交流パルスＭＩＧ溶接機のステンレスへの応用試験

田宮 宏一*　鈴木　正幸*　石川　淳*

ApplicationofACpulseMIGweldingtechnologytostainlesssteel

TAMIYA Kouiti,　SUZUKI Masayuki　and　ISHIKAWA Atsushi

抄　録

交流パルスＭＩＧ溶接機を用いて、ステンレス薄板（１～３mm）の溶接試験を行った。ビードオン溶接、突き合わせ溶接試験により溶接条件の把握を行い、応用試験として重ねスミ肉溶接試験を行った結果、２mmのギャップまでの溶接が可能な条件が得られた。

１．緒言

世界的な環境問題対策の一環として、自動車産業を中心に各種構造物や部品の軽量化が進んでいる。ステンレス製の鉄道車両においても軽量化のための薄板化が図られている。しかし、溶接組立を基本とする車両製作においては薄板化に伴い、ひずみや熱影響の問題が大きくなり、溶接品質の確保、維持が重要となってきている。

そこで母材への溶け込みを制御でき、溶接の溶け落ち防止や大ギャップへの対応可能という点でアルミニウムの薄板溶接で使用されている交流パルスＭＩＧ溶接について、ステンレス薄板に対する適応性の評価と加工データの収集を行った。

２．使用溶接機

本実験で使用した溶接機は㈱ダイヘン製パルスＭＩＧ溶接機（デジタルACウェーブ200）である。特徴として、図１に示すようにパルス状の溶接電流の一部をマイナスに切り替え、さらにプラス部分とマイナス部分の面積比を変化させることにより、母材への溶け込み量を制御できる。

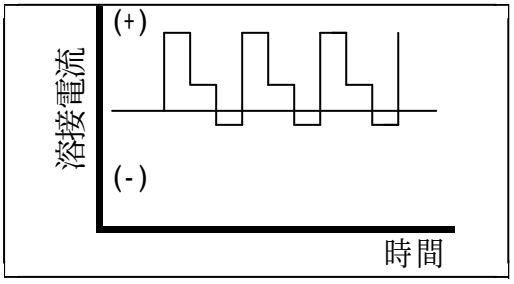


図１　溶接電流波形

また、溶接装置は図２に示すように溶接トーチ部分を自走式台車に固定し、溶接加工状態が一定となるようにした。

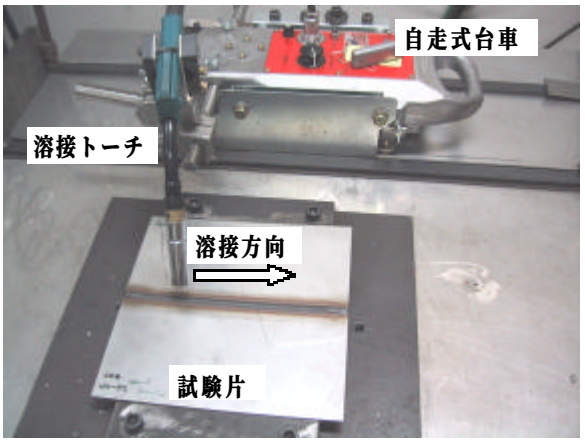


図２　溶接装置外観

３．溶接実験

供試材としては SUS304と SUS301L-LT を用いた。板厚は1.0、1.5、3.0mm とした。溶接実験はビードオン溶接、突き合わせ溶接、重ねスミ肉溶接を行なった。

３．１　ビードオン溶接試験

表１に示すとおり溶接電流ならびに溶け込み条件を変化させて溶接試験を行い、溶け込み状態、ビード形状の観察を行い、各供試材に対する最適

*下越技術支援センター

表１　ビードオン溶接試験条件

試験片	SUS304 / SUS301L-LT (250×50)		
板厚 mm	１．０	１．５	３．０
溶接電流	40～80	70~110	120~160
溶け込み条件	浅い	標準	深い
溶接速度 cm/min	75		60
チップー母材間距離 mm	10		15
トーチ角度	75°・ 90°		
ワイヤ	WEL MIG 308L 1.0φソリッドワイヤ		

