

(技術資料)

アルミニウム合金のダブルワイヤミグ溶接技術

Advantages of Double-wire MIG Welding for Aluminum Alloys



松本 剛*

Tsuyoshi Matsumoto



笹部誠二*

Seiji Sasabe

The double-wire MIG process enables high speed welding and has sufficient weld-bridging ability. This process is expected to be a new high efficiency joining technology in the future. In MIG welding, however, higher welding speeds generally produce molten pool turbulence which degrades weld quality. This paper focuses on advantages of double-wire MIG weld quality compared to single-wire MIG welds.

まえばき = 近年、自動車などの輸送機分野における溶接工程において、溶接品質の向上を図りつつ高効率化することにより、溶接構造品の低コスト化に対応しようとする動きが顕著になりつつある。そこで、高速度溶接が可能でかつ十分な溶着量を有するアーク溶接法が期待されている。アルミニウム合金の溶接では、経済性、利便性に優れた「ミグ溶接」への期待が高まっており、今後、各種溶接構造物の生産工程において主流となっていくと考えられる。しかしながらミグ溶接では、高効率化のための安易な高速度溶接化は、電流増大による溶湯の乱れを生じさせ溶接継手品質を損なうため、通常では溶接速度の上限は1.5m/min程度¹⁾と考えられている。しかし、最近では、ワイヤ送給系¹⁾や給電部²⁾の改善により、更なる高速度化が図られつつある。

更に高効率化の手段の一つとして、溶接電源メーカーでは、1 トーチに2本のワイヤをもたせることで、高速度化と安定性を併せもったダブルワイヤミグ溶接法を開発し、電源制御技術の進歩により実用化が図られてきている³⁾。ここでは、タンデム方式(2電源2ワイヤ)によるダブルワイヤミグ溶接を用いたアルミニウム合金材の溶接を試み⁴⁾、本溶接法の利点を明確にしたので報告する。

1. 試験方法

ダブルワイヤミグ溶接は、アルミニウム押出型材などの直線状で長尺な溶接継手を高速度で溶接できる利点があることから、供試材としてJIS A6N01S-T5(3mm厚のフラットバー)を用いた。

溶接機には、直流パルス制御のダブルワイヤミグ溶接機(図1)を用いて、溶接試験を行った。本溶接機は、ワイヤ間距離が短い故に、アーク干渉によるスパッタの発生や溶融池の乱れを抑制するため、先行と後行の電流パルス波形の位相を180°ずらし、アークを交互に発生

させる方式が採用されている。

2. 溶接評価結果

2.1 溶接施工条件の適正化

ダブルワイヤミグ溶接における高速度溶接の可能性について、まず、従来法であるシングルワイヤミグ溶接との比較を行った。このシングルワイヤミグ溶接には、ワイヤ送給性に優れたプッシュプル方式のトーチを有するデジタル制御インバータ溶接電源を用いた。おのおの溶接法にて供試材の突合せ溶接を試み、可能な限り高速度側で貫通溶込が得られる施工条件を追求した。その結果、図2に示すように、貫通溶込が得られる最も速い溶接速度において、ダブルワイヤミグ溶接はシングルワイヤミグ溶接の約2倍となる3m/minで溶接が可能であることがわかった。

