

Title	レーザスポット溶接時におけるインプロセスモニタリングとレーザ適応制御に関する研究
Author(s)	川人, 洋介
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46012">https://hdl.handle.net/11094/46012</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	川 人 洋 介
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 19648 号
学位授与年月日	平成 17 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	レーザスポット溶接時におけるインプロセスモニタリングとレーザ適応制御に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 片山 聖二  (副査) 教授 三好 隆志    教授 中田 一博    助教授 阿部 信行

### 論 文 内 容 の 要 旨

レーザ溶接は、自動車産業、エレクトロニクス産業などの日本の基幹産業で幅広く使用され、更なる展開が期待されている。しかしながら、今後のユビキタス社会や環境・省エネルギーの観点から社会的な要請が期待されるアルミニウム合金や純銅などは、高反射率、高熱伝導性を有し、レーザ溶接品質の安定維持が難しい。

この重要な課題に対し、個々の接合箇所について、レーザ溶接中の反射光、熱放射光などの信号により、溶接状態をリアルタイムでモニタし、そのモニタ信号に基づいて、レーザ照射時間およびレーザパワーを、自律的に最適な状態に安定維持するレーザ溶接プロセスの知能化が有効であると考えられる。

本論文では、レーザ溶接プロセスの知能化において重要であるインプロセスモニタリングとレーザ適応制御についての基礎的な知見を得ることを目的とした。また、対象となる溶接プロセスは、これまで研究がなされていなかったパルスレーザによるマイクロスポット溶接とした。

第 1 章は、本研究の背景、研究の目的および本論文の構成についてまとめた。

第 2 章では、本研究で用いた供試材料および実験装置についてまとめた。

第 3 章では、異なる厚さのアルミニウム合金薄板のレーザマイクロスポット重ね部分溶込み溶接について検討を行った。インプロセスモニタリングとして、溶接中の反射光および熱放射光は、熔融状態および穴欠陥の発生をリアルタイムでモニタでき、特に熱放射光は、せん断接合強度を推測できることがわかった。さらに、熱放射光に基づく適応制御の結果、穴欠陥による未接合を防ぎ、適応制御しない場合に比べ、接合強度の標準偏差も 1/3 程度に低減し、適応制御の有効性を示唆できた。

第 4 章では、アルミニウム合金の薄板同士の貫通溶接について検討を行い、溶接パラメータの範囲での変更だけでも、溶接プロセスが大きく変わり、インプロセスモニタリング信号も適切に選択する必要があることが判明した。適応制御としては、アルミニウム合金薄板の貫通溶接において、裏面の熔融部径の不足、貫通穴欠陥、接合部重ね部の膨れや中央部の窪みなど、実際生産現場で起こりうる欠陥や課題について、適応制御法が有効であることが確認された。

第 5 章では、純銅薄板の貫通溶接について検討し、熔融部径と反射光および熱放射光との相関を見出し、反射光と熱放射光は純銅のレーザマイクロスポット溶接時の不安定性と顕著に対応することがわかった。さらに、反射光と熱放射光に基づく適応制御を実施した結果、200 サンプルに対し、すべてのサンプルで貫通溶接ができ、熔融部径の標

準偏差も半分に低減し、その有効性を示唆することができた。

第6章では、以上の研究成果をまとめ、本論文の総括を行った。

### 論文審査の結果の要旨

高品質なレーザ溶接の実現には、レーザ溶接時のインプロセスモニタリングと適応制御技術の開発が非常に重要である。しかしながら、レーザ溶接時のインプロセスモニタリングについては、溶接プロセス現象とモニタリング信号との相関について基礎的な知見が明らかにされつつあるが、実際のレーザ加工ラインで実用化された例は少ない。また、適応制御技術については、研究が開始なされた状況にある。そのような現状で、本論文は、照射時間が短いパルスレーザにおいて、溶接プロセス現象とインプロセスモニタリング信号との相関を明らかにし、それに基づいてレーザの適応制御を行い、常時、欠陥のない機械的特性の良好な溶接接合部の作製が可能であることを明らかにし、パルスレーザ溶接時の適応制御の有効性を世界で初めて示したものである。主な成果は、下記の通りである。

- 1) 難加工材料であるアルミニウム合金のレーザマイクロスポット重ね部分溶込み溶接において、溶接中の反射光および熱放射光は、インプロセスモニタリングとして、溶融状態および穴欠陥の発生をリアルタイムでモニタでき、有用であることが明らかにされた。特に、熱放射光は、せん断接合強度と相関があることが示された。そこで、熱放射光に基づく適応制御を行い、穴欠陥による未接合を常に防止可能であることを示し、さらに、適応制御しない場合に比べ、接合強度の標準偏差も 1/3 程度に低減でき、適応制御の有効性が明示された。
- 2) アルミニウム合金の薄板同士の貫通溶接において、溶接パラメータの範囲での変更だけでも、溶接プロセスが大きく変わり、インプロセスモニタリング信号も適切に選択する必要があることが明らかにされた。また、パルス照射時間の適応制御法により、裏面の溶融部径の不足、貫通穴欠陥の発生、接合部重ね部の膨れや中央部の窪みの形成など、実際生産現場で起こりうる溶接欠陥が防止でき、本研究でのインプロセスモニタリングに基づく適応制御法が有効であることが示された。
- 3) 難加工材料である純銅薄板のレーザマイクロスポット貫通溶接において、溶融接合部径と反射光および熱放射光との相関を見出し、反射光と熱放射光の信号とも溶接時の不安定性と顕著に対応することが明らかにされた。そして、反射光と熱放射光に基づく適応制御をニューラルネットワーク手法により実施した結果、200 サンプルすべてに対して良好な貫通溶接ができ、溶融部径の標準偏差も半分に低減し、その有効性が示された。

以上のように、本論文は、レーザスポット溶接時におけるインプロセスモニタリングと適応制御に関して、信号の重要な知見を溶接現象と対応させて明確にし、それに基づいて適応制御を行い、常に良好な溶接部の作製が可能であることを示し、レーザ溶接の更なる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。