

Nd:YAG レーザによる TIG アーク挙動の制御 及びレーザウービング溶接への適用

2013 年度

村田 雄一郎

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	村田 雄一郎
主 論 文 題 目：			
Nd:YAG レーザによる TIG アーク挙動の制御及びレーザウィービング溶接への適用			
<p>(内容の要旨)</p> <p>タングステンイナートガス (TIG) アーク溶接法は、熱源である溶接アークが安定しており、その制御が比較的容易であることから、各種鋼板、アルミニウムなどの非鉄金属板など比較的薄い金属板の溶接に広く用いられている。しかし、溶接現場では円錐状に研磨されている非消耗式タングステン電極の先端がアーク熱による熔融、大気巻き込みによる酸化等により消耗して変形するという問題が生ずることが多い。この場合消耗した電極先端におけるアークの陰極点の移動が容易となり、その指向性が失われて不安定な状態となり、これが蛇行ビードの形成、溶け込み不足、溶接金属の溶け落ち等の溶接欠陥発生の原因となる。</p> <p>一方、ネオジウム・イットリウム・アルミニウム・ガーネット (Nd:YAG) レーザ溶接は熱源としてレーザ光を用いているためにその指向性およびエネルギー密度が高く、アーク溶接にレーザ溶接を組み合わせたハイブリッド溶接法が様々な目的で開発され実用されている。そこで、レーザによるアークの安定化とその制御性に着目し、アークが不安定になりやすい電極の消耗状態におけるアークの安定化、さらにレーザによるアークの誘導および制御の可能性について実験的に検討している。また、ハイブリッド溶接における溶接アーク近傍の温度分布を有限要素法 (FEM) により解析し、レーザ照射によるアークの誘導現象について解明している。以上の結果を参考に、レーザの振動によるアークの左右方向への振動を誘起・制御するレーザウィービング溶接法を提案し、これを用いたハイブリッド溶接によるオーステナイト系ステンレス鋼板の突合せ溶接を行い、その有効性を実験的に確認している。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景、目的、本論文の構成などについて述べている。</p> <p>第 2 章は、各種溶接に関する原理と現象について述べている。</p> <p>第 3 章では、TIG アーク溶接装置、Nd:YAG レーザ溶接装置および制御システムなど、本研究で用いたシステムの概要について述べている。</p> <p>第 4 章では、Nd:YAG レーザと TIG アークを併用したハイブリッド溶接法を SUS304 ステンレス薄鋼板の溶接に適用し、その溶接性に関する実験的な検討を行っている。その結果、TIG アークにより形成された熔融池に対する Nd:YAG レーザの照射位置が、良好な溶接結果を得るための重要なパラメータの一つであることを示している。さらに、TIG アークの安定化及び誘導に対する Nd:YAG レーザ照射の効果について実験的な検討を行っている。</p> <p>第 5 章では、ステンレス薄鋼板のハイブリッド溶接における熔融池およびその近傍の温度分布を有限要素法により解析し、レーザ照射によるアークの誘導現象について検討している。その結果、適正な溶接条件を選定すれば、100 W 級の比較的低下出力レーザであっても、レーザ照射点の母材が加熱沸騰し、金属蒸気が発生してアークを誘導できる可能性を示している。</p> <p>第 6 章では、本手法を用いて板厚 2 mm のステンレス鋼板の突合せ溶接実験を行い、本研究で提案したレーザウィービング溶接法を用いれば TIG 溶接電極先端が消耗するなどのアーク不安定条件下においても安定したアークの制御とともに突合せ溶接が可能であることを確認している。</p> <p>第 7 章は結論であり、各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を総括している。</p>			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	First name Surname Yuichiro Murata
Title Control of TIG Arc Behavior by Nd:YAG Laser and Its Application to Laser Weaving Welding		
Abstract <p>TIG welding process is often used to join thin metal plates because of the stability of arc compared with the other arc welding processes. However, the temperature of the tungsten electrode of the TIG welding torch sometimes increases and oxidation occurs during welding process. Therefore, the electrode tip is consumed considerably, and the arc stability tends to decrease with welding time. Accordingly, it is important to administrate the electrode tip condition in order to keep the welding process stable. On the contrary, the laser beam has extraordinary stability and directivity because of the nature of the light beam. Therefore, the authors have proposed a new process to stabilize and control the unstable TIG arc by the laser beam. In this study, the control of the arc behavior in TIG welding of thin metal plates was performed using the Nd:YAG laser beam with relatively low power. Furthermore, a new process to oscillate TIG arc using laser weaving method was proposed. In order to discuss the mechanism of arc behavior control by the laser beam irradiation into weld fused metal, temperature distribution of the weld was calculated by heat conduction analysis using the finite element method (FEM). In this study the effects of the hybrid welding on the control of arc and the improvement of the welded results were investigated.</p> <p>Chapter 1 is introduction. The aim, the background and the outstanding feature of this study are described.</p> <p>In Chapter 2, Nd:YAG laser and TIG arc welding theory are described.</p> <p>In Chapter 3, Nd:YAG laser and TIG arc welding machines, welding robot, and welding control system are described.</p> <p>In Chapter 4, stabilization and control of the unstable TIG arc by the Nd:YAG laser beam is investigated. In particular, the feasibility of stabilization and control of welding arc by laser beam is studied using hybrid welding process combining TIG arc and low power Nd:YAG laser.</p> <p>In Chapter 5, in order to study the mechanism of arc control by the laser beam irradiation into weld molten metal, temperature distribution in the weld area is calculated by heat conduction analysis using FEM. As a result, it is seen that the occurrence of metal vapor at the laser spot has very important role in the control of arc and the laser weaving.</p> <p>In Chapter 6, butt welding experiments of SUS304 stainless steel plates are performed by TIG arc/ Nd:YAG laser hybrid welding using the laser weaving welding method, in which the arc is oscillated by moving the laser beam to lateral direction against the welding line, to control the fusion of both of the base metals to be welded in the welding is developed. The effectiveness of the hybrid welding using laser weaving is confirmed by the welded results and the tensile test results of butt welded joints.</p> <p>Chapter 7 summarizes the conclusions of this paper.</p>		