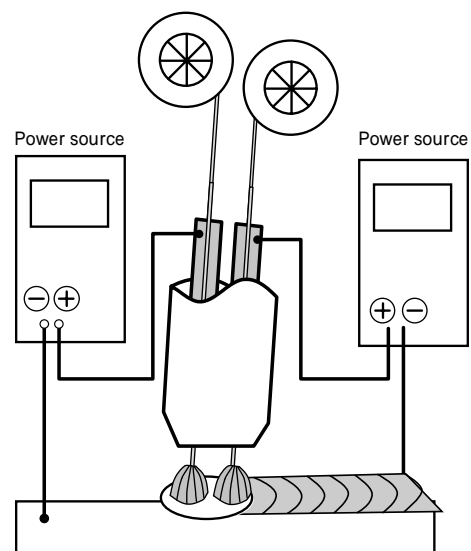


図1 ダブルワイヤミグ溶接の概要

Fig. 1 Components of double-wire MIG welding process

*アルミ・銅カンパニー 技術部

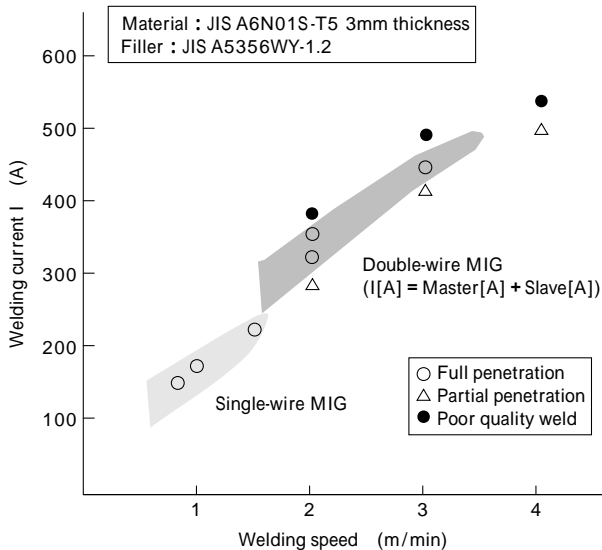


図2 溶接施工条件と溶接状況の関係
Fig. 2 Weld quality as functions of welding current and speed

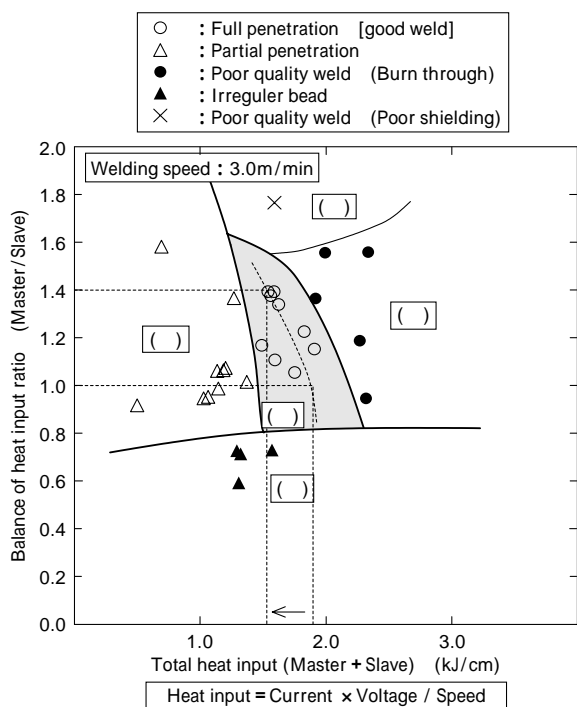


図3 ダブルワイヤミグ溶接施工条件と溶込状況
Fig. 3 Weld penetration vs. heat input factors in double-wire MIG welding

そのダブルワイヤミグ溶接の施工条件については、更に詳細な検討を行った。図3には、溶接速度3m/minを適用したときの、先行(Master)および後行(Slave)の各入熱量(単位長さ当たりの入熱量)の和および比率(先行/後行)によって整理した溶込状況を示す。適正な施工条件範囲は、入熱比率が0.8~1.4の間となり、かつその比率が大きいほど、同等の溶込を得るための溶接総入熱量は少なく済むことがわかった。本結果から、比率1.4、すなわち先行の入熱量を後行の40%増しで設定した場合は、比率1.0に比べて約10%の低入熱化が図れることがわかった。溶接部における溶融因子として、先行入熱は溶込深さなどの溶融形状の形成への寄与が大きく、一方の後行入熱は、先行入熱によって形成された溶融池を高速溶接でも安定化する作用として働いてい

るものと推測される。

2.2 溶接部の温度分布

供試材の溶融状況を把握するため、溶接部近傍の温度分布に着目し、高速度溶接時の特性について検証した。供試材の裏面に溶接線と垂直方向に5mmピッチで熱電対を設置し、溶接開始から終了までの各測定位置の温度履歴を記録した。なお、用いた溶接条件は、溶接線裏面に取付けた熱電対が溶融によって剥離することを防止するため、貫通溶込直前の非貫通溶込とした。

図4に、アーク裏面部およびその近傍における温度分布を示す。析出硬化型合金である供試材において、安定相への時効進行による軟化が懸念される約300の温度域⁵⁾の幅方向の分布は、シングルワイヤミグ溶接では約20mmとなっているのに対し、ダブルワイヤミグ溶接の場合は5mm未満となっていた。冷却速度の影響も考慮する必要があるが、少なくともダブルワイヤミグ溶接では、溶接熱影響部による母材T5調質の軟化を抑制し、結果として継手性能への悪影響を少なくする可能性があるものと推測される。

なお、熱分布の形状に関し、ダブルワイヤミグ溶接では溶融池を中心とした温度域の分布が、溶接線方向に楕円状の広がりを見せているという特徴がある。このように、溶接熱は溶接線長手方向に伸張していることから、その熱は幅方向に拡散するよりも溶接部の溶込方向(板厚方向)に有効に作用し、結果として高速度下でも溶融部の溶込が確保できたと同時に安定性を維持できたと考えられる。

図5には溶接金属部のミクロ組織を示すが、ダブルワイヤミグ溶接部はシングルワイヤミグ溶接部に比べて結晶粒が微細化されており、かつデンドライトアーム間隔(DAS)も小さくなっていった。このことは、上述した溶融効率の良さに起因する入熱の低減化によるものと推定

