

中強度アルミニウム合金薄板の接合特性

日大生産工(院) ○橋口 正 日大生産工 前田 将克
日大生産工 加藤 数良

1. 緒 言

固相接合法の一つである摩擦攪拌接合 (Friction stir welding : FSW) は、熔融溶接と比較して熱による素材の変形が少ないことが特徴であり、輸送機器や建築構造物など幅広い分野で実用化されている¹⁾。その中でも、中程度の強度を持つ5000系および6000系アルミニウム合金のFSWに関する研究は盛んであり、接合特性に関する報告が多く挙げられている。

しかし、厚板の場合では回転工具のショルダおよびプローブによる接合攪拌領域とプローブのみによる接合攪拌領域にて構成されており、ショルダおよびプローブによる攪拌領域単独が接合特性に及ぼす影響について述べられた文献は少ない。

本研究は、5052アルミニウム合金および6061アルミニウム合金の薄板を用いて突合せFSWを行い、それぞれの接合特性について検討した。

2. 供試材および実験方法

供試材には、板厚1mmのA5052-H34 (以下A5052) およびA6061-T6 (以下A6061) アルミニウム板を長さ200mm、幅50mm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Table1に示す。

接合には全自動型摩擦攪拌接合機を用いて、予備実験において選定したTable2に示す条件を組み合わせ、ルート間隙なしのI型突合せ接合とした。また、接合速度Vと工具回転数Nは、その比から算出される回転ピッチとしてまとめて用いた²⁾。回転ピッチは1回転あたりの接合距離を表しており、大きくなるほど入熱量が減少する。回転工具には合金工具鋼(SKD61)を用い、ショルダ径9mm、ショルダ角 4° とし、プローブ径3mm、プローブ長さ0.7mmに機械加工したものを使用した。

得られた継手の外観観察および組織観察、硬さ試験、引張試験をいずれも室温で行った。引張試験片は接合部を平行部中央とし、接合方向垂直にJIS 13B号試験片を採取し試験片とした。

Table1 Mechanical properties of base metal.

Materials	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
A5052	251	8.8	77
A6061	321	13.4	113

Table2 Friction stir welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	1800
Welding speed	V (mm/s)	20, 40, 60
Revolutionary pitch	r (mm/r)	0.7, 1.3, 2.0
Tilt angle	θ ($^{\circ}$)	3
Probe insert speed	Vp (mm/s)	0.5
Preheating time	t (s)	1.3
Plunging depth	D (mm)	0.9

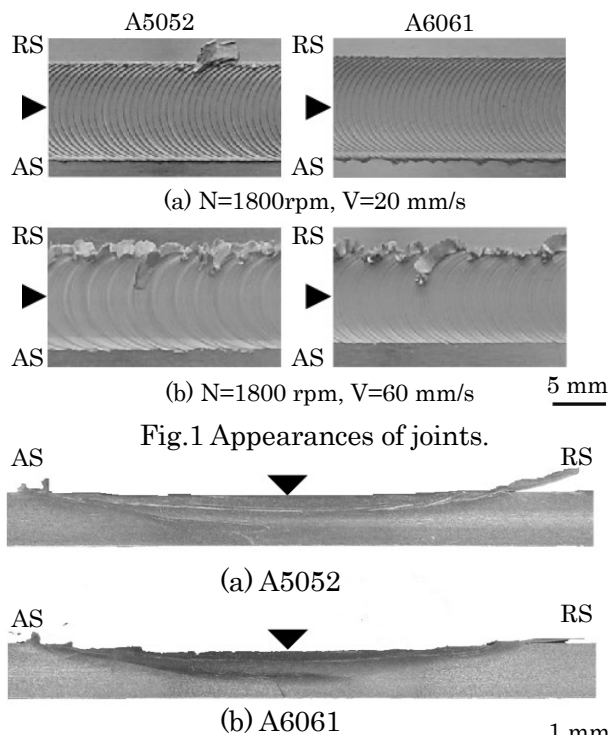


Fig.2 Macrostructures of welded joints.

(N=1800 rpm, V=40 mm/s)

(The triangle marks are the weld center.)

Friction Stir Welding of Middle Strength Aluminum Alloy Thin Sheets

Masashi HASHIGUCHI, Masakatsu MAEDA, Kazuyoshi KATOH

3. 実験結果および考察

Fig.1に接合部の外観を示す。素材に関係なく、全条件でショルダ径とほぼ一致する幅に円弧状の模様が観察された。接合速度が低いほど、RSにばりが排出され、接合中に脱落した。また、接合速度が高くなるのに伴い、接合部表面のばりの量が減少した。

Fig.2に接合部横断面の巨視的組織を示す。A5052では全ての条件で、継手中央部から継手底部にかけて、初期酸化被膜の凝集した領域が観察された。しかし、A6061においては、このような凝集した領域は観察されなかった。また、A6061では、工具回転数 $N=1800\text{rpm}$ 、接合速度 $V=40\text{mm/s}$ の条件において継手底部に未接合部が観察され、接合速度 $V=60\text{mm/s}$ の接合条件において未接合部が約 0.50mm に達した。また、接合する際に下板とプローブとの間隙を最小に設定しても未接合部が観察された。これは、接合速度の上昇に伴い、塑性流動中にツールを押し上げる力が強くなったことが原因であると考えられる³⁾。