な溶接条件の選定を行った。なお、溶け込み条件の設定については溶接機本体のスイッチの切り替えることにより、溶接電流波形を変化させ、制御を行っている。

図３に溶け込み条件を変えた場合の溶接電流波形ならびに溶け込み状態の観察写真を示した。溶け込み条件を浅くすると溶接電流波形のマイナス側の面積割合が大きくなり、深くすると波形がプラス側にシフトしているのがわかる。

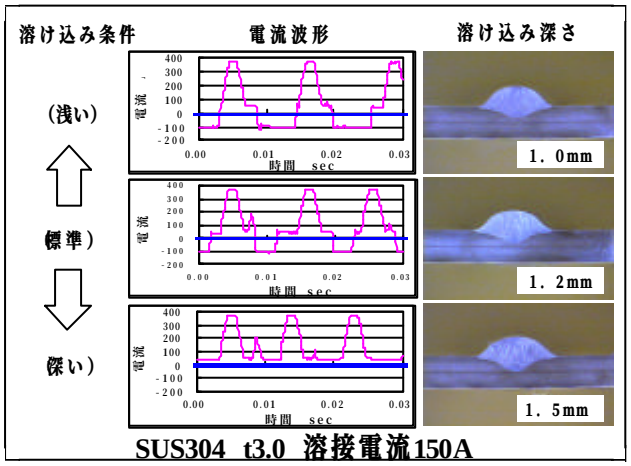


図３　溶接電流波形と溶け込み深さ

３．２　突き合わせ溶接試験

表２に示す条件にて、突き合わせ溶接を行い、試験片に裏波ビードが出る完全溶け込みの試験片を作成し、引張試験、曲げ試験、組織観察、硬さ測定を行い、溶接状態の評価を行った。

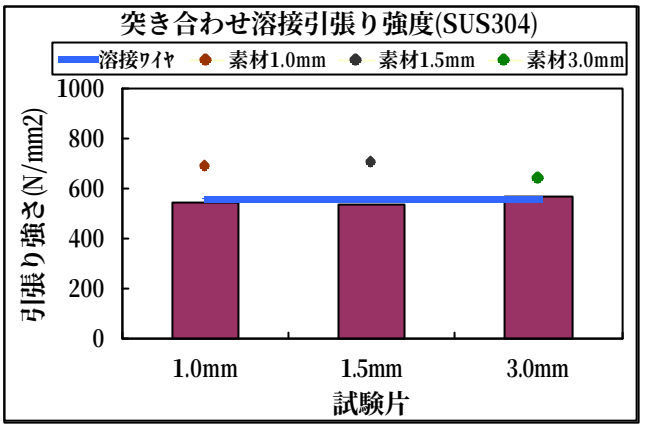
表２　突き合わせ溶接試験条件

試験片	SUS304 (150×250)			SUS304 (150×250)		
板厚 mm	１．０	１．５	３．０	１．０	１．５	３．０
溶接条件	60－5	100－5	150－5	60－5	100－5	150－5
溶接速度 cm/min	55	50	40	50	45	40
チップー母材間距離 mm	10		15	10		15
トーチ角度	75°・ 90°					
ワイヤ	WEL MIG 308L 1.0φソリッドワイヤ					
ガス (混合ガス)	Ar 98% O2 2% 流量 15ℓ/min					

３．２．１　引張試験、曲げ試験

突き合わせ溶接試験片から引張試験片を作成し、250kN オートグラフにて引張試験を行った。

図４に試験結果を示した。なお、破断位置は全て溶接金属部であった。この結果より、溶接試験片は素材の強度より低いが、ワイヤ強度と同等もしくはそれ以上の強度を有しており、強度的には問題ないと言える。



