

Title	ガスマタルアーク溶接における金属蒸気を伴うアーク現象とその熱源特性に関する研究
Author(s)	辻村, 吉寛
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27530
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	辻村吉寛
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 26209 号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 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	ガスマタルアーク溶接における金属蒸気を伴うアーク現象とその熱源特性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 田中 学 (副査) 教授 中田 一博 教授 平田 好則

論文内容の要旨

本論文は、ガスマタルアーク(GMA)溶接中において、鉄蒸気がGMAプラズマや熱源特性に与える影響を明らかにすることを目的として実施したものである。

第1章は緒論であり、本研究の背景と目的、そして研究の方針を述べた。

第2章では、本研究の数値計算シミュレーションにおいて基本となる、定常状態における鉄蒸気の影響を考慮したGMA溶接の「ワイヤ-アークプラズマ-溶融池」一体化モデルを構築した。GMA溶接プロセスのモデル化の際に用いた仮定やモデル化の基礎となる支配方程式、境界条件、計算手法について説明を行った。

第3章では、前章で提示した数値解析モデルを用いて、GMA溶接中のアークプラズマに与える鉄蒸気の影響について検討を行った。その結果、GMA溶接では、ワイヤから発生する鉄蒸気によって、アークプラズマの中心近傍に鉄蒸気の高濃度域を形成していることがわかった。この鉄蒸気の高濃度域では、温度が低下しており、この温度低下の原因は、放射によるエネルギー損失が著しく増加するためであることが明らかとなった。このように、GMAプラズマは中心近傍における低温の鉄蒸気存在域とその周辺におけるシールドガスプラズマ域の二層構造となっていた。

第4章では、GMA溶接のプラズマ診断を行う際に用いた、実験装置、測定方法について説明を行った。そして、プラズマ診断を行い、溶滴移行形態による温度分布および鉄蒸気濃度分布を比較・検討を行った。前章で行った数値計算シミュレーションとの比較の結果、数値計算シミュレーションの整合性を確認できた。

第5章では、第2章で提示した数値解析モデルを用いて、GMA溶接の熱源特性について検討を行った。その結果、鉄蒸気がアークプラズマ中に混入することで、母材への入熱が大きく減少した。また、自由移行を想定した大電流条件における定常シミュレーション結果は、実験結果とよく一致していた。一方、接触移行を想定した小電流条件では、短絡により母材への入熱が減少するため、あまり一致しなかった。

第6章では、第2章で提示した数値解析モデルを非定常状態の数値計算シミュレーションが行えるように変更していった。この非定常モデルを用いて短絡移行を伴う数値計算シミュレーションを行った結果、定常シミュレーションではあまり一致しなかった結果が、よく一致するようになった。

第7章は総括であり、本研究で得られた結果について総括した。

ガスマタルアーク(Gas Metal Arc = GMA)溶接プロセスは、アーク放電を利用した消耗電極式の溶接プロセスであり、その現象は非常に複雑なものとなっている。特に、熔融した鉄から発生する鉄蒸気の影響は大きく、その影響は無視できない。このように、GMA溶接は非常に複雑な現象を伴うため、溶接技能者の経験に大きく依存している。GMA溶接の高精度な制御や高度な溶接品質のためには、GMA溶接現象を科学的に捉え、定量的に理解しなければならない。

本論文では、GMA溶接現象を科学的・定量的に理解するために、「ワイヤ-アークプラズマ-溶融池」の一体化モデルを構築し、これに基づいた数値計算シミュレーションによる解析を行い、GMA溶接中において、鉄蒸気がGMAプラズマおよび熱源特性に与える影響を明らかにしたものである。

本論で明らかにされている点は以下の通りである。

- (1) GMA溶接では、ワイヤから発生する鉄蒸気によって、アークプラズマの中心近傍に鉄蒸気の高濃度域を形成している。この鉄蒸気の高濃度域では、温度が低下している。この温度低下の原因は、放射によるエネルギー損失が著しく増加するためである。このように、GMAプラズマは中心近傍における低温の鉄蒸気存在域とその周辺におけるシールドガスプラズマ域の二層構造となっている。
- (2) 鉄蒸気がアークプラズマ中に混入することで、母材への入熱が大きく減少した。また、溶滴としての入熱が中心近傍に加えらることで、溶け込みは中心において最も深くなっている。
- (3) 自由移行を想定した大電流条件における定常シミュレーション結果は、実験結果とよく一致している。一方、接触移行を想定した小電流条件では、短絡により母材への入熱が減少するため、あまり一致しない。
- (4) ワイヤ送給速度とワイヤ溶融速度のバランスによって、ワイヤ突出し長およびアーク長が変動する定電圧特性のモデルを構築し、非定常シミュレーションを行った。自由移行を想定した大電流条件では、定常シミュレーション結果との違いはほとんどなく、精度良くGMA溶接の予測を行うことができる。一方、接触移行を想定した小電流条件では、短絡により母材への入熱が減少するため、実験結果とよく一致するようになった。

以上のように、本論文はGMA溶接中において、鉄蒸気がGMAプラズマおよび熱源特性に与える影響を明らかにしたものである。本研究により得られたGMA溶接中における鉄蒸気がアークプラズマの状態や熱源特性に与える影響に関する知見は、GMA溶接の溶込み形状等の溶接結果の予測に必要な不可欠なものであり、GMA溶接の高精度な制御や高度な溶接品質に大きく貢献できるものと期待できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。