

6061アルミニウム合金を用いた摩擦攪拌接合時の力学的特性と継手の機械的性質の関係

日大生産工(院) ○松丸 慶成
日大・短期 野本 光輝
日大生産工 加藤 数良

1. 緒言

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding, 以後 FSW と称す) により得られた継手は接合条件によって組織や機械的性質が異なる¹⁾。このことは工具形状の相違による攪拌状態の差異²⁾、接合条件の違いによる被接合材に付与される力の大小によるものと考えられる。FSW 時に被接合材にかかる力の挙動を検討した研究報告はあるが³⁾、接合材にかかる力と継手の機械的性質の関係については明らかにされていない部分も多いのが現状である。FSW 時の力の挙動と継手の機械的性質との関係を明らかにできれば被接合材の拘束状態や接合条件などの選定が容易になるものとする。

本研究では 6061 アルミニウム合金板を用いた摩擦攪拌接合時において被接合材に加えられる力と継手の機械的性質の関係について検討した。

2. 供試材および実験方法

供試材には 6061-T6 アルミニウム合金 (板厚 5mm, $\sigma_B=342\text{MPa}$, $\delta=16.1\%$, 107.6HV0.1) を長さ 200mm, 幅 50mm に機械加工したものを用いた。

実験には摩擦攪拌接合機を使用し、回転工具には合金工具鋼(SKD61)をショルダ径 15mm, ショルダ角 4°とし、プローブは M6, 長さを 4.9mm に機械加工したものを使用し、工具の回転方向は反時計回りとした。接合条件は予備実験より選定した Table1 に示す条件を組合せて行った。

接合時の力は Fig.1 に示すように接合距離を 170mm 一定とし、ロードセル (LMR-S-SA2 荷重変換機) を供試材末端部側に配置して接合方向に発生する力を測定した。また引張試験は Fig.2 に示すように継手各部から採取した。

Table 1 Friction stir welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	1100, 1400
Welding speed	V (mm/s)	1, 3, 5
Preheating time	t (s)	20
Tilt angle	(deg.)	3

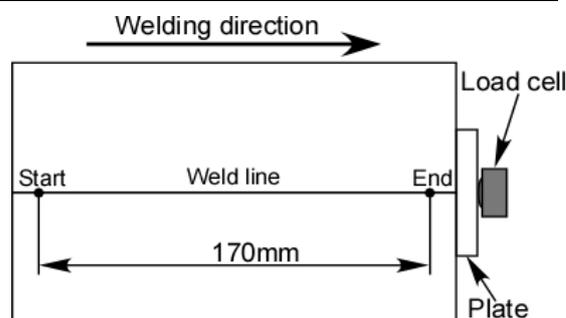


Fig.1 Installation site of road cell.

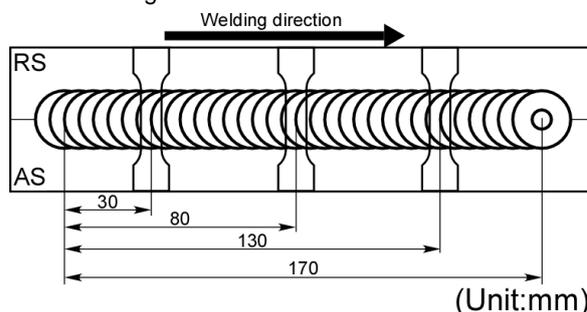


Fig.2 Sampling positions of tensile test specimen.

3. 実験結果および考察

Fig.3に接合時の接合方向の力を測定した結果を示す。接合時間は回転工具の移動開始時を0sとした。したがって開始前の時間はプローブの挿入時間および余熱時間 (20s) である。供試材にプローブを挿入開始してから余熱時間終了までにはわずかではあるが接合方向に力が発生していることが明らかとなった。この現象は摩擦により発生した熱影響により被接合材が膨張したことによるものとする。また、接合方向の力は接合

Relation between Dynamics Properties and Mechanical Properties of Joint on

Friction Stir Welding using a 6061 Aluminum Alloy

Yoshinari MATSUMARU, Mitsuteru NOMOTO, and Kazuyoshi KATOH

開始時より増加し、接合終了時に最大値を示した。接合速度の増加に伴い接合方向の力は低くなった。

Fig.4に引張試験結果を示す。引張試験において、試験片採取位置による明瞭な差異は認められなかったため、図には接合開始点より130mmの位置より採取した試験片による結果を示した。引張強さは工具回転数に関係なくほぼ同等の値を示し、接合速度の増加に伴い引張強さは向上したが、伸びは低下した。実験の範囲内では継手効率の最高値は約67%であった。継手の破断は全条件でAS, RSいずれかの最軟化部に相当する部分であり、熱影響部と母材の境界部に沿って破断した。

Fig.5に継手横断面の巨視的組織観察を示す。観察位置は引張試験片採取位置と同じく始点より30mm, 80mm, 130mmの位置とした。全条件で観察位置に関係なくFSWの特徴的組織であるオニオンリングが観察された。接合速度 $V=1.0\text{mm/s}$ の条件では観察位置が終点に近づくのに伴い攪拌部および熱影響部の幅が広がる傾向を示したが、他の接合条件ではこのような傾向は認められず攪拌部および熱影響部の幅は観察位置による差はなかった。

