

高品位リサイクルアルミ合金の活用と厚肉アルミ構造部材の 高効率加工技術の開発

製品・機能評価課 寺澤孝志

一般社団法人富山県アルミ産業協会 大脇 桂*1、八田正人*2、岩坪日佐夫*2、橋本清春*2、坂 裕*2、中島 博*2、
砂 博信*2、野原昌志*2、中川かおり*2、北村 隆*2、菊地淳史*2、石川将行*2、福山雅典*2、越後秀之

1. 緒言

SDGsの実現に向けた脱炭素や省エネルギー、循環型経済の要請により、社会インフラや輸送機器では軽量材料として、機能性材料としては銅の代替材料として、薄板から厚板までのアルミニウム合金の需要が高まっている。

しかし、接合技術においては課題がある。アルミニウム合金は鉄鋼材料と比較し、冷却速度が速く局所的な加熱が難しい、融点が低く溶け落ちが発生し易い、溶接歪が大きく修正が難しいなど、溶接接合の難易度が高い。加えて、アルミニウム合金の普遍的な溶接技術である従来のアーク溶接法 (TIG・MIG・プラズマ) は、溶接入熱の大きさや品質管理の難しさなどがあるため、適用にあたっては様々な工夫を必要としてきた。

ところで、レーザーアークハイブリッド溶接 (以下ハイブリッド溶接と記載) は、一般的に低入熱な深溶込み溶接が可能であり、これまで鉄鋼材料に関してはさまざまな実用化の実績がある。一方、アルミニウム合金のハイブリッド溶接の適用は行われておらず、中板(板厚 5mm) 以上の研究の報告書等は見られない。

本研究では、アルミニウム合金へのハイブリッド溶接の適用を目標として各種の板厚の施工に取り組み、溶接変形を評価した。その結果を記す。

2. 開発内容

2.1 使用機器

ハイブリッド溶接試験の状況を図1に示す。

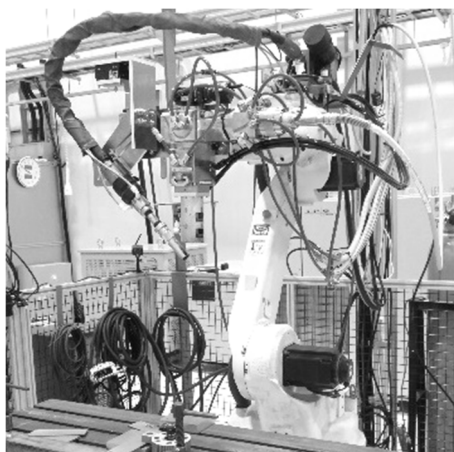


図1 ハイブリッド溶接試験の状況

IPG フォトニクス製の出力 40kW ファイバーレーザー発振器 YLS-40000-C (図2) およびダイヘン製の MIG 溶接電源 WB-P500L を用いた。レーザー加工ヘッドは IPG フォトニクス製の FLW-D50 を使用した。



図2 ファイバーレーザー発振器

2.2 基本条件の選定

A6061 材の板厚 $T=3\text{mm}$ から $T=20\text{mm}$ を対象に、ハイブリッド溶接条件の選定に成功した。マクロ組織観察の結果を図3に示す。

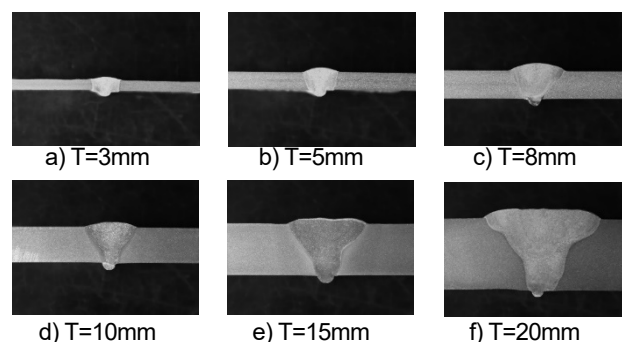


図3 ハイブリッド溶接のマクロ組織観察

すべて1開先の1パス溶接、レーザー出力は 10kW 以下で実現した。前述した通り、アルミニウム合金は局所加熱が難しい物性を有するため、単純にレーザーを高出力化して深溶け込み溶接を狙っても、溶接が成立しないほど溶接現象が不安定になる問題があった。アルミニウム合金の物性による溶融と凝固に適した溶接が重要であると見出し、レーザー光を走査して照射する方法などによって解決を図った。

