

1050 アルミニウム薄板突合せ摩擦攪拌接合継手の組織と機械的性質

日大生産工(院) ○寺井 克 日大生産工 加藤 数良
日大生産工 前田 将克 日大生産工 野本 光輝

1. 緒言

摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding:FSW)は熔融溶接に比較して接合時の温度が低く接合後の変形が小さいことから、熔融溶接では接合欠陥の生じやすいアルミニウム合金やマグネシウム合金の接合に適している。そのため、近年では航空機、鉄道車両、土木構造物を中心として多くの産業分野で実用化されており、種々の報告がなされている¹⁾。

1050アルミニウムは耐食性、加工性、電気・熱伝導性に優れ、熱交換器部材や照明器具などに用いられている。1050アルミニウムにFSWを適用した事例はいくつか報告されているが²⁾、板厚は5 mm程度の厚いものが多く、1 mm以下の薄板へ適用した研究報告は少ない。

本研究では、1050アルミニウム薄板を用いて突合せ摩擦攪拌接合を行い、得られた継手の外観、組織および機械的性質について検討した。

2. 供試材および実験方法

供試材には板厚1 mmの1050-H24アルミニウム薄板(以後A1050)を長さ200 mm、幅50 mmに機械加工後、酸化膜の除去などの特別な前処理は行わずに実験に供した。供試材の機械的性質をTable 1に示す。実験には全自動摩擦攪拌接合機を使用し、予備実験により選定したTable 2に示す条件を組合せ、ルート間隙なしのI型突合せ接合とした。回転工具は合金工具鋼SKD61製とし、ショルダー径9 mm、ショルダー角4°、プローブ径および長さをそれぞれ3 mm、0.7 mmに機械加工したものをを用いた。

得られた継手の評価は外観観察、組織観察、硬さ試験、引張試験、3点曲げ試験および接合時の温度測定をいずれも室温で行った。引張試験は接合部を試験片平行部中央とし、接合方向に垂直にJIS13B号試験片を採取して試験に供した。

3. 実験結果および考察

Fig.1に接合部の外観を示す。全条件でショルダー径とほぼ一致する幅の円弧状の様子が観察された。また、回転数の低下および接合速

Table 1 Mechanical properties of base metal.

Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
130	6.0	41

Table 2 Friction stir welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	1200, 1800
Welding speed	V (mm/s)	20 ~ 80
Tilt angle	θ (deg.)	3
Probe insert speed	V_p (mm/s)	0.5
Preheating time	t (s)	0.1

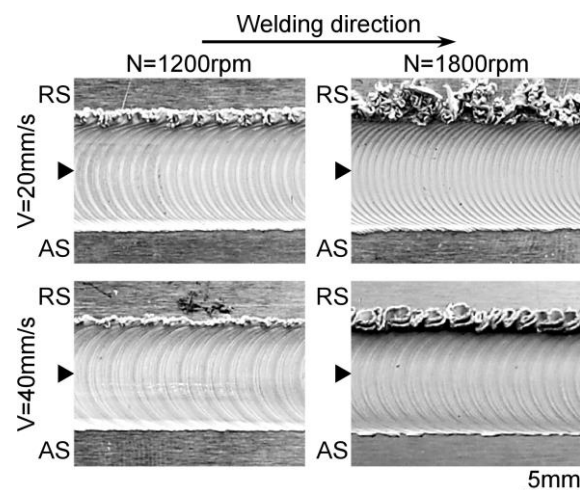


Fig.1 Appearances of welded joint. (The marks are weld interface.)

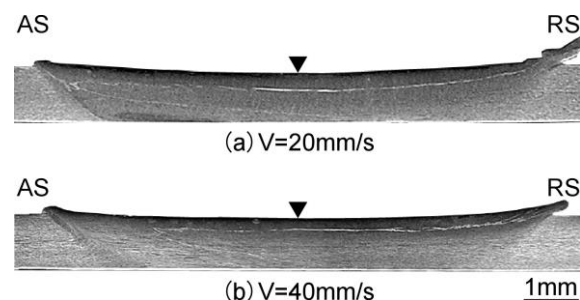


Fig.2 Macrostructures of welded joint. (N=1200rpm) (The marks are weld interface.)

Structures and Mechanical Properties of Friction Stir Butt - Welded 1050 Aluminum Thin Sheets

Masaru TERAJ, Kazuyoshi KATOH, Masakatsu MAEDA and Mitsuteru NOMOTO

度の上昇, すなわち入熱量の減少に伴い接合部表面のばりは低減する傾向を示した。

Fig.2に接合部横断面の巨視的組織を示す。全条件でlazy Sと呼ばれる初期酸化被膜の痕跡が確認された。lazy Sは回転ピッチ(=V/N, mm/r)の影響を受けるとされており³⁾, 佐藤ら⁴⁾によると板厚2 mmのA1050の摩擦攪拌接合で回転ピッチが約0.05 mm/rとなる条件でも観察されているため, 薄板で初期酸化被膜を完全に継手内に分散させることは困難であると考えられる。

Fig.3に接合部横断面の微視的組織を示す。接合速度の増加に伴い熱加工影響部(TMAZ)で流動に伴う組織の変形が明瞭に観察された。底部ではキッシングボンドと類似した模様が観察されたが, 3点曲げ試験の結果底部からのき裂は認められなかったため, lazy Sであると判断した。