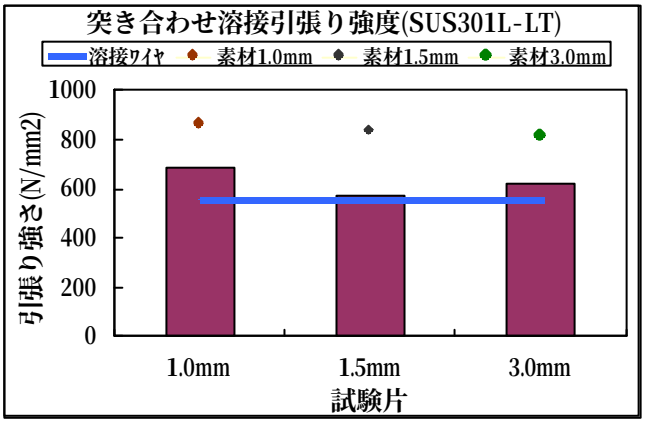


図４　突き合わせ溶接　引張試験結果

なお、曲げ試験についても全ての試験片で表・裏曲げともに欠陥は見られず、良好な溶接であることが確認できた。

３．２．２　組織観察

溶接部の金属組織観察を行った。その一例を図５に示す。通常 SUS304、SUS301L-LT の溶接においてはフェライト・オーステナイト凝固形態となる。図５に示した組織はフェライト・オーステナイト凝固組織といえ、正常な金属組織であった。

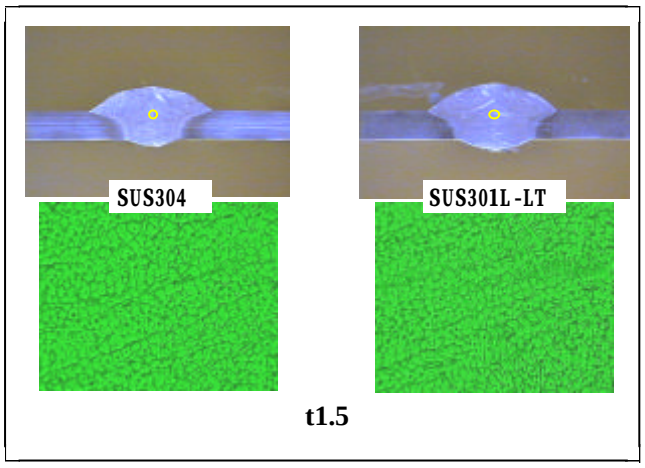
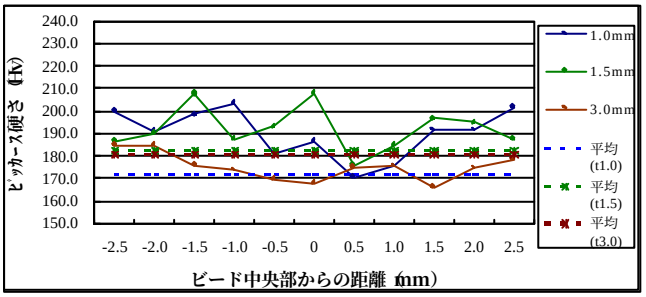


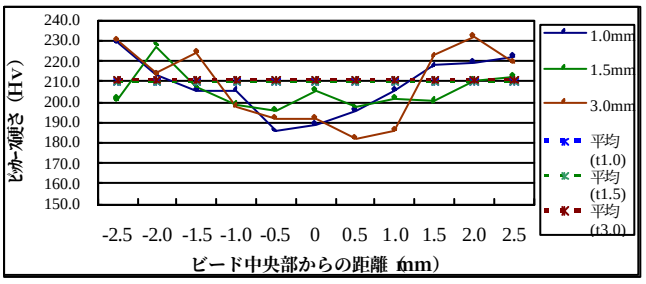
図５　突き合わせ溶接試験片の金属組織

３．２．３　硬さ試験

溶接試験片を樹脂埋め込み後研磨して、板厚中央部をマイクロビッカース硬度計にて硬さ試験を行った。図６に溶接ビード中央部からの硬さ分布測定を行った結果を示す。SUS304についてはバラツキの範囲で傾向は見られないが、SUS301L-LT については溶接金属部が低い値となっている。これは SUS301L-LT 材が元々熱処理後さらに冷間圧延して強度を高めている調質材のため、溶接時に母材が溶融されることにより強度が低下したためと考えられる。



