

氏名	齋藤 宏輝		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第9022号		
学位授与年月日	平成31年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	溶射用熱プラズマに及ぼす電気条件および粒子投入条件の影響		
主査	筑波大学 准教授	博士（工学）	藤野 貴康
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	西岡 牧人
副査	筑波大学 教授	工学博士	文字 秀明
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	金子 暁子
副査	東北大学 准教授	博士（工学）	高奈 秀匡

論文の要旨

本論文では、大気圧プラズマ溶射技術（APS: Atmospheric Plasma Spraying）のより一層の高度化に資するべく、アキシアルフィード型サスペンションプラズマ溶射ガンと外部磁場印加型プラズマ溶射ガンを対象に、これら溶射ガン内部のプラズマ特性に及ぼす電氣的運転条件の影響の解明およびプラズマと溶射粒子の相互作用に関わる諸現象に関する理解を目的とした研究の成果が纏められている。また、外部磁場印加型プラズマ溶射ガンに対しては、同プラズマガンに適した溶射粒子の投入方法やアノード電極方式について検討した結果についても説明されている。

本論文は全5章からなり、第1章では、APS技術による溶射プロセスの概説とその高度化に向けた技術的課題が述べられている。また、その課題解決に繋がる可能性を持つアキシアルフィード型サスペンションプラズマ溶射ガンおよび外部磁場印加型プラズマ溶射ガンについて、これまでの知見が網羅的に纏められている。その上で、これら2つの溶射ガンに対して電氣的運転条件とプラズマ特性の関係、また、プラズマ特性と溶射粒子の相互作用に関わる諸現象についての理解を深めることの重要性を指摘し、本論文の研究目的を具体的に記述している。

第2章では、アキシアルフィード型サスペンションプラズマ溶射ガンを対象とした電磁流体解析・サスペンション粒子の運動・熱解析の結果について述べられている。解析結果から運転電流の増加はプラズマ中の電流経路を短くすることに繋がることを示し、このことが実験でも観測されている運転電流の増加に伴う電極間電圧の低下のメカニズムであるとの考察を与えている。また、運転電流の増加は溶射基材近傍の溶射粒子の温度と位置の分布を狭める効果があることも指摘している。さらに、アキシアルフィード方式では、サスペンション粒子の投入はプラズマの温度・速度を実質的に低下させることを示し、同方式の溶射技術を対象とした電磁流体解析・サスペンション粒子の運動・熱解析

においてプラズマ-サスペンション粒子間の双方向の相互作用を考慮することの重要性を指摘している。

第3章では、外部磁場印加型プラズマ溶射ガンを対象とした電磁流体解析・溶射粒子の運動・熱解析の結果が述べられている。解析結果から、外部磁場の印加により電極間電圧は増加し、その結果、磁場を印加しない場合に比べてより高エンタルピーなプラズマジェットが産み出されるとの考察が示されている。また、磁場駆動回転アークにより生じる電圧変動は正弦波的な周期的波形を取るため、プラズマジェットのエンタルピーを一定範囲に制御するには外部磁場の印加は効果的であるとの考察が与えられている。さらに、旋回プラズマジェットの生成を必然的にもたらす外部磁場印加型プラズマ溶射ガンの場合、溶射粒子の加熱性の観点からは、鉛直下向き方向に溶射粒子を投入する従来型のラディアルフィード方式は適切ではなく、旋回プラズマジェットの回転方向と対向する向きに溶射粒子を投入する方が良いことを解析結果に基づき指摘している。

第4章では、小電力（1 kW 級）の直流プラズマトーチを用いて、磁場印加およびカスケード型アノード電極の電極間電圧変動に及ぼす効果を調べるための基礎実験についてまとめられている。実験結果から、外部磁場印加とカスケード型アノード電極の併用が電極間電圧の変動の制御性向上、すなわち、プラズマジェットのエンタルピーの変動の制御性向上に繋がる可能性が示唆された。

第5章では、本研究の結論が述べられている。

審査の要旨

【批評】

著者は、電磁流体解析技術および溶射粒子の運動・熱解析技術を駆使して、アキシアルフィード型サスペンションプラズマ溶射ガン内部のプラズマの電磁流体特性と運転電流の関係、また、サスペンション粒子との相互作用に起因したプラズマ特性の変化など、同ガン内部のサスペンション粒子を含んだプラズマ特性の理解に繋がる新たな知見を獲得するに至っている。また、磁場印加型プラズマ溶射ガンに対しても、プラズマ特性や投入電力に及ぼす磁場印加の影響、また、同溶射ガンに適した溶射粒子の投入方法について、上記の解析技術を駆使して明らかにしている。さらに、小電力直流プラズマトーチを用いた基礎実験の結果に基づき、電極間電圧の変動の制御性向上に外部磁場とカスケード型アノード電極の併用が効果的に働く可能性を指摘している。本論文で得られた知見はプラズマ溶射技術の高度化に資するものであり、本論文は、博士論文の水準に達していると判定した。

【最終試験の結果】

平成31年1月30日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。