OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	複数ビーム結合によるYAGレーザの高出力化とキーホール溶接現象の解明
Author(s)	藤長, 茂樹
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43108
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	藤長茂樹（ふじながしげき）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第16572号
学位授与年月日	平成13年11月28日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	複数ビーム結合によるYAGレーザの高出力化とキーホール溶接現象の解明
論文審査委員	（主査） 教授 松縄 朗 （副査） 教授 花崎 伸作　教授 宮本 勇　助教授 片山 聖二

論文内容の要旨

本論文は、複数台のYAGレーザ発振器のビームを結合して高出力を得るシステムを開発し、ビーム伝送性能および集光性能を評価し、キーホール溶接現象に及ぼすパルス波形等の影響について明らかにしたものである。さらに、本システムを固定配管全姿勢溶接に適用した結果についても纏めた。

第1章では、本研究の目的、研究課題および本論文の構成について述べた。

第2章では、複数台のYAGレーザ発振器のビームを結合する「複数ビーム光ファイバ入射端結合YAGレーザ加工システム」の開発について述べた。すなわち、ビーム結合システムを開発するに当たって検討した各種ビーム結合方法、使用した3台のYAGレーザ発振器のビーム品質評価結果、1本の光ファイバに3本のYAGレーザビームを最適に入射するための複数ビーム結合光学系の設計、および製作したシステムのビーム伝送性能、集光性能の評価結果について述べた。

第3章では、本システムの特長の一つである波形制御機能を用いたときの溶接性能について述べた。特に、2台の連続発振器の矩形変調波にパルス発振器のパルス波を重畳したときの、矩形変調波に対するパルス波の重畳ディレイ時間と溶込み深さ、変調周波数と溶込み深さ、矩形変調波とパルス波の平均出力の割合と溶込み深さ等の関係について明らかにした。

第4章では、X線透視装置と高速度ビデオカメラを用いて、各種重畳波形をステンレス鋼に照射したときのキーホール挙動を高時間分解能で計測した。特に、キーホールの生成時間と消滅時間、レーザ出力の時間的変化とキーホールの時間的変化の関係、レーザ出力波形とポロシティの発生傾向との関係等を明らかにした。これらの結果から、溶込み深さが深く、溶接欠陥が少ない溶接を得るための最適レーザ出力波形について論じた。また、全姿勢溶接時におけるキーホール挙動についても計測を行い、その挙動を明らかにし、ポロシテイ発生機構についても言及した。

第5章では、固定したステンレス鋼配管の全周突合せ溶接に本システムを適用し、実用性を実証した結果について述べた。

第6章では、以上の各章で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

YAG レーザは光ファイバーでエネルギー伝送が出来るため、パイプ等の全姿勢溶接へ適用できる深溶込み高速YAG レーザ溶接法の開発が望まれている。しかし、高出力レーザによる中・厚板の溶接ではポロシティ欠陥の多発が問題となっており、その防止策開発が急務である。下向き溶接姿勢においてはパルス変調波レーザの採用がポロシティ防止に有効であることが明らかにされているが、重力の作用する方向が異なる他の溶接姿勢における欠陥防止策は全く確立されていない。

本研究では、3台の YAG レーザビームを新たに開発した光学系により1本の光ファイバーに導光して高出力化を図ると共に、従来の YAG レーザ発信器では発生できない特殊なパルス波形を発生できるシステムを開発している。さらにこのシステムを用いて、各種溶接姿勢における溶接現象、特にキーホール挙動とポロシティ欠陥発生機構の解明を図り、ポロシティ防止のための適正波形を明らかにしている。得られた成果の要約を次に示す。

(1)最大平均出力 2 kW の連続励起 YAG レーザ発振器を 2 台と最大平均出力1.5kW のパルス励起 YAG レーザ発振器が 1 台の合計 3 台の YAG レーザビームを光ファイバの入射端で結合し、1本の光ファイバで伝送する大出力 YAG レーザ溶接システムを開発している。正弦波、矩形波、パルス波を組合せた様々なレーザ出力波形が 3 台の発振器の出力を 1 本の光ファイバで結合することにより、加工光学系は従来の小型軽量のものが使用可能となり、多関節ロボット等と組合せて立体形状のフレキシブルな加工が可能にしている。

(2)連続励起発振器の矩形変調波に高いピーク出力を持つパルスビームを重畳した場合の溶込み特性を明らかにし、最適条件では同一平均出力の連続波あるいは矩形波変調波に比べて1.7倍以上の溶込み深さが得られることを確認している。

(3)連続発振器の矩形変調波とパルス発振器のパルス波を重畳した場合のキーホール挙動をX線透視装置により高時間分解能観測し、重畳パルス波形とキーホール挙動との関係を初めて明らかにしている。また、キーホール挙動と金属プラズマ挙動の相関を明らかにしている。

(4)全姿勢溶接におけるキーホール挙動とポロシティ欠陥発生の関係を明らかにし、各姿勢における欠陥発生のない適正パルス波形を確立し、その成果を SUS304ステンレス鋼パイプ（直径267㎜、肉厚 5 ㎜）の全姿勢突合せ溶接に適応し良好な結果を得ている。

以上のように、本論文は、複数台の YAG レーザのビーム結合による高出力化および特殊波形制御技術の開発、各種波形における溶接姿勢とキーホール挙動の相関解明とポロシティ欠陥防止策の確立、および中板厚のパイプの全姿勢溶接への適用性について検討したものであり、機械物理工学および生産加工工学の発展に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。