



Title	Research on Arc and Metal Transfer Phenomenon in Metal Flux-cored Arc Welding
Author(s)	Trinh, Quang Ngoc
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/91935
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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

論文内容の要旨

氏 名 (TRINH NGOC QUANG)	
論文題名	Research on Arc and Metal Transfer Phenomenon in Metal Flux-cored Arc Welding (メタルフラックスコアードアーク溶接におけるアーク及び溶滴移行現象の研究)
論文内容の要旨 In the gas metal arc welding (GMAW) process, the metal transfer significantly affects the process stability, welding quality, and productivity of the process. During the process, welding parameters such as welding current and voltage, shielding gas, or wire electrode design will affect the driving forces on molten metal droplet, which leads to a change in metal transfer mode. The metal transfer behavior for a conventional solid wire was well investigated through many experiments and simulation studies. Meanwhile, to improve welding quality and productivity, a flux-cored wire can be used. However, the metal transfer behavior for a flux-cored wire was not understood well. This study investigated the arc phenomena and metal transfer behavior of metal flux-cored wire in gas metal arc welding. Experimental and numerical approaches were applied to comprehensively understand the metal transfer behavior of the metal flux-cored wire and compare it to solid wire. Three aspects were evaluated: the wire composition, wire structure, and shielding gas composition. In Chapter 1, the background, statement of research literature, objectives, and structure of this dissertation were described. In Chapter 2, the experimental methods and the fundamental observation techniques were introduced. In Chapter 3, the effect of wire composition on metal transfer behavior was investigated. A small amount of an alkaline element as sodium was added to four prototyped wires with 0, 0.028, 0.056, and 0.084 mass% sodium. The experiments using a high-speed camera and laser illumination were conducted to measure the metal transfer frequency for wires. Further, iron and sodium plasmas distribution were investigated using bandpass filters suitable for each atom spectrum. The results show that the metal transfer frequency increases with only a small amount of sodium in the wire. In Chapter 4, the influence of wire structure on the metal transfer behavior was elucidated, where a solid and three metal flux-cored wires with flux mass ratios of 10, 15, and 20% are compared. Experiments were performed using a shadowgraph technique with back-laser illumination and high-speed camera observation. The metal transfer frequencies of four wires were measured under three welding currents of 220, 250, and 280 A. The result in this chapter shows that metal transfer frequency increases with flux ratio and welding current. In Chapter 5, the effect of shielding gas on metal transfer behavior was measured. Firstly, the transfer behavior of a solid and a metal flux-cored wire was measured in the pure argon shielding gas. The observation was carried out using a high-speed camera with laser assistance and bandpass filters to observe iron and argon plasmas. Then the effect of CO₂ content in the shielding gas was investigated by comparing seven types of argon and CO₂ shielding gas mixtures, including 5, 10, 15, 20, 25, 50, and 100% CO₂ under welding currents of 220, 250, and 280 A. The results show that for solid wire, metal transfer frequency monotonically decreases with increasing the CO₂ content added to the shielding gas. On the other hand, for metal flux-cored wire, the metal transfer frequency achieves a maximum at 15% CO₂. At 15% CO₂, the arc is attached under the tip of unmelted flux, which increases the electromagnetic force acting on the molten droplet to improve neck formation necessary for droplet detachment. In Chapter 6, the metal transfer behavior of metal flux-cored wire through a numerical simulation was evaluated. A model compares solid and metal flux-cored wires at 250 A welding current in the pure argon shielding gas. The results show good agreement with experimental results, which contribute to a comprehensive understanding of the metal transfer behavior. In Chapter 7, all mechanisms of the metal transfer and arc phenomenon of GMAW with solid and metal flux-cored wires based on the result of experiments and simulation were discussed. Further, some extended works are suggested from the results of this study. In Chapter 8, a conclusion as a summary of all findings in this thesis was presented.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (TRINH NGOC QUANG)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	田中 学
	副 査	教授	伊藤 和博
	副 査	教授	佐野 智一

論文審査の結果の要旨

本論文ではメタルフラックスコアードアーク溶接におけるアーク及び溶滴移行現象を、実験及び数値シミュレーションの両面から明らかにしている。具体的には溶接ワイヤに含まれるメタルフラックスの割合や成分といったワイヤ設計要素ならびにアークプラズマの電流値(またはワイヤ送給速度)や電圧値、シールドガス成分といった基本的な溶接パラメータを変化させた際のアーク及び溶滴移行現象を高速ビデオカメラにより観察している。また、これと併せて溶接後にワイヤ断面の顕微鏡観察及び成分分析も実施し、溶接ワイヤ先端近傍におけるメタルフラックスの溶融状態や成分等についても明らかにしている。本研究で明らかにされている点は以下の通りである。

(1)

溶接ワイヤ中のメタルフラックスに含まれるアルカリ元素量を増加させることによって、溶滴移行周波数が増加するとがわかった。これは沸点及び電離エネルギーが低いアルカリ元素が溶滴ネック部から蒸発しプラズマ化することで、ネック部と溶融池を直接的に繋ぐ電流経路が形成され、溶滴下端部から溶融池へと流れる電流が減少して溶滴を押し上げるアーク圧力が低下するためである。

(2)

シールドガス中の炭酸ガス濃度を変化させた場合、電流値 220-280A の範囲内では常に炭酸ガス濃度 15%で溶滴移行周波数は最大値となった。これはメタルフラックス未溶融部とアークルートの位置関係により支配されると考えられ、炭酸ガス濃度が低い場合、アークルートは未溶融部よりも高い位置に形成されるため電磁力が溶滴ネック部に有効に働かず溶滴の離脱が困難となり、一方で炭酸ガス濃度が高い場合、アークルートは未溶融部よりも低い位置に形成されるが、溶滴を押し上げるアーク圧力が上昇するため、溶滴の離脱が妨げられる。これらのバランスにより炭酸ガス濃度 15%で溶滴移行周波数が最大値となるものと考えられる。

(3)

数値シミュレーションによりメタルフラックス未溶融部とアークルートの位置関係が溶滴移行に及ぼす影響について明らかにした。アークルートが未溶融部よりも高い位置に形成される場合、未溶融部に阻まれ電磁力は溶滴ネック部の成長に必要な流動を誘起できないが、これが低い位置である場合、未溶融部下部の溶滴に直接電磁力が加わるため、ネック部の成長に必要な流動が誘起され溶滴の離脱が促進されることが定量的に示された。

以上のように、本論文ではメタルフラックスコアードアーク溶接におけるアーク及び溶滴移行現象を詳細に研究し、特に溶滴移行周波数を支配する主な因子を明確にしている。本研究により得られた知見はフラックスコアードワイヤを利用した溶接プロセスの高エネルギー・高効率の実現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。