Fig.3に接合部横断面の微視的組織を示す。素材に関係なく、攪拌の影響によって、接合部ASで組織の流動が観察され、接合部中央においては攪拌によって結晶粒が微細化されていることが観察された。

Fig.4に硬さ試験の結果を示す。A5052の最軟化域は接合部中央に対してRSにより出現しており、A6061の最軟化域は接合部中央で軟化していることが観察された。また、軟化域は接合速度が高くなるのに伴い、A5052で 11.5mm から 9.5mm 、A6061で 11.5mm から 9.0mm まで減少した。これは、回転ピッチが大きくなることで、1回転あたりの接合距離が長くなり、入熱量が減少し、攪拌が不十分になったからだと考えられる。

Fig.5に継手の引張試験の結果を示す。最大の引張強さは回転ピッチ $r=0.67\text{m/r}$ ($N=1800\text{rpm}$, $V=20\text{mm/s}$)の際に、A5052で 218MPa 、継手効率 87% 、A6061で 254MPa 、継手効率 79% を得た。また、回転ピッチの増大に伴い、引張強さが低下した。伸びは回転ピッチが大きいほど低下し、継手の接合中央部付近において板厚方向および板幅方向にネッキングを生じて破断した。

参考文献

- 例えば、時末 光：FSW(摩擦攪拌接合)の基礎と応用，日刊工業新聞社(2005)，129-152
- 岡村久宣ほか：溶接学会論文集，19-3，(2001)，446-456。
- 橋口 正ほか：2016年度日本設計工学会秋季大会研究発表講演会講演論文集，(2016)，15-16

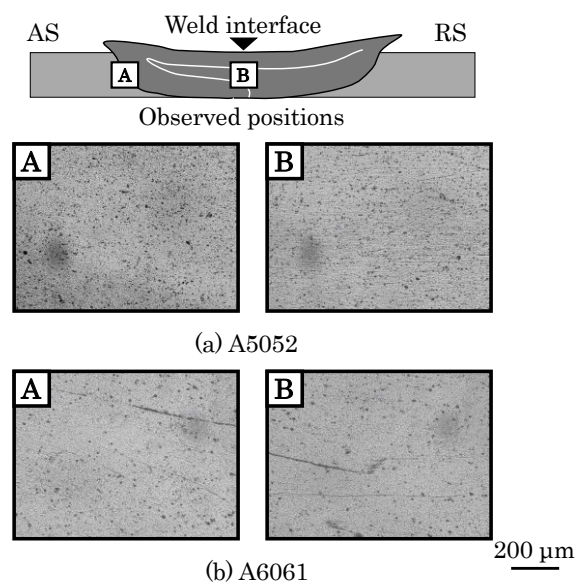


Fig.3 Microstructures of welding joints.
($N=1800\text{rpm}$, $V=20\text{mm/s}$)

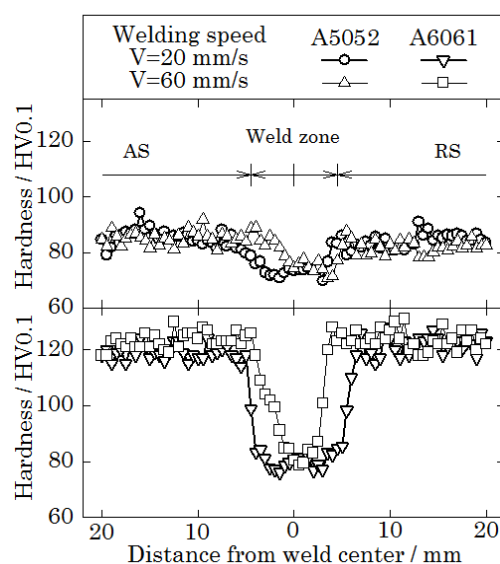


Fig.4 Hardness distributions of welding joints.
($N=1800\text{rpm}$)

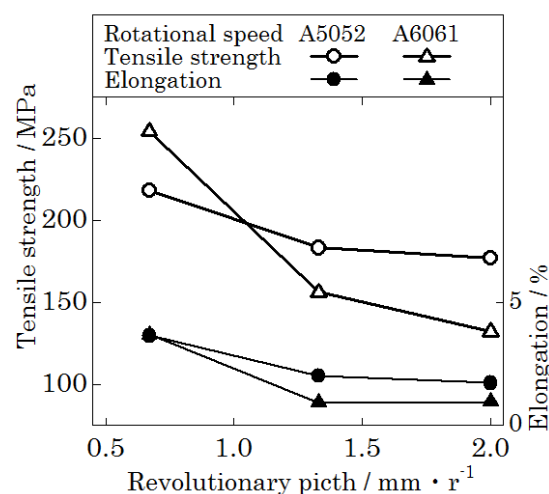


Fig.5. Relation between revolutionary pitch and maximum tensile strength.