

< 2 > 新規産業開発研究

< 2 - b > 地域産業育成探索 / 実証研究

地域光産業振興に関する研究

小テーマ：加工 アルミニウム合金材のレーザー溶接実用化に関する研究

研究従事者：浜松工業技術センター 主任研究員 渥美博安

(1) 研究の概要、新規性及び目標

研究の概要

輸送用機械等の省エネルギー化のため、部品の軽量化対策などで使用量が、さらに拡大すると予測されるアルミニウム材料のレーザー溶接について、その技術的課題を探ることを目的とする。アルミニウムは、光の反射率や熱伝導率が高く、空気中で表面の酸化皮膜が形成しやすいなど、加工が難しい材料といわれている。レーザーによる溶接加工においても、光の反射率の影響をいかに解決するかが、技術的な課題となる。レーザーの出力や波形制御などの技術によって、良好な接合の可能性を探る。ここでは、半導体レーザー（ $\lambda = 808\text{nm}$ ）を使用し、3種のアルミニウム合金材（A1050, A5052, A6063）の溶接性についての課題を追求する。

研究の独自性・新規性

アルミニウム合金材の種類と用途は多様であり、アルミニウム材のレーザー加工は、まだ実用化のための技術課題も多く、レーザーの出力制御技術や良好な接合状態を達成する照射条件の探索や施工法の検討が必要となっている。ここでは、加工用レーザーとして、今後、普及が進むであろう半導体レーザーを対象とする溶接技術を追求する。

研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）

アルミニウム合金材のレーザー溶接における技術的な課題として、レーザーによる熱の伝達状況、突合せ溶接試験における接合強度（引っ張り強度）および溶接部分の内部形状などを確認して、溶接特性を考察する。

(2) 研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）

- 1) 各種アルミニウム合金に対するビードオン試験を行った。
- 2) 各種アルミニウム合金に対する突合せ溶接試験を行った。
- 3) 突合せ溶接試験試料の強度試験を行った。

1. 方法

レーザー出力3kWの高出力半導体レーザー加工機（独：レーザーライン社製 図1参照）を使用してアルミニウム合金材料に対して、ビードオン試験、突き合わせ溶接試験を行った。

表1に示すとおり、レーザー加工機から照射されたレーザー光は、集光レンズにより約 $2\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ の長方形のスポットに集光される。レーザー照射中は、加工部へ不活性ガスであるアルゴンガスを吹き付けてシールドを行った。

ビードオン試験は、縦100mm、横50mm、厚さ10mmのアルミニウム合金の板材（A1050、A5052、A6063）を使用し、レーザー照射後、加工部の切断面から溶込み深さを測定した。突合せ溶接試験は、縦150mm、横50mm、厚さ1.2mmの板材（A1050、A5052）に対して溶接を行った後、引っ張り試験機により引っ張り強度を測定した。



表 1 試験条件

使用機器	3kW 高出力半導体レーザー加工機 (レーザーライン社)
光学系	ダイル外照射 (レンズ F=100)
ビームサイズ	約 2mm × 0.3mm
シールドガス	アルゴン 20 l/min
加工速度	0.12 ~ 3 m/min

図 1 高出力半導体レーザー加工機

2. ビードオン試験結果

図 2 に、ビードオン試験を行った試料の外観を、図 3 に、各試料の加工部の切断面を研磨、エッチング処理を行った後に、溶込み形状を顕微鏡観察した結果を示す。半円形の溶込み形状であることから、キーホール型ではなく、熱伝導型の加工が行われたことが分かった。

試料への溶込み深さは、図 4 に示すとおり、最大で約 0.6mm が得られ、A5052、A1050、A6063 の順に溶け込み易くなっていた。ただし、本試験で使用した試料は、表面の酸化皮膜の除去を行わなかったため、酸化膜の有無により、溶込みの試験結果は、かなり影響を受けたものと考えられる。



図 2 ビードオン試験試料
(A1050)

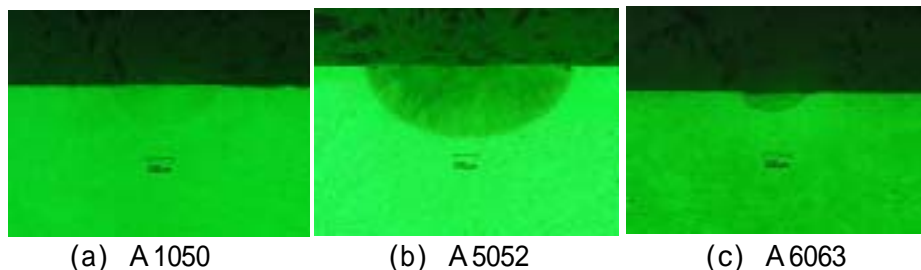


図 3 ビードオン試験試料断面
(加工速度 1.2m/min)

