The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	厚板大型構造物への高出力レーザ溶接適用に関する研究
Author(s)	下楠, 善昭
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43458
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

【167】

氏　　名	下楠善昭（しもくすよしあき）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17176　号
学位授与年月日	平成14年3月25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	**厚板大型構造物への高出力レーザ溶接適用に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　松縄　朗 （副査） 教　授　宮本　勇　　教　授　池内　建二　　助教授　片山　聖二

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、原子力プラントにおける厚板大型のオーステナイト系ステンレス鋼製圧力容器の溶接品質向上と低コスト化の両立を目的として、高出力レーザ溶接を実用化するために行った開発・検討内容についてまとめたもので、7章より構成されている。

第1章では、本研究の目的、研究課題および構成についてまとめた。

第2章では、高出力CO_2レーザ溶接において、レーザ誘起プラズマ・プルームがレーザ光を吸収、屈折させ溶接に悪影響を与えることを明らかにし、対策として減圧雰囲気溶接法およびプラズマ除去アシストガス溶接法を確立した。さらに、CO_2レーザ用透過光学部品の熱レンズ現象の溶接への影響を明らかにするとともに対策を確立した。

第3章では、7kW級の高出力YAGレーザの光ファイバー伝送を可能にするシステムを確立した。次いで出力のパルス化によって溶接ビード幅が狭くかつ深溶込みが得られる溶接法を確立し、その中でパルス発振の各パラメータと溶込みの関係を明確にした。さらに大型容器への適用のために検討が必要な、溶接姿勢の影響を明らかにするとともに貫通溶接の適正条件についてまとめた。

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、高出力パルスYAGレーザ溶接時のプルーム発生状況とキーホール挙動を観察することにより、プルーム発生状態と溶込み深さの関係、パルス波形とキーホールの成長機構および溶込み深さとの関係を明らかにした。また、溶接欠陥の発生機構を明らかにする中でシールドガスとしてN_2を用いるとキーホール底部で発生する気泡が溶融金属に溶解し溶接欠陥として残存しない現象が起こっていることを明らかにした。

第5章では、レーザ溶接時の品質確保のため、レーザセンサーを用いた開先倣いと溶接部の発光を検出することによる溶接状態のモニタリング手法を開発した。

第6章では、レーザ溶接継手性能が優れていることを明らかにするとともに、圧力容器に適用する場合の溶接技術基準をまとめた。また、原子力関連プラント向けの大型ステンレス鋼製容器の形状を考慮した溶接装置を導入し、実用化を図った例を示した。

第7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

大出力レーザによる溶接は高速・高精度溶接法として注目されているが、産業界における適用は薄板の溶接が中心で中厚板の大型構造物への適用は極めて少ない。その原因は中厚板のレーザ溶接では、ポロシティ等の欠陥発生とプロセスモニタリングの困難さに起因している。

本研究では、まず従来から使用されている大出力炭酸ガスレーザ溶接について、問題となるレーザ誘起プルームと入射ビームとの相互作用の軽減策、および透過光学部品の劣化をモニタリングする手法を確立し、炭酸ガスレーザ溶接の信頼性向上を図っている。次いで、最近高出力化の著しいYAGレーザの中厚板溶接への適用に関し、基本的溶込み特性の解明、ポロシティ欠陥発生機構の解明と防止策の確立、YAGレーザ溶接中のインプロセスモニタリング法の開発を行い、それらの成果を踏まえて最も信頼性を要する原子力関連機器へのYAGレーザ溶接の適用を図っている。得られた成果の要約を次に示す。

(1)炭酸ガスレーザ溶接で溶接品質に影響を与えるレーザ誘起プルームによるビーム吸収について基礎的な検討を加え、アシストガスによるプルーム制御法を確立して溶接品質の向上を図っている。さらに、透過光学系の劣化と熱誘起歪みについて、集光光学系へ入射する直前のビーム径をモニタリングする手法を開発し、常にビーム集光径を一定に保持することにより溶接品質および安定性の大幅な向上を図っている。

(2)高出力YAGレーザによる中厚板の溶接現象については未だ十分に解明されていない。本研究では7kW級、10kW級のYAGレーザを用いて、母材溶融特性を明らかにし、厚板の溶接のためには変調パルスの使用が有効であることを示している。さらに、厚板のレーザ溶接で特徴的に発生するポロシティの発生機構を高速度X線透視観察法で明らかにし、欠陥防止のための適正パルス条件を明らかにすると共に、ステンレス鋼のYAGレーザ溶接では窒素ガスシールドがポロシティ抑制に効果的であることを材料学的に明らかにしている。

(3)光ファイバー伝送によるYAGレーザ溶接において、溶接施工上重要な要素技術であるインプロセスモニタリングについて、CCD画像処理技術によりに開先ギャップ0mmの溶接線を検出できるセンサーを開発すると共に、溶接部の黒体放射および入射YAGレーザ光の反射をモニタリングするファイバー検出器を開発し、レーザ出力を100Wレベルで制御する方法を確立し、溶接施工の安定化および信頼化を達成している。

(4)以上の技術開発をもとに、最も溶接部の信頼性が要求される原子力関連機器の中厚板オーステナイトステンレス鋼にYAGレーザ溶接を適用し、溶接品質および精度に全く問題がないことを実証している。

以上のように、本論文は、厚板大型構造物への高出力レーザ溶接適用について欠陥のない高品質溶接部を得るための要素技術開発を検討し、新技術を実用の原子力関連機器に適用したものであり、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有るものと認める。