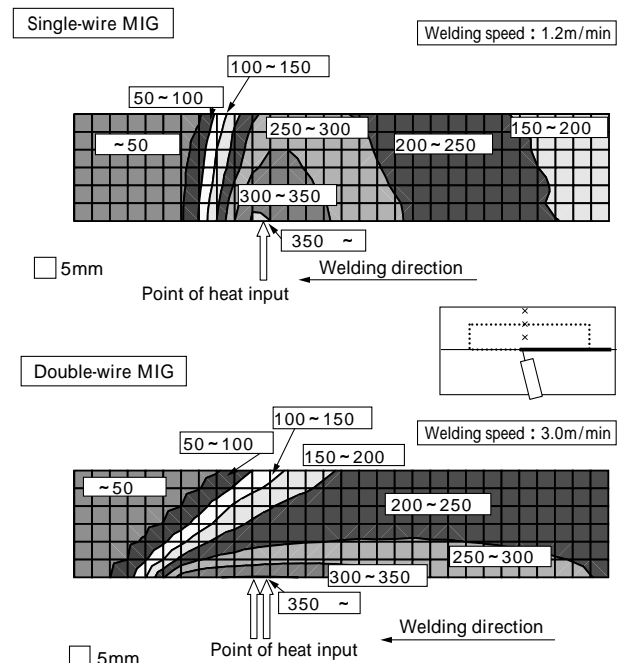


図4 溶接時の温度分布
Fig. 4 Temperature distribution charts on the backside of the workpiece

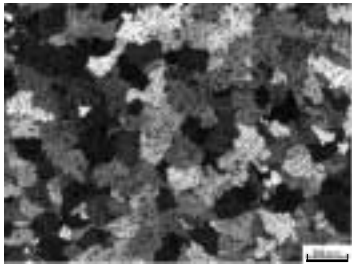
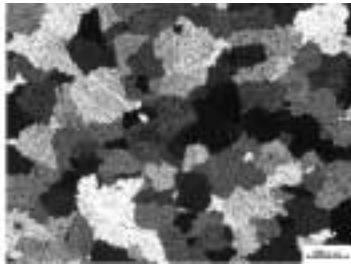
	Double-wire MIG	Single-wire MIG
Location of micrograph in weld metal		
Grain size (μm)	116.8	183.1
Dendrite arm spacing (μm)	11.8	12.5

図5 溶接部の顕微鏡観察
Fig. 5 Micrographs of welds

される。

2.3 継手性能

図6には突合せ継手の引張試験結果を示すが、ダブルワイヤミグ溶接の継手効率率は、シングルワイヤミグ溶接に比べて約5ポイント高かった。また、図7に示す溶接部断面の硬さ分布測定結果からも、ダブルワイヤミグ溶接継手の溶接金属部と溶接熱影響部の硬さはシングルワイヤミグ溶接に比べていずれも高く、軟化幅も狭くなっていた。これらから、ダブルワイヤミグ溶接における溶接部は、シングルワイヤミグ溶接よりも溶接熱による軟

