The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	アーク溶接金属中の拡散性水素量に影響する溶接材料因子の挙動と影響抑制プロセスに関する研究
Author(s)	迎井, 直樹
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/77493
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　（　　迎井　直樹　　）	
論文題名	アーク溶接金属中の拡散性水素量に影響する溶接材料因子の挙動と影響抑制プロセスに関する研究

論文内容の要旨

本論文は産業分野で広く使用される消耗電極式溶接法のGMAW（ガスメタルアーク溶接）およびFCAW（フラックスコアードアーク溶接）を対象とし、施工時に発生する低温割れの原因となる拡散性水素に着目し、溶接材料由来の因子とその輸送経路を明らかにし、さらにその経路を遮断することによって溶接金属中の拡散性水素量を低減する新しい溶接プロセスの開発と実用化を目的として行った研究の成果をまとめたものである。

第1章は緒論であり、本研究の背景を述べ、低温割れに関する主要な既往研究について概説し、本研究の目的について述べた。

第2章では、GMAWおよびFCAWにおける溶接金属の拡散性水素量に対する一般的知見の整理および検証を行い、さらに溶接ワイヤが保有する拡散性水素の因子について分類と影響度調査を行った結果について述べた。従来知見の問題点を指摘し、溶接金属の拡散性水素量に影響する重要因子を明らかにした。また、結果に対する考察から溶接ワイヤが保有する水素源の輸送経路に関する仮説を得た。

第3章では、得られた仮説を検証することを目的に、溶接金属の拡散性水素量低減が期待できる溶接プロセスの開発を行った結果について述べた。溶接中のワイヤ挙動の解析を行い、ワイヤから放出された水素源から溶滴、アーク、溶融池への輸送を遮断するコンセプトを得て、ワイヤ周囲に配置された吸引ノズルから近傍のガスを吸引排出しながら施工を行うプロセスの立案に至った。さらに、プロセスを実現する装置の試作結果についても述べた。

第4章では、開発したプロセスの効果に関して、溶接ワイヤが保有する各拡散性水素因子に対して行った検証結果について述べた。開発プロセスがシーム有りフラックス入りワイヤとソリッドワイヤから得られる拡散性水素量低減に有効であることを示し、さらに結果に対する考察から、前述した仮説を肯定する結果を得た。

第5章では、アーク挙動をシミュレーションする電磁流体モデルとワイヤからの水素源脱離モデルを構築し、連成させることで、拡散性水素低減プロセスにおける水素源挙動シミュレーションを行った結果について述べた。数値実験と実際の測定試験の比較検討を行い、構築したモデルの妥当性を示すとともに、プロセスの有効性に影響する、材料に由来しない因子を明らかにした。さらに、数値シミュレーションによる可視化によって前述した仮説を裏付ける結果を得た。第2章および第4章より得られた知見と総合すると溶接材料由来の拡散性水素因子の輸送経路は以下のように述べられる。すなわち、GMAW、FCAWでは、溶接ワイヤはコンタクトチップ-アーク間において溶接電流によるジュール発熱によって加熱され高温となり、熱エネルギーによってワイヤが保有する水素源がワイヤ外のシールドガス中に放出される。放出された水素源は、シールドガスによって輸送されアークプラズマ領域に至ると、プラズマの高温によって解離し、溶融金属に溶解することで、一部が拡散性水素となる。この時、ワイヤ内部から外部への水素源放出率にワイヤ構造が大きく影響し、シーム有りフラックス入りワイヤやソリッドワイヤにおいては保有する水素源の大部分がこの経路を辿る。

第6章では、開発プロセスの信頼性評価を行うことを目的に、構築したモデルを用いて横風に対するシールドガス流れのシミュレーションを行い、実験結果と比較考察をした結果について述べた。開発プロセスに用いる特殊構造トーチはシールドガスの一部を吸引排出する構造の為、シールド性に対する懸念が生じたが、シミュレーションでは一般的溶接トーチと比較してシールド性の観点で同等であることが明らかになった。

第7章では、低温割れ抑制に対する、拡散性水素低減プロセスによる具体的効果を明らかにする目的で、FCAWおよびGMAWを適用した低温割れ試験を実施し、考察を加えた結果を述べた。シーム有りフラックス入りワイヤやソリッドワイヤを使用する溶接施工では、大部分のワイヤ保有水素源の輸送経路を遮断する開発プロセス適用によって、いずれの場合も50℃以上の予熱とパス間温度低減の効果が確認でき、さらに既往の低温割れ管理手法との比較から、実験結果が妥当であることを示した。

第8章では本研究で得られた知見について総括した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　迎井　直樹　）	
論文審査担当者	（職）　氏　名 主 査　教授　田中　学 副 査　教授　廣瀬　明夫 副 査　教授　伊藤　和博

論文審査の結果の要旨

消耗電極式のガスシールドアーク溶接は広く産業界に浸透している重要な溶接法であるが、他の手法と同様に種々の溶接欠陥が施工時の課題となる。中でも低温割れは施工のその場観察では発生を検知できない上、構造物の破壊につながるおそれの特に大きい力学的不完全部であるので慎重に要因を除く必要がある。しかし、現在に至っても完全に制御されているとは言えず、これには低温割れの重要因子である溶接金属中の拡散性水素に対する溶接材料由来の因子や輸送経路について未解明な点が多くあることが関わっている。本論文は GMAW、FCAW を対象とした溶接実験、物理測定、観察、数値解析を通して上記未解明現象の解明を試みている。さらに、得られた輸送経路の知見から溶接金属中の拡散性水素量を低減する新しい溶接プロセスの開発と実用性の検証を行っている。

本論文によって明らかにされている点は以下の通りである。

(1) 溶接ワイヤが保有する拡散性水素の要因分類を行い、試作実験による単一因子での影響度調査を試みて、フラックスの初期保有水分が最も重要な因子であることを明らかにしている。シームレス、シーム有りというワイヤ構造を変化させた実験結果の考察により、溶接ワイヤ保有水素源の輸送経路の仮説を得ている。

(2) 得られた仮説から溶接金属の拡散性水素量を低減する溶接プロセスの開発を行い、シーム有りフラックス入りワイヤやソリッドワイヤに有効に作用することを確認している。実験結果を考察し、仮説の傍証を得ている。

(3) 電磁流体モデルとワイヤからの水素源脱離モデルの連成シミュレーションを行い、溶接ワイヤ由来の拡散性水素源の輸送現象可視化を試みている。計算結果と溶接金属中の拡散性水素量測定試験結果の傾向一致を確認し、モデルの妥当性を示している。これらにより上述の仮説、すなわち、ワイヤが保有する水素源がチップ-アーク間でワイヤから放出され、シールドガスによって輸送されてアークプラズマ領域に達する経路を明らかにしている。

(4) 開発された、溶接金属中の拡散性水素量を低減させるプロセスを対象に、シミュレーションと実験観察によって耐風性の評価を行っている。その結果、開発プロセスの耐風性は一般的な溶接法と同等の性能を有し、実用に耐え得る信頼性のあるプロセスであることを導いている。

(5) 開発プロセスを予熱、パス間温度を変化させた低温割れ試験に供することで、プロセスによる温度管理緩和効果を明らかにしている。50℃以上の予熱、パス間温度低減効果があることを示しており、さらに既往研究との一致確認により、結果が妥当であること示している。

以上のように、本論文は GMAW、FCAW における溶接中の水素源輸送現象を明らかにしており、さらに経路を遮断して拡散性水素量を低減する実用的溶接プロセスの開発に至っている。本論文で得られた知見は今後の溶接分野における研究開発に、開発プロセスは産業分野の発展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。