開発に成功し、FGM 等種々の焼結材料の実用化を可能にしている。

（2） 金属材料への適用の検討として Ni を取り上げ、パルス通電プロセスのメカニズム等の諸現象を検討し、特に焼結温度設計の重要性を明らかにしている。また、セラミックスではナノγ-アルミナについてパルス通電プロセスによる急速加熱の特徴をアルミナの相変態挙動から明らかにするとともに、難焼結性の SiC の焼結・緻密化をホットプレス法による結果と比較して低温迅速焼結に対するパルス通電プロセスの優位性を示している。

（3） ZrO_2/Ni およびステンレス鋼の FGM を作製することにより傾斜機能分布関数に基づく FGM 合成プロセス最適化法の開発に成功するとともに、これらの成果に基づき、パルス通電プロセスにより大型 FGM の作製が可能であることを示している。

（4） パルス通電プロセスにより作製した ZrO_2(3Y)/SUS410L 系 FGM にラマン散乱分光法を適用し、FGM における各層の残留応力状態を解明できることを示し、ラマン散乱分光法による解析が FGM の力学的設計に重要であることを見出している。

（5） パルス通電プロセスを WC/C および WC/Co/Ni 系超硬材料に適用し、その自動化 FGM 生産システム、大型化 FGM 製造技術等を開発して本プロセスの実用化に成功している。

（6） Al_2O_3/Ti/Ti-6Al-4V 系 FGM にパルス通電プロセスを適用してバイオ系材料への応用を試み、二次元形状 FGM の作製に成功するとともに、三次元ニアネットシェイプ成形技術として将来有望であることを示している。

以上のように、本論文はパルス通電プロセス（SPS）がセラミックス－金属系傾斜機能材料の作製に極めて有効であることを実証しているとともに、その実用化にも大きな成果を得ており、材料工学および生産工学に貢献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。