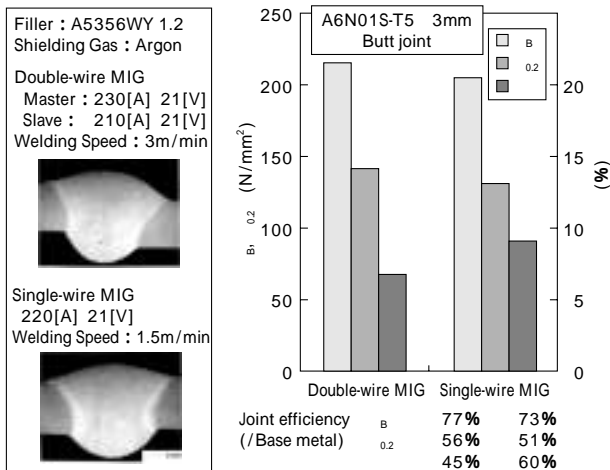


図6 突合せ溶接継手の引張試験結果
Fig. 6 Tensile test results of butt welded joints

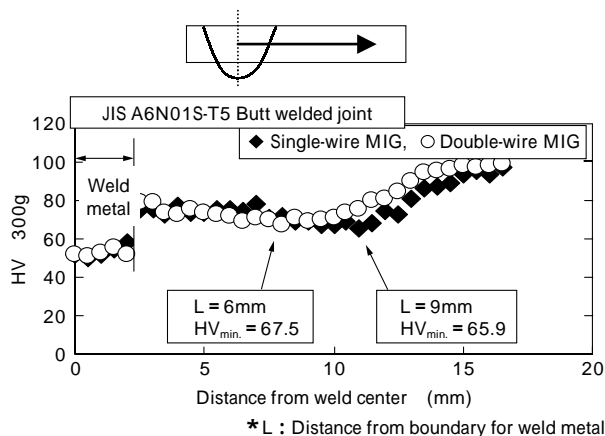


図7 溶接部断面の硬さ分布
Fig. 7 Hardness distribution of welds

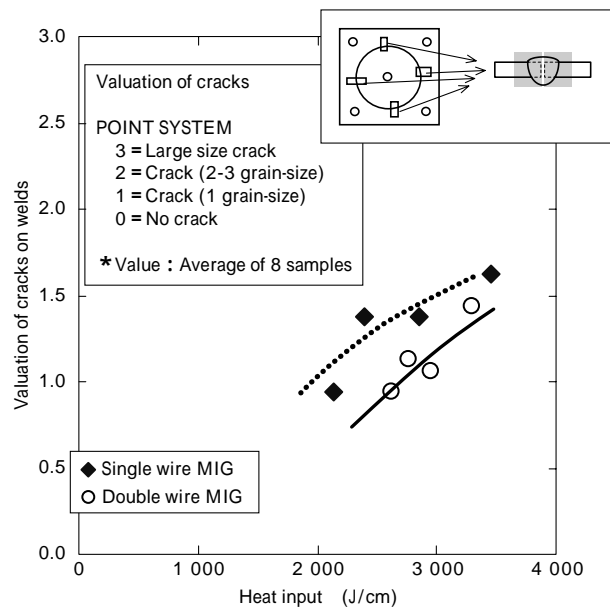


図8 拘束割れ試験における溶接入熱の影響
Fig. 8 Effect of heat input on heat affected zone micro-crack susceptibility

化の少ない継手性能を有することが裏付けられた。

2.4 溶接品質

溶接品質の評価として、溶接割れ試験を実施した。リング型試験⁶⁾により得られた溶接部断面の溶接金属部と溶接熱影響部を光学顕微鏡にて観察するとともに、各断面で観察された最も大きい微小割れについて、定性的評価を行った。その結果、溶接金属部にはいずれも割れは認められないものの、母材溶接熱影響部には微小割れが観察された。その微小割れの発生は図8に示すように、入熱量の低減により抑制できると同時に、ダブルワイヤミグ溶接の入熱低減効果以上に割れ抑制に効果があることがわかった。これは、前述のように、その熱源形状が母材熱影響部の割れ抑制に有効に作用したものと推定される。

3. 適用

以上、主に突合せ継手にて、ダブルワイヤミグ溶接の特徴を明確にしてきた。しかし、今後自動車分野などにおいては、プレス加工品などを使った溶接構造を、重ね溶接継手によって作製する事例が数多く想定される。そ

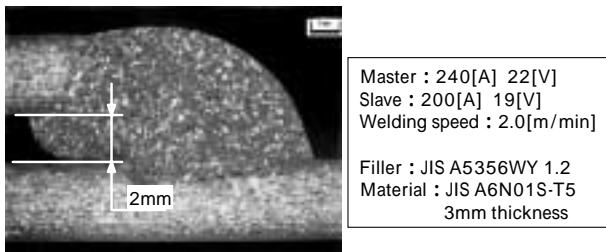


図9 隙間を有した重ねすみ肉溶接部断面例

Fig. 9 Cross-sectional micrograph of lap joint weld with 2mm opening

の場合、高速度溶接だけでなく、組付け精度などが緩和される接合法が望まれる。ダブルミグワイヤ溶接では、図9に示すように、施工条件を工夫することで、2mmの隙間があっても2m/minの高速度溶接にて安定的に接合することができた。これは、2本の溶加材供給によって、十分な溶湯量が確保されるとともに、その溶湯が供試材同士の結合時に巧く隙間を補充する作用が働いたためと考えられる。

むすび= アルミニウム合金のダブルワイヤミグ溶接法は、従来法のシングルワイヤミグ溶接法に比べて、単に

高速度溶接や溶湯量確保による工程の高効率化が図れるだけでなく、溶接熱影響が少なくなることにより、継手の機械的性質の向上や溶接欠陥の抑制が図れる利点も把握することができた。これは、熱源がより溶接線方向に伸びた形状として作用し、溶接入熱を有効に溶融溶込に作用させられたことによるものと推測される。

参考文献

- 1) 向井康士：軽金属溶接 . Vol.40, No.5 (2002) p.219.
- 2) 堀田元司ほか：軽金属溶接 . Vol.38, No.7 (2000) p.303.
- 3) 溶接技術：2002年6月号, p.63.
- 4) 松本 剛ほか：軽金属学会第103回秋期大会講演概要集, (2002) p.3.
- 5) 松田健二ほか：軽金属, Vol.50, No.1 (2000) p.27.
- 6) K. P. Mudrack : Schwei ß en und Schneiden, Vol.12 (1960) p.45.