

氏名	Mohd Idris Shah Bin Ismail
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4554号
学位授与の日付	平成24年 3月23日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Micro-welding of Engineering Materials by High Brightness Lasers (高輝度レーザーによる工業材料の微細溶接)
論文審査委員	教授 岡田晃 教授 塚本眞也 教授 藤井正浩

学位論文内容の要旨

As the laser micro-welding is pushed to its limits in new and unique applications, this research work investigates into the anatomy of micro-welding on engineering materials by high brightness lasers. It consists of six chapters, and the contents of each chapter are briefly described as follows:

Chapter 1 introduces the research background and motivation. The laser-material interaction, mechanisms and applications of laser welding are described. This chapter also outlines the objective and scope of research work.

Chapter 2 presents the temperature field induced by laser micro-welding in thin steel sheet using numerical simulation. A three-dimensional finite element model is developed to simulate dynamically the laser micro-welding process, which gives considerable insight into the thermal profile in the weld pool. The numerical model can calculate the temperature distribution and predict the weld bead geometry. In order to validate the numerical model, the micro-welding of a thin stainless steel sheet is experimentally investigated using a single-mode CW fiber laser with the high-speed scanning system on the bead-on-plate welding condition.

As an extension of numerical simulation, Chapter 3 presents the thermal deformation of thin stainless steel sheet in the laser micro-welding. The investigations has been made to advance the fundamental insight into the complex thermo-mechanical phenomena in the laser micro-welding. A thermo-mechanical modeling is developed to simulate the stress-strain distributions and deformation in the laser micro-welding. The experimental work is parts to measure the welding deformation and characterizing the influence of specific welding conditions on the deformation. The discussion of the computational modeling results includes the comparison with the experimental results.

Chapter 4 presents the investigation of dissimilar micro-welding in copper of flexible printed circuit (FPC) and brass by pulsed Nd:YAG laser. The weld behavior for both materials are studied experimentally and numerically using the control of pulse waveform, which can provide a well-directed controlling of the heat input with the high energy density. In addition, the shearing strength was evaluated with and without the control of pulse waveforms. The potential benefits of pulse waveform are discussed and provides insight into the direct laser micro-welding process.

Chapter 5 presents the investigation of micro-welding in super thermal conductive composite by pulsed Nd:YAG laser. The experimental work was carried out in two sections, namely the bead-on-plate welding and the overlap welding. This chapter also discusses the proper heat input by numerical model, which is used to simulate the temperature distribution in the weld zone. These investigations have led to an optimum welding condition proposed for a pulsed laser welding with minimum weld defects. The weld strength is also evaluated by a shearing test for the overlap welding with and without the control of pulse waveform.

Chapter 6 completes this thesis with the conclusion derived from this study.

論文審査結果の要旨

本論文は、溶接が難しい金属極薄板や高性能材料の微細レーザ溶接に関する研究である。

まず、微細レーザ溶接特性の理解のために、薄いステンレス鋼板のCWレーザ微細溶接時の温度、応力、ひずみ、および変形場について実験での検証を行いながら、数値解析を利用した理論的な解明がなされた。そして、キーホール効果を考慮した表面熱源と体積熱源を組み合わせた3次元有限要素法モデルを新しく提案し、溶接時の温度分布を高精度に表現することに成功するとともに、レーザパラメータが温度場と溶接ビードに及ぼす影響を解明している。また、溶接変形に対しても熱と構造モデルの2段階での解析を行い、応力場と変形の相関を解明し、熱応力や溶接変形の予測を可能としている。

次に、パルスNd:YAGレーザを用いたポリイミドフィルムと薄い銅の回路で構成されるFPCと真鍮配線のオーバーラップレーザ溶接が検討された。その結果、パルス波形により溶接領域温度を制御でき不安定なプロセスを回避できること、パルス波形による予熱効果によって吸収率を大きくできること、最適ポストヒーティング波形により溶接欠陥のない精密な接合継手が可能となった。これにより、従来困難であったFPCと真鍮配線のオーバーラップレーザ溶接において高いせん断強度を得ることに成功した。さらに、超熱伝導性アルミニウム-グラファイト複合材に対する微細溶接についても検討がなされ、パルス波形制御が溶接欠陥の解消と接合強度増加に効果を示すことが確認された。

以上のように、従来困難であった金属極薄板や高性能材料の微細レーザ溶接における温度分布や応力分布を理論的に明らかにするとともに、実験によってそれを検証している。そしてパルス波形の制御によって実際に溶接困難な材料の高品位なレーザ微細溶接に成功している。これらの結果は、工学的ならびに工業的に大きく貢献できたものと考えられる。よって博士(工学)の学位に値するものと判定する。