

Title	YAGレーザー・TIGアークアイブリッド溶接現象に関する基礎的研究
Author(s)	内藤, 恭章
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46993">https://hdl.handle.net/11094/46993</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	ないとう やす ゆま 内藤 恭 章
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20308 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械物理工学専攻
学位論文名	YAG レーザ・TIG アークハイブリッド溶接現象に関する基礎的研究
論文審査委員	(主査) 教授 片山 聖二  (副査) 教授 三好 隆志 教授 平田 好則 助教授 高谷 裕浩 助教授 阿部 信行

#### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、レーザー溶接とアーク溶接、それぞれの溶接法の長所を利用し、短所を補完するハイブリッド溶接法が注目されている。具体的な長所として、溶込み深さの増大、溶接速度の増加、開先ギャップ裕度の拡大、ポロシティの低減、アークの安定化などが報告されているが、ハイブリッド溶接時における物理的挙動は、現象の複雑さから未知の部分が多く、詳しい加工プロセスや欠陥防止機構は完全には解明されていない。そこで、本論文では、系統的な実験により、ハイブリッド溶接現象の総合的な理解と把握を目的とし、YAG レーザと TIG アークを用いて、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS 304 に対し、TIG アーク先行または YAG レーザ先行ハイブリッド溶接を行った。

第 1 章は、緒論であり、本論文の背景と目的および従来の研究について述べている。

第 2 章では、本論文で用いた材料、実験装置および実験方法について述べている。

第 3 章では、溶融特性やポロシティ生成に及ぼす各種パラメータの影響について調べ、その結果、溶込み深さは、レーザーパワー（パワー密度）に依存すること、レーザービームと TIG アーク電極間距離の影響が大きいことなどを明確にした。

第 4 章では、溶込み深さと溶融部の形状に及ぼす周辺雰囲気の影響について実験を行い、溶込み形状が、アーク電流および雰囲気中の酸素ガス混合割合の影響を顕著に受けることを明らかにした。また、特に、上部の溶込み形状が変化する原因として、表面張力対流の影響を示唆する結果を得た。

第 5 章では、溶接時のレーザー誘起プラズマ/プルーム挙動とアーク挙動を高速度ビデオで観察した結果、アーク単独で容易に形成される溶融池に YAG レーザを照射した場合に深溶込みとなること明示した。

第 6 章では、ハイブリッド溶接時のアーク・プラズマがキーホール内部に侵入するの否かについて、特別に考案した試験片を用いて電気的特性を測定した結果、溶接時のアークはキーホール内部に侵入しにくく、キーホール先端底部まで到達しないと推断される結果が得られた。

第 7 章では、溶融池表面の湯流れを高速度カメラで観察するとともに、マイクロフォーカス X 線透視撮影装置を用いて、溶融池内部におけるキーホール挙動、溶融池形状や湯流れ等を観察した。純 Ar 雰囲気中でのレーザー溶接時には、溶融池表面において、外向きの表面張力のために、キーホール口から後方および周辺部へと向かう強い湯流れが存在し、ワインカップ状の溶接ビードが形成されることがわかった。一方、大気雰囲気中でのレーザー溶接時には、内

向きの表面張力対流が強く作用した結果と推察される、熔融池表面のビード幅が狭くなるような湯流れが観察された。また、ハイブリッド溶接時において、レーザー照射時の反跳力、プラズマ気流、表面張力および電磁力によって生じる湯流れが、溶込み特性に大きく影響を与え、断面形状を決定することがわかり、溶込みが深くなるのは、アーク単独溶接時に生成した熔融池位置にレーザーを照射した場合であることがわかった。さらに、ハイブリッド溶接時には、アーク電流 100 A、200 A のどちらの場合も、キーホール先端から熔融池後方へ向かう定常的な湯流れが発生し、熔融池は後方に大きく拡大していた。ポロシティの生成傾向は、アーク電流に依存し、特に、200 A の場合には、気泡がほとんど発生しなくなり、その結果としてポロシティが抑制されることがわかった。

第 8 章は、本論文の総括であり、第 3 章～第 7 章で得られた YAG レーザ・TIG アークハイブリッド溶接現象で得られた実験的研究の成果をまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

ハイブリッド溶接法は、溶込み深さの増大、溶接速度の増加、開先ギャップ裕度の拡大、ポロシティの低減など、単にレーザー溶接とアーク溶接の足し合わせにとどまらない効果が報告され、注目されている溶接法である。しかしながら、詳細な加工プロセスに関しては、現象の複雑さから未知の部分が多く、現状では、物理的側面からの解明はほとんど試みられていない。

本論文は、溶接現象の総合的な理解および厚板における深溶込み溶接を目的とし、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS 304 に対し、YAG レーザと TIG アークによるハイブリッド溶接を行い、創意工夫した様々な実験により、以下の主要な結果を得ている。

- 1) 溶込み深さと熔融部の形状に及ぼす各種溶接条件と周辺雰囲気の影響について検討し、溶込み形状が、レーザーパワー密度とアーク電流および雰囲気中の酸素ガス混合割合の影響を顕著に受けることを明らかにしている。また、レーザー溶接時に上部の溶込み形状が変化する原因に関しては、表面張力対流の影響が大きいとする結果を得ている。
- 2) 従来、ハイブリッド溶接時における深溶込み溶接および高速度溶接が可能な理由として提案され、通説とされてきた、溶接時のアーク・プラズマがキーホール内部に侵入し、アークの通電経路となるという説に対し、特別に考案した試験片を用いて、実験的検討を行い、溶接時のアークは、キーホール口近傍に集中し、キーホール内部に侵入しにくく、先端底部まで到達しないとする結果を得ている。
- 3) ハイブリッド溶接時において生じる対流熱輸送の效果に着目し、X 線透視リアルタイム撮影装置を用いて、熔融池内部の様子を可視化している。その結果、レーザー照射時の反跳力、プラズマ気流、表面張力および電磁対流によって生じる湯流れが、溶込み特性に大きく影響を与え、断面形状を決定することを明確に示し、さらに、溶込みが深くなるのは、アーク単独溶接時に生成した熔融池位置にレーザーを照射した場合であることを示している。また、ハイブリッド溶接時の湯流れの様子が、レーザー溶接時と異なるだけでなく、アーク電流値によっても大きく異なることや、熔融部の形状の形成に多大な影響を与えることを明確にしている。

以上のように、本論文は対流熱輸送による熔融部形状の形成メカニズムを明らかにしており、レーザー溶接およびハイブリッド溶接技術の発展に重要な指針を与えるとともに、生産科学の分野にも寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。