



Title	アークスポット溶接における溶融池内の流動機構と熱輸送現象
Author(s)	横谷, 真一郎
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/36866
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・(本籍)	横谷 真一郎
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 8902 号
学位授与の日付	平成元年11月30日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	アークスポット溶接における溶融池内の流動機構と熱輸送現象
(主査) 論文審査委員	教授 松繩 朗
(副査)	教授 西口 公之 教授 丸尾 大 教授 井上 勝敬 教授 荻野 和己

論文内容の要旨

本論文は、静止TIGアーク溶接における溶融池内の流動が熱輸送特性を左右することに注目して、対流駆動要因と溶け込み機構を数値解析、モデル実験、各種鋼の溶け込み実験を通じて明らかにし、その成果をアークスポット溶接の溶け込み制御に応用したもので、6章から構成されている。

第1章では、従来の研究経過とその問題点を整理し、本研究の意義と目的を明らかにするとともに、研究遂行の手順と論文構成を示している。

第2章では、対流駆動力の一つであるプラズマ気流による剪断応力について理論的検討を行い、アーク長の変化による溶融池表面での剪断応力分布とその特徴を明らかにしている。さらに4つの対流駆動要因（表面張力、プラズマ気流による剪断力、電磁力、浮力）を含む溶融池内対流熱輸送の支配方程式を構築している。

第3章では、数値解析によって4つの対流駆動要因が溶け込み形状に及ぼす単独効果及び複合効果を明らかにしている。母板表面における電流密度及び入熱密度が高い場合には深い溶け込み形状が得られること、その場合計算上は表面張力の効果が顕著であることを明らかにしている。一方、電流密度及び入熱密度が低い場合には、プラズマ気流による駆動力が支配的で、周辺溶け込み形状が得られる事を示している。

第4章では、電磁対流およびプラズマ気流の剪断力による対流に関してそれぞれモデル実験を行ない、実験結果と数値解析の結果とを対比し、両者は相互に良い対応を示すことを明らかにしている。

第5章では、軟鋼、溶着鋼およびステンレス鋼を用いて、アークスポット溶接における溶け込み形状の支配因子についての実験的・理論的検討を行っている。一般に陽極点半径および入熱半径が小さい場

合に得られる深溶け込み形状は電磁力が主導的役割を果たすためであること、また計算上溶け込み形状を決定する主要因である表面張力は実際のアーク溶接では二次的であり、アーク雰囲気中では表面張力温度係数を清浄雰囲気での測定値の5%程度と見積られることを確認している。一方、陽極点半径及び入熱半径が大きい場合に特徴的に得られる周辺溶け込み形状はプラズマ気流の剪断力に起因することを実験的にも理論的にも明らかにしている。以上の様に実験的に合理的であることが実証された数値解析手法を実際に重ねアーチスポット溶接に適用して、ナゲット径、溶け込み深さの制御予測が可能であること、およびその適用限界を明らかにしている。

第6章では、本研究の総括として、本論文で明らかにした事項の要点をまとめている。

論文の審査結果の要旨

本論文はTIGアーチスポット溶接における溶け込み形状の定量的予測と制御を目的として、溶融池内の流動機構と熱輸送形態および溶け込み形状の数値解析、モデル実験による数値解析の妥当性の検証、実際のアーチスポット溶接における溶け込み形状と数値解析結果との整合性の検討、および重ねアーチスポット溶接における溶け込み制御への適用を行なったもので、次のような重要な成果を得ている。

- (1) 溶融池内における対流駆動要因として、電磁力、浮力、表面張力およびプラズマ気流による剪断力の4つを考慮した対流熱輸送の支配方程式を構築し、加熱開始から定常状態に至る溶け込み形状の変遷および定常状態における温度場および速度場の数値解析を行ない、広範な入熱密度および陽極点電流密度のもとでの溶け込み形状に及ぼす各対流駆動要因の単独効果および複合効果を明らかにしている。数値解析の結果では、入熱密度および電流密度が高い場合は表面張力の効果が支配的で次いで電磁力およびプラズマ気流が副次的効果を有する。一方、入熱密度および電流密度が低い場合はプラズマ気流の効果が際立って大きいことを示し、気流の効果を考慮していない従来の解析結果と異なる結論を得ている。
- (2) 電磁力および気流の剪断力が輸送現象に及ぼす効果に関し、それぞれ他の要因が最小となるよう工夫したモデル実験を行ない、構築した計算モデルの妥当性を検証している。一方、モデル実験の困難な表面張力の効果に関しては、種々の鋼材を用いた溶接結果と数値解析結果とを詳細に対比検討した結果、プラズマ気流を考慮していない従来の数値解析で定説となっていた表面張力の効果はアーク雰囲気下では副次的で、溶け込み形状を決定する主要因は電磁力およびプラズマ気流であることを明確にしている。とくに入熱密度および電流密度が低い場合は、プラズマ気流の効果が極めて顕著であることを理論的・実験的に明らかにしている。
- (3) 理論解析と実験との整合性を検証した計算モデルを軟鋼の重ねスポット溶接に適用し、ナゲット径の予測が可能であること、および上板と下板の間の隙間変動によるナゲット径の変動をアーク通電制御により抑制できることを計算により予測し、かつその適用限界を実験的に実証している。

以上のように本論文は、新たに構築した溶融池内熱輸送計算モデルによる解析結果と実験結果を詳細

に相互比較した上で、アーク溶接条件と溶融池内流動の支配因子との関係を解明している。さらにこの研究成果をアーチスポット溶接のナゲット径の予測と制御に使えることを実証し、かつその適用限界を明らかにしており、溶接工学の発展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。