



Title	パルス通電加圧焼結法によるアルミニウム合金粉末の固化成形とその応用に関する研究
Author(s)	長柄, 毅一
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44631
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	なが え たけ かず 長 柄 毅 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 18030 号
学位授与年月日	平成 15 年 5 月 21 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	パルス通電加圧焼結法によるアルミニウム合金粉末の固化成形とその応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 野城 清 (副査) 教授 三宅 正司 教授 宮本 欽生 教授 内藤 牧男 教授 古城 紀雄

論 文 内 容 の 要 旨

本研究はパルス通電加圧焼結プロセスによるアルミニウムの焼結機構の考察と当該プロセスを用いたニアネットシェイプ焼結、異種材との接合、表面改質法の開発に関するもので、以下にその概要を述べる。

第 1 章では、本論文の背景、目的および構成についてまとめている。

第 2 章では、純アルミニウム粉末をパルス通電加圧焼結し、傍熱型ホットプレスによる焼結体との比較を行うことにより、パルス通電が原料粉末粒子境界における組織と機械的性質に及ぼす影響について考察している。また、パルス通電の効果として従来からいわれている粉末界面での局所的な高温領域の発生についてアルミニウムワイヤを用いたモデル実験による定性的評価を行うとともに、焼結における粉末粒子の接触点での温度上昇について定量的な見積りを行い、焼結機構について考察している。

第 3 章では、過飽和に合金元素を含む急冷凝固アルミニウム合金粉末を焼結し、焼結体中の固溶合金元素量を定量的に調べるとともに、固溶元素量と機械的性質の関係について考察を行っている。パルス通電加圧焼結による焼結体が、粉末押出しによる焼結体に匹敵する機械的性質を持つことを明らかにしている。

第 4 章では、鑄造プロセスで用いられる中子を適用することにより、パルス通電加圧焼結法では成形が困難な中空形状焼結体をニアネットシェイプ成形する技術を開発している。

第 5 章では、アルミニウム合金粉末層に固体潤滑剤を混合した銅合金粉末を積層し、一体焼結することにより、低摩擦係数の表面を持つアルミニウム焼結体を得る方法を開発している。また、自動車部品をニアネットシェイプ成形し、焼結時に上記の表面改質層を一体成形することに成功している。

第 6 章では、アルミニウムと Al-Ti 系金属間化合物の接合を試みている。Al-Ti 混合粉末の MA 時間を変えることにより生成する Al₃Ti 量が増加することを利用した新しい傾斜機能材料の成形方法について検討し、硬さが段階的に変化する傾斜機能材料を開発している。

第 7 章では、アルミニウムとアルミナセラミックスの接合を目的に、熱応力緩和のための傾斜中間層を持つ傾斜機能材料の作製を行っている。表面のアルミナ層の緻密化を図るための原料粉末の調整や温度差焼結法についての検討を行い、最表面層の硬さが 1500 HV に達する傾斜機能材料を作製している。

第 8 章では、本論文を総括し、主な結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、パルス通電を利用した粉末成形プロセスに着目し、難焼結性材料といわれるアルミニウムおよびその合金粉末の焼結に関するものである。これまで解明されていなかった粉末粒子界面におけるパルス通電の役割を説明し、パルス通電加圧焼結法の有用性を明らかにしている。さらに、表面改質、接合といった基盤の材料加工技術とのインテグレーションを図り、従来にはない粉末成形方法ならびに素材を開発したと報告している。本研究で得られた結果は以下の通りである。

- (1) アルミニウムのパルス通電加圧焼結では、粉末粒子接触部で局所的な高温領域が発生していることをワイヤを利用したモデル実験によって定性的に証明している。また、加圧力で粉末粒子表面の酸化皮膜が破壊され、金属接触部の部分で発生するジュール熱による温度上昇量は電流1パルスあたり700~2700 K程度であることを概算している。パルス通電によって粉末表面の吸着ガス成分が効果的に除去され、酸化皮膜の破壊を進めていることを明らかにしている。
- (2) パルス通電加圧焼結法が急速昇温可能なプロセスであることを活かして、過飽和に合金元素を含むガスアトマイズ合金粉末を固化成形している。焼結後のアルミマトリックス中には固溶限を大きく上回るニッケルが析出せずに残っていることをX線回折法により証明し、機械的性質に優れることを明らかにしている。また、昇温、昇圧条件が焼結体中に残留する水素量に及ぼす影響を界面反応と関連させて考察し、優れた機械的性質を得るための最適条件を明らかにしている。
- (3) 鋳造法に用いる中子を粉末焼結法に適用し、中空形状の焼結体を一工程で得る方法を開発している。得られた焼結体は緻密で組織も均一なものであることを明らかにしている。また、中子として使用するセラミックス粉末の粒子形状が緻密化の機構に及ぼす影響について明らかにしている。
- (4) アルミニウムにない摺動特性を焼結体に付与するため、固体潤滑剤を含む銅合金の層を焼結時に一体成形する技術を開発している。微細クラックや界面剥離の起こらない温度、加圧条件を明らかにしている。得られた表面改質層の摩擦係数は0.10~0.12と非常に低く、また、耐磨耗特性は遥かに向上することを明らかにしている。
- (5) メカニカルアロイングの時間を変えることによって焼結後生成する金属間化合物の量が変化することを利用したアルミと金属間化合物との傾斜機能材料の作製を行っている。耐熱衝撃性を向上させるための最適なメカニカルアロイング条件、積層条件、焼結温度条件、加圧条件を明らかにしている。
- (6) 水酸化アルミニウムを出発原料としてアルミニウムとアルミナセラミックスとの傾斜機能材料の作製に成功している。アルミナ側を緻密化し硬さをあげるために、種粒子を微細分散して水酸化アルミの変態温度を下げるシーディング法を採用した結果、硬さが1500 HVのアルミナと20 HVのアルミをクラックの発生を抑えて焼結接合することに成功している。

以上のように、本論文ではパルス通電加圧焼結法における焼結機構を明らかにするとともにパルス通電加圧焼結法による新しいアルミ焼結部品のニアネットシェイプ成形技術、表面改質技術、異種材料との接合技術を開発している。これらの研究の成果は、新しい視点でのパルス通電加圧焼結技術の確立に関し、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。