



Title	3次元マイクロ溶接法による金属材料の自由造形システム開発に関する研究
Author(s)	堀井, 俊嗣
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49555
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 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	堀井俊嗣
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22982 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学位論文名	3次元マイクロ溶接法による金属材料の自由造形システム開発に関する研究
論文審査委員	(主査) 准教授 桐原 聡秀 (副査) 教授 下田 吉之 教授 竹本 正 教授 西嶋 茂宏

論文内容の要旨

本論文では、3次元マイクロ溶接法と呼ばれる新しい金属および金属間化合物の自由造形システムの開発研究についてまとめた。これはいわゆる金属のラピッドプロトタイプング法で、コンピュータで設計された電子データ上の3次元形状を実際の物として再現する自動造形システムのことである。本論文は以下の七章から構成されている。

第一章では、本研究の背景と目的を述べた。現在、様々なラピッドプロトタイプング法が開発されているが金属物を造形できるものは少なく、造形物の強度面などで欠点も多い。しかし、金属ラピッドプロトタイプングへのニーズは大きく、生産システムに革新的な変化をもたらす可能性を秘めている。そこで本研究では新しい金属ラピッドプロトタイプングである3次元マイクロ溶接法の開発研究を行った。

第二章、第三章では3次元マイクロ溶接法の造形原理や、機械およびソフトウェア構成について述べた。3次元マイクロ溶接法ではマイクロTIG溶接と呼ばれる溶接方法で金属を肉盛り溶接し、これを何層も繰り返して積層させていくことで自在に3次元形状を造形する。また、コンピュータ上の3次元形状から造形のための溶接座標を算出するソフトウェアを独自に開発した。

第四章では溶接条件の最適化実験と実用合金の造形について述べた。溶接条件を最適化したことにより、様々な金属で安定した造形が可能となった。一例としてニッケル基超合金であるInconel 600の造形を行った。これらの機械的強度を測定した結果、実用上十分な強度を有していることが確認された。

第五章では金属間化合物の造形について述べた。3次元マイクロ溶接法では2種類の金属材料を同時に使い分けることが可能である。これを応用して、造形ステージ上で2種類の金属の化合反応を起こさせ、通常では加工の難しいTi-Al系の金属間化合物の自由造形を行った。微細組織観察やX線回折法などにより造形物の組成を解析した。また、これにより造形時の熱履歴・影響が解明された。

第六章では造形精度を高める試みとして行った、ステンレス鋼の微細造形について述べた。溶接機の出力を絞り、これまでの1/5スケールで造形に成功した。出力を絞った状態での溶接条件を最適化するためにハイスピードカメラによる放電状態の観察などを行った。

第七章は結言として本研究で得られた成果を総括した。3次元マイクロ溶接法の展望や特性などこれまでの研究で得られた知見をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文では、3次元マイクロ溶接法と呼ばれる新しい金属および金属間化合物の自由造形システムの開発研究についてまとめている。これはいわゆる金属のラピッドプロトタイプング法であり、コンピュータで設計された電子データ上の3次元形状を実際の部材として再現する自動造形システムである。大量生産・大量消費を基盤とする産業システムを変革し、次世代の少量多品種生産を実現させる新しい生産プロセスの構築が最終的な目標である。

第1章では、本研究の背景と目的を述べている。現在、様々なラピッドプロトタイプング法が開発されているが金属物を造形できるものは少なく、造形物の強度面などで欠点も多い。しかし、金属ラピッドプロトタイプングへのニーズは大きく、生産システムに革新的な変化をもたらす可能性を有していると考えられる。このような背景をもとにして本研究では新しい金属ラピッドプロトタイプングである3次元マイクロ溶接法の開発研究を行っている。

第2章と第3章では、3次元マイクロ溶接法の造形原理や機械およびソフトウェア構成について述べている。当該技術はマイクロ TIG 溶接と呼ばれる溶接方法で金属を肉盛り溶接し、何層も繰り返して積層させることで自在に3次元形状を造形する独創的手法である。また、コンピュータ上の3次元形状から造形のための溶接座標を算出するソフトウェアの独自開発も行っている。

第4章では、溶接条件の最適化実験と実用合金の造形について述べている。溶接条件を最適化したことにより、様々な金属で安定した造形が可能となっており、一例としてニッケル基超合金である Inconel 600 の造形を実現させている。これらの機械的強度の測定も行っており、実用上十分な強度を有していることが確認されている。

第5章では、金属間化合物の造形について述べている。3次元マイクロ溶接法では2種類の金属材料を同時に使い分けることが可能である。これを応用して、造形ステージ上で2種類の金属の化合反応を起こさせ、通常では加工の難しい Ti-Al 系の金属間化合物の自由造形を成功させている。微細組織観察や X 線回折法などにより造形物の組成を解析しており、これにより造形時の熱履歴・影響も解明している。

第6章では、造形精度を高める試みとして、ステンレス鋼の微細造形について述べている。溶接機の出力を絞り、これまでの1/5スケールで造形に成功している。出力を絞った状態での溶接条件を最適化するために、ハイスピードカメラによる放電状態の観察なども行われている。

第7章では、結言として本研究で得られた成果が総括され、3次元マイクロ溶接法の展望や特性などこれまでの研究で得られた知見が統一的にまとめられている。

以上のように、本論文は実用金属材料の自由造形システムとして3次元マイクロ溶接システムを新たに開発し、組織や組成の分布も自在に制御することで、より高品質の部材を省資源かつ省エネルギーで製造できる可能性を示している。持続可能な次世代の産業社会発展を担う新プロセスの構築について、技術的な側面のみならず製造過程における材料科学的なアプローチからも多くの知見が得られていると判断される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。