



Title	光ファイバ伝送による高出力YAGレーザ溶接に関する研究
Author(s)	石出, 孝
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38478
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名 石出 孝

博士の専攻分野の名称 博士(工学)

学位記番号 第 11122 号

学位授与年月日 平成6年2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 光ファイバ伝送による高出力YAGレーザ溶接に関する研究

論文審査委員 (主査) 教授 丸尾 大
教授 松田 福久 教授 松繩 朗 教授 黄地 尚義

論文内容の要旨

本論文は、光ファイバ伝送による高出力YAGレーザ溶接を実用技術として完成させるため、レーザビームの強度解析に基づいて光学系、ファイバ伝送の特性を評価し、さらに伝送したレーザによる溶接現象を調べて、溶接品質確保のためのインプロセスマニタリング技術を開発し、これらの技術を結集して長距離ファイバ伝送によるキロワット級のYAGレーザ溶接を実用化した一連の研究をまとめたもので、緒論、本文5章及び結論から成っている。

第1章は緒論であり、本研究を行うに至った背景と必要性を述べ研究目的を明らかにしている。

第2章では、高出力YAGレーザビームの強度分布を光線追跡に基づく点像強度分布の重ね合わせによって求ることを示すとともに、各種集光光学系を試作しそれぞれの評価を行っている。また光学薄膜解析に基づき、高温状態でも98.5%以上の反射率を確保し得る高反射率金属ミラーを開発している。

第3章では、高出力YAGレーザの伝送用ファイバとして用いられるSI型及びGI型ファイバのビーム伝送特性の溶込み特性をそれぞれ検討し、同じ集光特性の得られる光学系を用いれば、SI型、GI型いずれのファイバでもほぼ同じ溶込み深さが得られることを示している。

第4章では、溶接基本特性としてシールドガスのレーザ誘起プルーム形成状況と、その溶込みへの影響を示すとともに、減圧溶接を実施してプルーム中をレーザービームが通過する際、ビームエネルギーの減衰が生じていることを明らかにしている。さらに、ビーム照射部に生じるキャビティの形状と推定し、キャビティ内でビーム解析を行い、レーザ誘起プルーム内のビームの減衰係数を求めている。

第5章では、溶接品質確保のためのインプロセスマニタリング手法を検討している。ビーム伝送用ファイバの周囲に配列した17本のモニタリングファイバにより、溶接部からの発光の特定波長域の光モニタリングによって、数十ワットレベルの出力変動、焦点位置の変化、及び集光光学系の性能劣化がそれぞれ検出出来ることを述べている。

第6章では、第5章までの各章で述べた要素技術を総合し、重要かつ緊急な応用事例として、原子力発電プラントの蒸気発生器伝熱細管のスリープ補修溶接工事にファイバ伝送によるYAGレーザ溶接の適用を検討している。

その結果、2KWのレーザ発振器から225mの長距離のファイバ伝送を行い、内径17mmのスリープ内面からレーザ溶接することが可能であることを示している。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果は総括している。

論文審査の結果の要旨

CO₂ レーザ、YAG レーザ、あるいはExcimer レーザを用いるレーザ加工技術は、それぞれのレーザの高出力化が進むとともに高度化している。YAG レーザは光ファイバ伝送が可能であることから、ミラー伝送では不可能な狭少空間へのアクセスと加工の可能性が期待されてきた。

本論文は、ファイバ伝送による高出力 YAG レーザ溶接を実用化するに必要な要素技術について系統的に検討し、開発した伝送・集光光学系とモニタリング技術を総合し、原子力発電プラントの蒸気発生細管のスリーブ溶接を達成した一連の研究成果をまとめたもので、主要な成果はつぎのとおりである。

- (1) 高出力 YAG レーザビームの強度分布は点像強度分布の重ね合わせによって求め得ることを示し、実測によって確認している。
- (2) 連続発振の高出力 YAG レーザのビーム品質を考慮すれば、集光可能なファイバコア径は、CI 型ファイバでは 0.55mm、SI 型ファイバでは 0.68mm である。開発した入射光学系の集光ビーム径は 0.53mm で集束可能域に入っていることを確認している。
- (3) ファイバ出射後のビームの溶接用集光光学系（結像倍率 0.375）によって KW 級レーザによるキーホール溶接が可能であることを明らかにしている。
- (4) レーザミラーとして銅を基板とし W/Au/SiO₂/TiO₂ の多層コートによって高温度でも 98.5% を上廻る反射率のミラーを開発している。
- (5) ファイバの耐光強度は SI 型、GI 型とともに $10^{10} \text{W}/\text{m}^2$ 以上、また 200m の長尺ファイバの伝送損失は端面反射を含め、SI 型で 12%，GI 型で 10% であることを実験的に検証している。
- (6) レーザ溶接時に用いるシールドガスによって溶込み深さが変化する。これはレーザ誘起プルームがビームエネルギーを吸収する差異によって生じることを実験的に明らかにしている。
- (7) Si フォトダイオードをセンサとし、レーザパルスオフタイムに 0.94 μm の波長の発光を、パルスオンタイムに 1.06 μm の波長のレーザ反射光をそれぞれモニタリングファイバに取り込み、数十ワットレベルの溶接入熱変動の検出と、レンズ、ミラー面の損傷の検知が可能であることを確認している。
- (8) 上記の一連の要素技術を結集して、原子力発電プラントの蒸気発生器伝熱細管のスリーブ補修溶接工事に適用した。

以上のように、本論文はファイバ伝送による高出力 YAG レーザ溶接の達成に必要な諸要素技術について解明し、溶接現象のモニタリング技術も開発して、原子力発電プラントの蒸気発生伝熱細管のスリーブ補修溶接技術を確立したもので、原子力工業上高く評価されるのみならず、溶接工学および生産加工技術の進歩に寄与するところ大である。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。