*1 (一社)富山県アルミ産業協会 軽金属接合研究会 技術アドバイザー、*2 同研究会 会員

2.3 溶接変形の計測

図3に示す板厚 T=3mm から T=20mm のハイブリッド溶接の溶接変形を計測した。板厚 T=10mm と T=20mm については、従来技術である MIG 溶接の溶接変形と比較した。300mm×300mm の試験体の突合せ部を溶接、溶接前と比較して横収縮量および角変形量を計測した。溶接条件は表1の通りとした。横収縮量は試験体表面に打刻したポンチ間の距離をノギスによって計測し、各変形量はミットヨ製三次元測定機(型式: LEGEX574)を用いて計測した。

表1 ハイブリッド溶接と MIG 溶接条件

板厚	溶接方法	パス数	合計入熱 (kJ/cm)
T=10mm	MIG 溶接	3	18
	ハイブリッド溶接	1	15.9
T=20mm	MIG 溶接	8	66.3
	ハイブリッド溶接	1	48.7

ハイブリッド溶接の横収縮量の結果を図4に示す。板厚 (=溶接入熱) に対して概ね線形の関係が見られた。

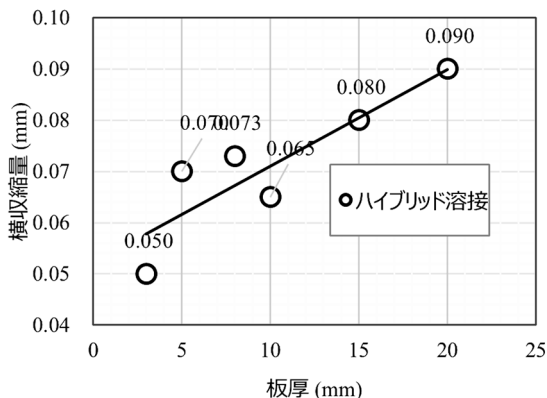


図4 横収縮量 (ハイブリッド溶接)

MIG 溶接と比較した結果を図5に示す。

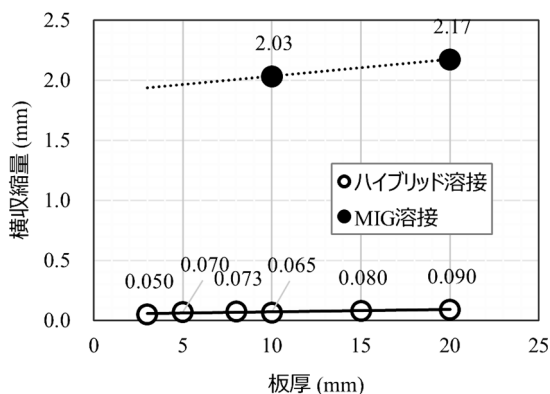


図5 横収縮量 (ハイブリッド溶接と MIG 溶接)

ハイブリッド溶接の横収縮量が約 0.01mm に対し、MIG 溶接は約 2.0mm と、ハイブリッド溶接は 95%程度の低減効果があった。

角変形量の結果を図6に示す。ハイブリッド溶接は板厚 T=3mm から T=10mm まで、板厚 (=溶接入熱) に対して概ね線形に増加するが、板厚 T=10mm を超えると T=20mm までは線形に減少した。ピークである板厚 T=10mm においては、MIG 溶接と比較すると低減効果は 20%程度あり、板厚 T=20mm では 95%程度の低減効果があった。

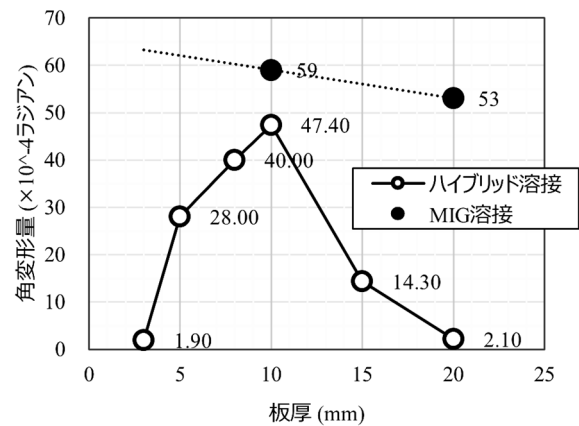


図6 角変形量 (ハイブリッド溶接と MIG 溶接)

3. 結言

アルミニウム合金へのハイブリッド溶接の適用を目標として各種の板厚の施工に取り組み組んだ。最適な溶接条件を見出すことで、板厚 T=3mm から T=20mm に対してハイブリッド溶接条件の選定に成功した。

また、従来技術である MIG 溶接と比較して溶接変形を評価した結果、横収縮量は 95%程度の低減効果があった。角変形では、板厚によって 20%から 95%程度の低減効果があった。

追記

本共同研究は、企業間連携を通じ加速的な製品化を進めるため、富山県産業技術研究開発センターの「オープンイノベーション・ハブ プロジェクト室」を利用して実施した。