

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | ガスタングステンアーク溶接の窒素吸収現象に及ぼす<br>プラズマ熱源特性の影響に関する研究                               |
| Author(s)    | 児玉, 真二  |
| Citation     |   |
| Issue Date   |   |
| Text Version | ETD   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/26185">https://doi.org/10.18910/26185</a> |
| DOI          | 10.18910/26185  |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

[ 題 名 ] ガスタングステンアーク溶接の  
窒素吸収現象に及ぼすプラズマ熱源特性の影響に関する研究

学位申請者 児玉 真二

本論文は、ガスタングステンアーク (GTA) 溶接の窒素吸収現象に及ぼすプラズマの熱源特性の影響を解明することを目的としたものである。

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、本研究の基本となるGTA溶接の数値解析モデル、並びにプラズマの分光観察方法について述べた。数値解析モデルに関しては、既存の2次元軸対称GTAモデルを基礎に数値解析のための支配方程式、境界条件、計算手法について説明した。分光観察方法においては、特に、鉄蒸気が混入したプラズマの分光を行うための実験装置、測定方法について説明した。

第3章では、シールドガスへの窒素混入現象について述べた。アルゴン (Ar) 及びヘリウム (He) シールドにおける各種の溶接条件での溶接金属窒素量を測定すると共に、それらの数値解析を通してシールドガス濃度の変化について考察した。その結果、窒素混入量にはシールドガスの密度と拡散係数が影響を及ぼし、密度が小さく、拡散係数の大きいHeシールドでは溶融池近傍のシールドガス濃度が低下することを示した。

第4章では、溶融池近傍での窒素の解離状態について述べた。予め窒素を混合した各種シールドガスにおける溶接金属窒素量を測定すると共に、分光によるプラズマの温度測定ならびに数値解析による窒素の解離状態の推定を行った。その結果、窒素の解離現象に対しては溶融池から発生する鉄蒸気が影響を及ぼし、Heアークのようなエネルギー密度の高いアークでは、鉄蒸気の発生に伴うプラズマ温度の低下により、窒素の解離が抑制されることを示した。

第5章では、溶融池近傍の温度分布において支配要因となるプラズマと母材間の熱輸送現象について述べた。熱伝導率及び電気伝導率を変化させた仮想的なアークプラズマの数値解析を通じて、各々のプラズマにおける鉄蒸気の生成量及び溶融池近傍のプラズマ温度を比較した。その結果、熱伝導率の高いプラズマにおいて鉄蒸気の発生量が増加し、溶融池近傍のプラズマ温度が低下することを示した。

第6章では、シールドガスへの窒素の混入、プラズマ内部での窒素の解離、及び溶融池表面での窒素の吸収を連成した統合数値解析モデルを構築した。また、シールドガス流量を変化させたHe-GTA溶接を対象に溶接金属窒素量の数値解析を行い、溶接金属の窒素量が約150ppm以下となる比較的シールド性の良い領域では、実験結果と数値解析結果が概ね一致することを示した。

第7章は総括であり、本研究で得られた結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 ( 児 玉 真 二 ) |     |     |       |
|-----------------|-----|-----|-------|
|                 | (職) | 氏 名 |       |
| 論文審査担当者         | 主 査 | 教授  | 田中 学  |
|                 | 副 査 | 教授  | 中田 一博 |
|                 | 副 査 | 教授  | 平田 好則 |
|                 | 副 査 | 教授  | 掛下 知行 |

## 論文審査の結果の要旨

シールドガスは大気からアークプラズマ及び熔融金属を遮へいすることを目的に使用されており、溶接金属の品質を確保する上で重要な役割を果たす。大気から混入する不純物ガスとして窒素が挙げられるが、溶接金属に窒素が混入するとブローホールの発生や溶接金属の靱性低下が問題となる。近年、高張力鋼版の適用拡大に伴い溶接金属に対する高品質化の要求が高まっており、溶接金属の窒素吸収メカニズムを明らかにし、窒素吸収の抑制指針を明確にすることが、従来にも増して重要な課題となっている。

本論文は、ガスタングステンアーク溶接の窒素吸収現象に及ぼすプラズマ熱源特性の影響を明らかにすることを目的としたものであり、数値計算シミュレーション及び分光観察を通して、シールドガスへの窒素の混入、プラズマ内部での窒素の解離、熔融池表面での窒素の吸収および熔融池内部での窒素の混合現象を検討している。

本論文で明らかにされている主な点は、以下の通りである。

- (1) シールドガスへの窒素の混入現象に対しては、シールドガスの密度及び拡散係数が影響を及ぼし、アルゴンのような密度が大きく拡散係数の小さいガスをシールドガスとすることによってシールドガスへの窒素の混入を抑制することができる。
- (2) 熔融池表面での窒素の吸収現象に対しては、熔融池から発生する鉄蒸気が影響を及ぼす。すなわち、鉄蒸気の生成により熔融池近傍のプラズマ温度が低下し、熔融池近傍での窒素の解離が抑制されることによって熔融池表面の窒素吸収量が低下する。また、アークプラズマによる熔融池の加熱、それに伴う熔融池表面からの鉄蒸気の発生現象に対してはシールドガスの熱伝導率の影響が大きく、ヘリウムのような熱伝導率の高いガスでプラズマを形成することによって熔融池の窒素吸収量を低下させることができる。
- (3) 熔融池の表面ではプラズマ領域での窒素の濃度分布や解離状態に応じて窒素濃度に分布が生じるが、熔融池内部では対流現象が支配的となりほぼ均一な窒素濃度の分布となる。また、シールド性が比較的良好であり溶接金属の窒素量の少ない条件では、数値計算シミュレーションによる熔融池の窒素濃度と実験における溶接金属窒素量が概ね一致することが確認された。

以上のように、本論文はガスタングステンアーク溶接の窒素吸収現象に及ぼすプラズマ熱源特性の影響を解明し、プラズマ物性値の観点から窒素量低減の指針を得たものである。本研究により得られたアーク溶接時の窒素吸収現象に関する知見は、ガスシールドアーク溶接の窒素量の予測に必要な不可欠なものであり、清浄な溶接金属形成、それによる溶接金属の高品質化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。