Fig.4に継手横断面板厚中央部の硬さ分布を示す。N=1200 rpm, V=40 mm/sの条件では工具外径に相当する範囲で硬さの上昇が認められた。また, 図には示さないがN=1200 rpm, V=30 mm/sおよびN=1800 rpm, V=80 mm/sの条件では接合界面からRS側までの範囲で硬さの上昇が認められた。これらのことは, 攪拌に必要な最小限の熱量に近い条件で接合が行われ, 熱影響による軟化が生じず加工硬化したためであると考えられる。その他の条件では工具外径に相当する範囲で軟化が認められ, AS側からRS側に近づくのに伴い軟化の割合は減少する傾向を示した。

Fig.5に継手の引張試験の結果を示す。試験片は板厚方向の加工を行わずに試験に供したため, 予め測定した各部の板厚から破断位置に最も近い部分の断面積を求めて引張強さを算出した。回転ピッチの増大に伴い引張強さは向上し, 伸びは低下した。このことは, 回転ピッチの増大に伴い入熱量が低くなるためであると考えられる。引張強さはN=1200 rpm, V=40 mm/sの条件で最大値133 MPaを示し, 破断位置は接合部から離れた母材部分であった。このことから, 硬さ分布でもみられたように接合部の強度は母材を上回っていると判断できる。

参考文献

- 1) 例えば, 篠田 剛: 軽金属, 64-5(2014), 196-202.
- 2) For example, H. LIU, M. MAEDA, H. FUJII, K. NOGI: Journal of Materials Science Letters, 22(2003), 41-43.
- 3) 岡村 久宣ほか: 溶接学会論文集, 19-3(2001), 446-456.
- 4) Y. S. Sato, H. Takauchi, S. H. C. Park, H. Kokawa: Materials Science and Engineering A, 405(2005), 333-338.

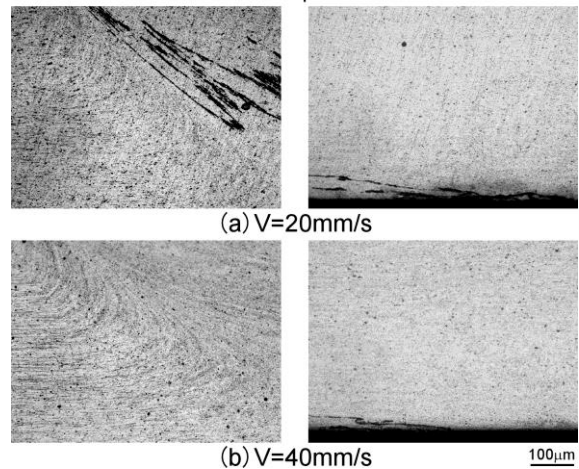
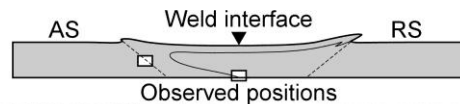


Fig.3 Microstructures of welded joint. (N=1200rpm)

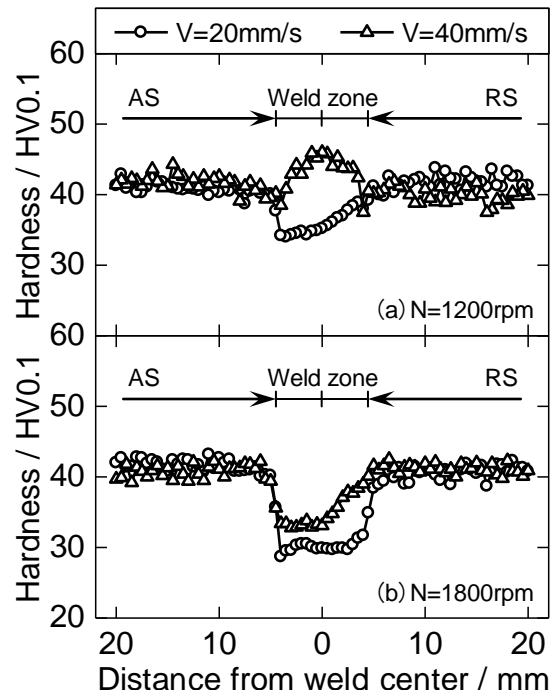


Fig.4 Hardness distributions of welded joint.

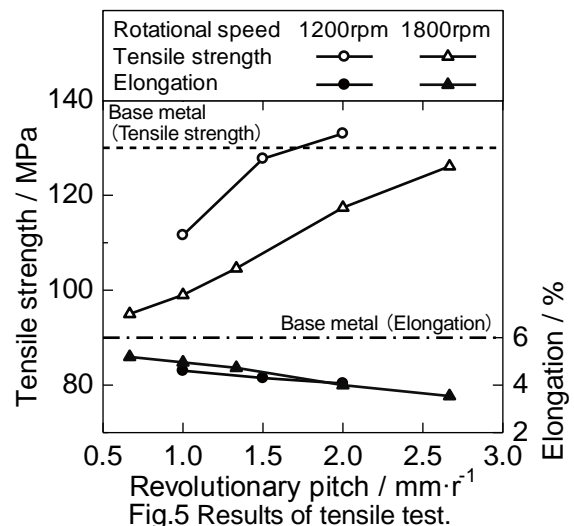


Fig.5 Results of tensile test.