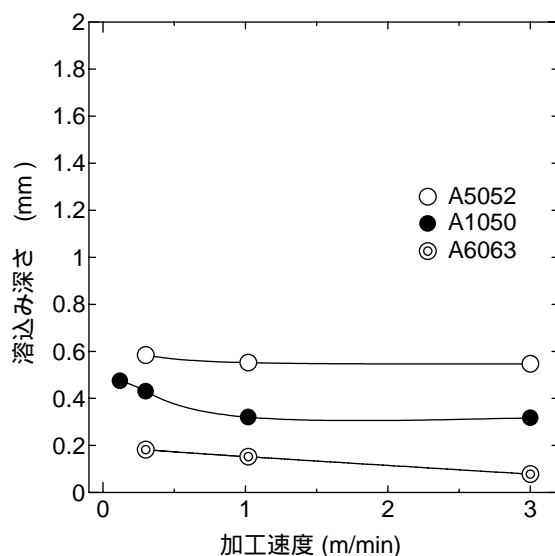


図 4 溶込み深さ計測結果

3. 突合わせ溶接試験結果

図5に、突合わせ溶接試験後の試料に対して、引っ張り強度試験を行った結果を示す。A1050の試料は、加工速度 1.2m/min の時に、母材に対して 80%以上の強度が得られたが、それ以外の試料では、実用上、十分な強度が得られなかった。

溶接部の断面の溶込みを観察した結果、強度が低い試料は、接合部分に穴（ブローホール）が形成されるため、強度が低下することが分かった（図6、図7）。

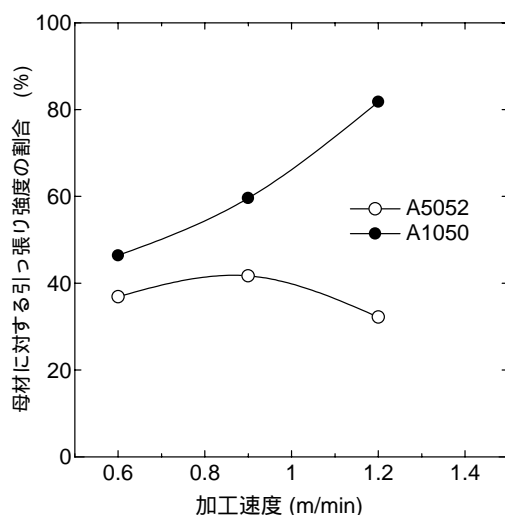


図5 引っ張り強度試験結果

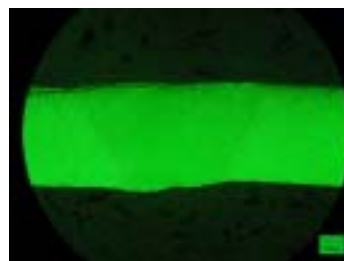


図6 接合強度が高い試料 (A1050 速度 1.2m/min)



図7 接合強度が低い試料 (A1050 速度 0.9m/min)

4. まとめ

アルミニウム合金に対して、高出力半導体レーザー加工機を使用すると、外観の良い溶接が可能であるが、接合部のブローホールの発生を抑え、十分な接合強度を得るためには、他のレーザー溶接と同様、レーザ出力や加工速度などの加工条件を最適化する必要があることが分かった。

高出力半導体レーザー加工機は、他の汎用レーザーと比べて非常にコンパクトで、電力も少ないことから、今後、製造業界に広く普及して行くと思われる。

(3) 主な成果

具体的な成果内容：

半導体レーザーによる入熱を断面形状からみると、従来のレーザー（YAG、炭酸ガス）がキーホールと呼ばれる鋭い伝熱型であるのに対し、試験材料の表面に横にも広がる浅い入熱であることが分かった。また、アルミニウム合金材の種類により、その深さはマグネシウムの含有が多いA5052系が最も入熱がよく、A1050、A6063と続く。突合せ溶接では、試験した加工速度が最大1.2 m/minの時、A1050材で母材の80%以上の強度を示したが、その他は30～40%の強度であった。この結果から、さらにレーザーの出力と加工速度などの条件の最適化が必要であることが分かった。

(4) 研究成果に関する評価

1. 国内外における水準との対比

半導体レーザーによるアルミニウム材の溶接は、板厚、レーザー出力と加工速度などの試験のチャンピオンデータが公開されている状態である。また、半導体レーザー装置そのものが、あまり自由に使用できる状況にはなく、メーカーおよび販売代理店が試験データを蓄積している程度で、本研究の成果も、ほぼ同程度の水準にあると思われる。

2. 実用化に向けた波及効果

本研究の成果を活かし、講習会や実習会等を通じて、半導体レーザーによる加工技術の普及に努める。

(5) 残された課題と対応方針について

まだ、従来レーザーとの優位性や他の溶接法との優位性が確認できていないため、将来的な部分（安価、堅牢、小型などへの期待）には、強い関心が持たれているようである。