



Title	熱交換器伝熱細管のスリーブ補修溶接へのYAGレーザーの適用研究
Author(s)	松本, 長
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38594
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >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 まつ 松 もと 本 おさ 長

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 8 6 2 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 6 月 22 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 熱交換器伝熱細管のスリーブ補修溶接への YAG レーザーの適用研究

論文審査委員 (主査)
教 授 松田 福久

教 授 向井 喜彦 教 授 中尾 嘉邦 教 授 松縄 朗

教 授 小林紘二郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、主として原子力発電プラントの蒸気発生器を対象とし、伝熱細管の損傷部に対するスリーブ補修の信頼性向上と高能率化を図るために、高出力の YAG レーザービームを光ファイバで伝送し、狭隘な伝熱細管内で溶接するための技術開発を行い、レーザスリーブ溶接技術を世界で初めて完成し、実用化したものであり、緒論、本文4章および総括から構成されている。

第1章は緒論であり、伝熱細管保守の重要性、従来の補修対策と問題点および本研究の必要性を示し、本論文の研究目的および範囲を述べている。

第2章では、大出力 YAG レーザビームを光ファイバによって約225m 離れた位置に、総合伝送損失約35%で伝送し、溶接に利用できることを明らかにしている。また、レーザビーム溶接（以下、レーザ溶接）をスリーブ補修に適用した場合の特徴を明らかにしている。

第3章では、レーザ溶接の基本溶接条件および伝熱細管とスリーブに対する溶接施工条件を検討し、レーザ出力パターンとしては平均出力の低減および溶込み深さの増大等の点から、矩形波のパルス出力が適していることを明らかにしている。また、熱伝導論的計算と実験によって溶接施工の合理的な条件を求め、焦点位置、伝熱細管とスリーブとの隙間等、実際の溶接での問題点と対策を明らかにしている。

第4章では、レーザ溶接における気孔およびスパッタ等の発生に及ぼすシールドガスの影響および溶接割れに及ぼす燐 (P)、硫黄 (S) 等の不純物元素の影響を検討している。その結果、気孔の発生はシールドガスに N_2 ガスのように溶接金属に溶解あるいはそれと反応するガスを使用することによって防止できること、および溶込み深さは O_2 ガスの添加によって大きくさせることができるが、スパッタの発生が著しくなるため、その添加量は約2%以下にすべきであること等を明らかにしている。また、溶接割れを防止するために必要な不純物元素 (P, S, P+S) 含有量の制限値を明らかにしている。そして、それらの理由について材料学的に考察を行っている。

第5章では、レーザスリーブ溶接継手の性能および健全性を明らかにしている。また、レーザスリーブ溶接を実際の原子力プラントの蒸気発生器伝熱細管の保守施工に実用化した実施例を示し、本施工技術の信頼性と安全性が極め

て高いことを明らかにしている。

第6章は総括であり、本研究で得られた主な結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

原子力発電プラント等の熱交換器における伝熱細管のスリーブ補修溶接の信頼性と施工能率の向上は、熱交換器そのものの信頼性と性能の確保、また施工に従事する人体への被爆低減等の面で極めて重要な課題である。

本論文は、熱交換器伝熱細管のスリーブ補修へのレーザ溶接の適用について、適用の構想から実用化までの多くの課題について検討を行い、光ファイバで伝送された YAG レーザビームによる溶接の実用化についての研究をまとめたものであり、得られた成果を要約すると次のようである。

- (1) 高出力 YAG レーザビームを小径（直径約0.6mm）の光ファイバで伝送するための検討を行い、入射、加工等の光学機器の開発によって、約225m の距離を少ない伝送損失で伝送できる技術を開発している。
- (2) 光ファイバで伝送された 2 kW 級 YAG レーザビームを使用した場合の溶接基本条件を熱伝導論および実験により検討し、最適溶込み深さおよびスパッタの発生低減等の面から、適正なレーザ出力パターンを明らかにしている。
- (3) レーザ溶接における気孔発生防止の検討を行い、気孔発生にはシールドガスの種類が大きく影響し、ガスと溶接金属との反応性の観点から N_2 ガスの有効性を検証している。さらに、ニッケル合金600および690合金のレーザ溶接における割れ発生と不純物元素（P, S）の影響を検討すると共に、その実用限界値を明らかにしている。
- (4) 開発したレーザスリーブ補修溶接技術は、既に多数の実用の原子力プラントに適用されており、大きな成果を上げていくと共に、その信頼性が極めて高いことを確証している。

以上のように、本論文は熱交換器伝熱細管損傷部の補修のため、レーザ溶接の適用について系統的に検討し、光ファイバで伝送された高出力 YAG レーザビームの狭隘部の溶接への適用について、新しい技術を世界で初めて確立しており、その成果は溶接工学ならびに加工技術の発展に貢献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。