SUS304



SUS301L-LT

図６　突き合わせ溶接　硬さ試験

３．３　重ねスミ肉溶接試験

鉄道のステンレス車両の屋根溶接への適用を想定して重ねスミ肉溶接試験を行った。図７に示すように鉄道車両屋根板は、1.5mm の下板に0.6mm の屋根波板を重ねて、全長にわたり溶接を行っている。しかし屋根波板は折り返しがついて板厚が変化しているため、現在は２回に分けて溶接を行っている。これを交流パルス MIG 溶接により１回の溶接で行うことにより、ひずみや熱影響を減少させ、品質の向上を図ることを目標としている。

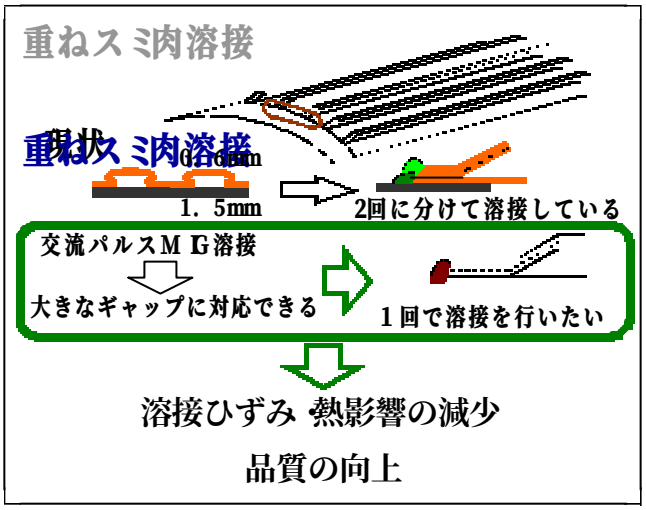


図７　実作業への適用の概念図

実験は1.5mm の下板に0.5mm の上板を任意のギャップ量で設置して表３に示す条件にて重ねスミ肉溶接を行った。ギャップ量を0mm から0.5mm づつ増加させて溶接を行ったところ、図８に示すとおりギャップ量2.0mm まで溶接可能であった。
溶接状態の確認は引張試験、組織観察、硬さ試験を行った。

表３　スミ肉溶接条件

試験片	SUS304（240×50　t0.5、1.5）
ワイヤ	WELMIG 308L 1.0φソリッドワイヤ
溶接条件	６５－２
溶接速度	15mm ／ min
ガス	Ar 98%、O2 2%　流量15L/min
溶け込み調整	浅い

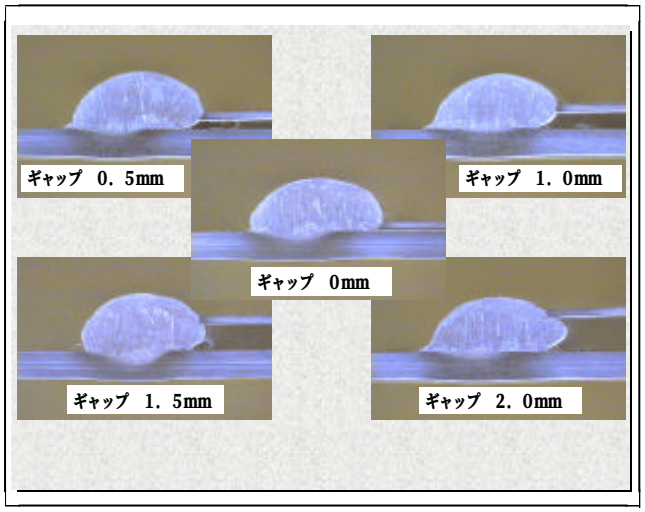


図８　重ねスミ肉溶接結果

図９に引張試験結果を示した。引張試験は上板と下板をそれぞれチャックでつかみ、溶接線と垂直方向に引張を行った。結果は縦軸に引張強さ、横軸に上板と下板のすきま（ギャップ量）をとった。これよりギャップ量が増えると若干強度が低下していることがわかる。