Fig.6に継手横断面の微視的組織観察を示す。オニオンリング外周部に沿って組織の流動が認められ、攪拌部の組織は母材の組織に比較し微細となった。接合速度の増加に伴い攪拌部の組織は微細となる傾向が認められた。また観察位置の違いによる組織の流動に明瞭な差異は認められなかった。

参考文献

- 1) 例えば、時末 光偏：「FSW（摩擦攪拌接合）の基礎と応用」，日刊工業新聞社，（2005），84。
- 2) 内海貴人，加藤数良，時末 光：5052アルミニウム合金のFSW過程におけるメタルフローに及ぼすプローブ形状の影響，軽金属学会第102回春期大会講演概要，（2002），253-254。

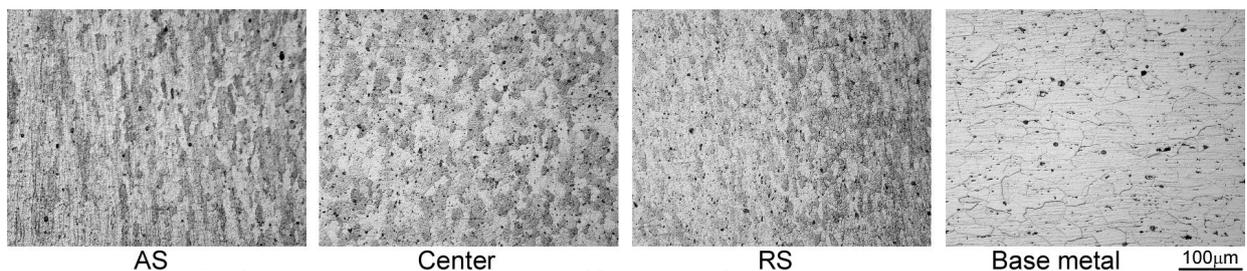


Fig.6 Microstructures of joint. (N=1100rpm, $V=1.0\text{mm/s}$, observation point 30mm)

- 3) 例えば，加藤数良，時末 光，伊藤 源：6061アルミニウム合金摩擦攪拌溶接継手の機械的性質，軽金属溶接，41，（2003），No. 5. 218-226。

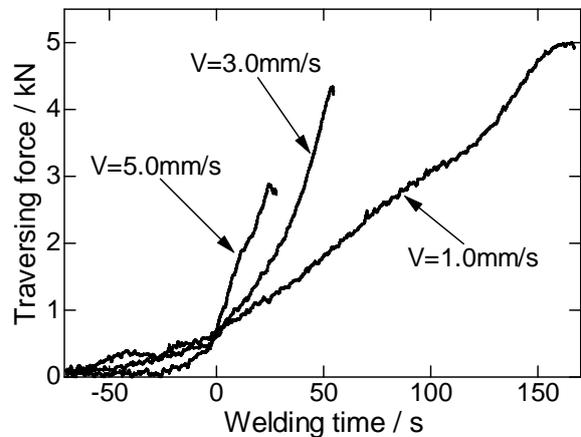


Fig.3 Relation between welding time and traversing force.(N=1100rpm)

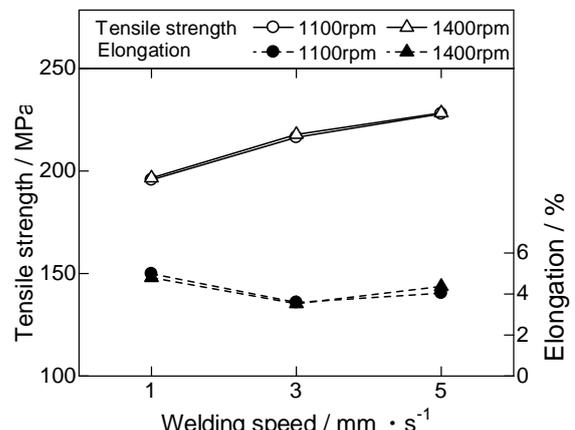


Fig.4 Results of tensile test of joint. (Sampling point 130mm)

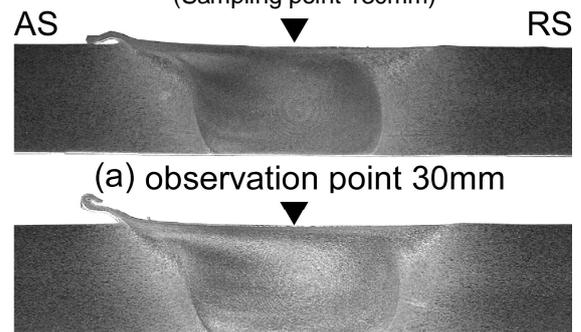


Fig.5 Macrostructures of joint. (N=1100rpm, $V=1.0\text{mm/s}$)