OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ティグ溶接プロセスにおけるシールドガス流を用いたアーク熱源制御に関する研究
Author(s)	小西, 恭平
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69576
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　小　西　恭　平　）	
論文題名	ティグ溶接プロセスにおけるシールドガス流を用いたアーク熱源制御に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、ティグ溶接の課題である溶接効率の低さを改善した新しい溶接プロセスの確立を見据え、狭窄ノズル付きティグ溶接（狭窄ティグ）のアークプラズマ状態ならびに熱源特性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、ならびにアーク溶接プロセスに関する研究の現状と問題点および研究遂行の方針を述べた。

第２章では、イメージ分光分析システムを用いてスペクトル強度画像を撮影し、Fowler-Milne法によってアークプラズマの温度分布を算出した。また、分割母板法によって母材表面における電流密度分布ならびに熱流束分布を計測し、アルゴンアークでは低電流アーク（50 A）、高電流アーク（150 A）どちらの場合においても狭窄ノズルによってアークプラズマが半径方向に大きく緊縮することを明らかにした。さらに、アルゴンを用いた狭窄ティグでは単にアーク電流を高くするだけでは得られない局所的な高エネルギー密度化が実現されていることを明らかにした。一方で、ヘリウムアークではアークプラズマの緊縮が得られず、狭窄ノズルの効果は用いるシールドガスの種類によって大小することを明らかとした。

第３章では、狭窄ティグを対象とした一温度解析モデル（1-Tモデル）を構築し、数値計算を行うことで狭窄ティグにおける溶接アーク現象を可視化した。その結果、狭窄ティグでは狭窄ノズルを用いたガス流制御によって誘起される電磁力の増加がアークプラズマの緊縮を引き起こしていることがわかった。また、アークプラズマの高エネルギー密度化に関するシールドガスの影響を調査し、ガス物性の一つである熱伝導率が狭窄ノズルの効果に大きく寄与していると推察された。

第４章では、アークプラズマの温度分布、母材表面における電流密度分布、熱流束分布について実験計測で得られた結果と数値計算で得られた結果を比較し、両者の整合性について検討した。局所熱平衡（LTE）状態となるアークプラズマにおいては計測結果と計算結果は良い一致を示した。一方、アークプラズマの熱源特性を評価する上で重要となる熱流束に関して、計算結果が計測結果よりも熱伝導による入熱を過大に見積もっており、1-Tモデルでの数値解析は実験計測で見られた狭窄ティグおよび従来ティグそれぞれのアークプラズマが示す傾向を再現することが可能であるがアークプラズマー母材間の陽極シース領域におけるNon-LTE状態を考慮することがより正確な溶接アーク現象の可視化に向けての課題として見えた。

第５章では、アークプラズマのNon-LTE状態を考慮できる二温度解析モデル（2-Tモデル）を構築し、数値計算を行った。2-Tモデルによって得られた母材表面における電流密度分布および熱流束分布は実験計測で得られたものと同様の傾向かつ極めて近い値を示した。また、狭窄ノズルの効果はアーク電流やシールドガスの種類によって変化し、アルゴンガスを用いる場合において狭窄ティグの適用が推奨されることがわかった。さらに、狭窄ノズルによるアークプラズマの緊縮効果はアークプラズマの体積が比較的小さい低電流アークにおいて高くなることから、狭窄ノズル付きティグ溶接は特に低電流条件において局所的に高い入熱を実現する溶接プロセスであることが明らかとなった。

第６章では、狭窄ティグと従来ティグの電極温度ならびに電極消耗速度の比較や金属蒸気の掃き出し性能についての比較を行い、狭窄ティグが有する優位性について検討した。その結果、狭窄ティグではアーク放電中の電極温度が低いため電極消耗が抑えられ長時間安定したアーク放電が維持できることが明らかとなった。また、狭窄ノズルを用いたガス流制御によって溶融池から発生する金属蒸気は拡散を抑制されながらアークプラズマ外部へと掃き出されること、その金属蒸気掃き出し効果はアークプラズマ自身の硬直性が低下する低電流アークにおいて特に有効であり、低電流条件における適用が推奨されることが明らかとなった。

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。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　小西　恭平　）

論文審査担当者	（職）	氏　名
主 査	教授	田中　学
副 査	教授	浅井　知
副 査	教授	井上　裕滋

論文審査の結果の要旨

アーク放電を利用したアーク溶接技術は素材から製品の組み立てに至るものづくりの基盤技術として、自動車、車両、船舶、機械、建築、橋梁、エネルギープラントなどあらゆる製造業分野に浸透し活用されていると同時に、ものづくり分野における技術革新を誘起する高度で洗練された新たな溶接プロセスの研究開発が進められている。その中で、シールドガス流を制御することで高いクオリティを確保しつつ、ティグ溶接の課題とされている溶接効率の大幅な向上を実現する溶接プロセスとして狭窄ノズル付きティグ溶接が開発され、実験的にその優位性が検討されてきた。しかしながら、現状において狭窄ノズルによって誘起される熱源の高エネルギー密度化のメカニズムは未解明な部分が多く、狭窄ノズル付きティグ溶接における溶接アーク現象を理解することは上述のメカニズムを詳細に明らかにするだけでなく、狭窄ティグアークを他の溶接プロセスよりも優れたアーク溶接熱源として使いこなすために必要不可欠である。

本論文は、このような観点から、狭窄ノズル付きティグ溶接を対象とした数値解析モデルを構築し、これに基づいた数値計算を行うことで、狭窄ノズルによって変化するアークプラズマ状態ならびに熱源特性を明らかにしたものである。

本論文で明らかにされている点は以下の通りである。

(1) 狭窄ノズル付きティグ溶接では狭窄ノズルを用いたガス流制御によって誘起される電磁力の増加がアークプラズマの緊縮を引き起こし、その結果、熱源の高エネルギー密度化が実現される。

(2) 熱源の高エネルギー密度化は用いるシールドガスの種類によって影響を受け、ガス物性の一つである熱伝導率が大きく寄与している。また、アルゴンガスを用いる場合において狭窄ノズルの効果が大きくなる。

(3) 狭窄ノズルによるアークプラズマの緊縮効果はアークプラズマの体積が比較的小さい低電流アークにおいて高くなることから、狭窄ノズル付きティグ溶接は特に低電流条件において局所的に高い入熱を実現すると言える。

(4) 狭窄ノズル付きティグ溶接ではアーク放電中の電極温度が低いため電極消耗が抑えられ、長時間安定したアーク放電が維持できる。

(5) 狭窄ノズルを用いたガス流制御によって溶融池から発生する金属蒸気は拡散を抑制されながらアークプラズマ外部へと掃き出される。また、その金属蒸気掃き出し効果はアークプラズマ自身の硬直性が低下する低電流アークにおいて特に有効であり、低電流条件における適用が推奨される。

以上のように、本論文は未解明な部分が多い狭窄ノズル付きティグ溶接の溶接アーク現象を数値計算により可視化し、狭窄ノズルが作り出す理想的な熱源について定量的に明らかにしている。また、本論文で得られた知見は、狭窄ノズル付きティグ溶接のみならずアーク放電を用いる全てのアーク溶接プロセスの深い理解に繋がるものであり、今後の溶接プロセスの研究開発に大きく貢献すると期待できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。