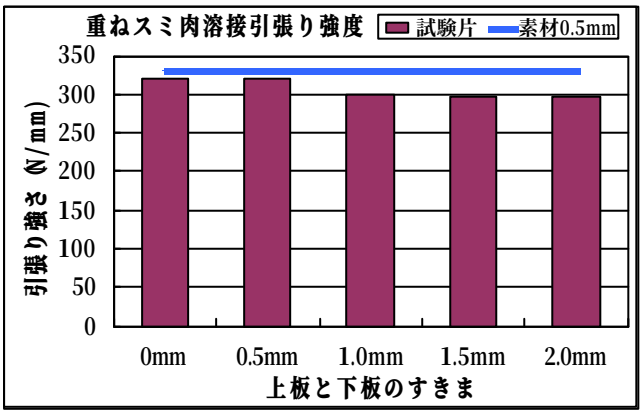


図９　重ねスミ肉溶接　引張試験結果

図10にギャップなし(0mm)とギャップ２ mm の場合の溶接金属組織の観察結果を示す。図からわかるとおりギャップ量の変化による組織の違いは見られなかった。

また、図11に各ギャップ量における溶接部付近の硬さ測定を行った結果を示した。バラツキはあるもののギャップ量による硬さの違いは見られなかった。

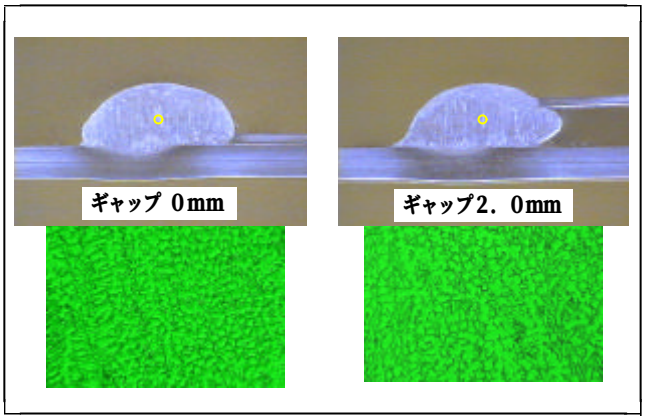


図10　重ねスミ肉溶接　金属組織観察

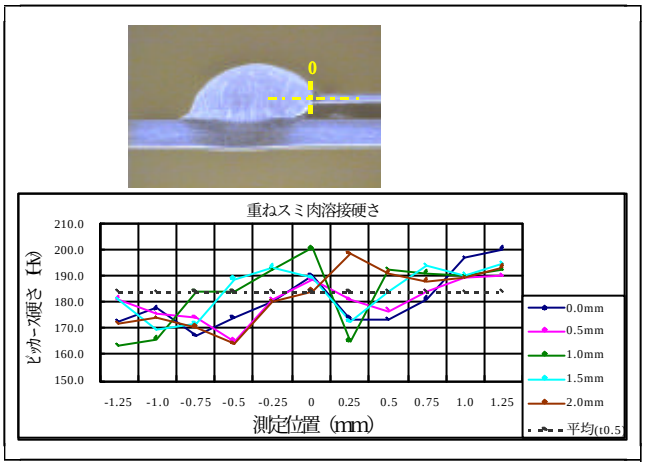


図11　重ねスミ肉溶接　硬さ試験

４．まとめ

（１）突き合わせ溶接においては、各板とも良好な試験結果が得られ、溶接条件を確立することができた。

（２）重ねスミ肉溶接においては、２ mm のギャップまで溶接可能であった。しかし、実ワーク対応に向けては、溶接長さ、ワーク形状への対応などの課題がある。