

5052 合金と 2024 合金の異材摩擦攪拌接合における工具ねらい位置の影響

日大生産工 ○仲間 大
日大生産工 加藤 数良

1. 緒 言

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding :FSW) は異種材料の接合に優れており，研究報告も増加傾向にある^{1),2)}．また，高強度材である 2000 系アルミニウム合金と耐食性に優れる 5000 系アルミニウム合金を組合せることにより，部分的に高強度あるいは耐食性に優れた継手が得られる．しかし，5000 系アルミニウム合金は非熱処理合金であるため接合時の熱影響により軟化し機械的性質が著しく低下する³⁾．また，2000 系合金は接合後大気中で硬さは回復することが知られている⁴⁾．そこで，5000 系合金と 2000 系合金を組合せた異材 FSW において，接合位置を熱処理合金である 2000 系合金側にオフセットを与えることにより，5000 系合金に及ぼす熱影響を低減させることが可能であれば，継手の機械的性質の向上が期待できる．

本研究では，2024 アルミニウム合金と 5052 アルミニウム合金の異材 FSW を行い，回転工具のオフセット量が継手の組織および機械的性質に及ぼす影響について検討した．

2. 供試材および実験条件

供試材にはそれぞれ板厚 5mm の 5052-H34 アルミニウム合金板 ($\sigma B=245\text{MPa}$, $\delta=14.1\%$, 76.1HV0.1) および 2024-T3 アルミニウム合金板 ($\sigma B=450\text{MPa}$, $\delta=19.6\%$, 135HV0.1) を幅 50mm, 長さ 200mm に機械加工して用いた (以下それぞれを A5052, A2024 と称す)．実験には FN-II 型摩擦攪拌接合機を使用し，接合条件は予備実験の結果より決定した Table 1 に示す接合条件を組合せ，ルート間隙なしの I 型突合せ接合とし

た．回転工具には合金工具鋼 (SKD61) を Fig.1 に示す形状に機械加工したものを使用した．接合は Fig.2 に示すように A2024 を設置する位置を

Table 1 Friction stir welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	1000
Welding speed	V (mm/s)	1.0
Tilt angle	θ (deg.)	3
Preheating time	t (s)	20
Amount of offset	L (mm)	0, 1, 2, 3

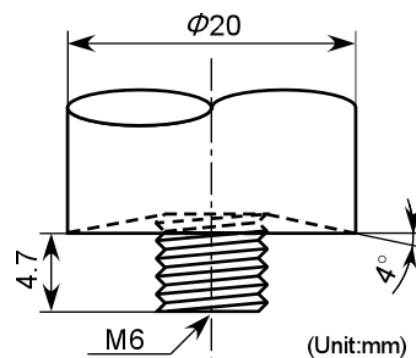


Fig.1 Shape and dimensions of tool.

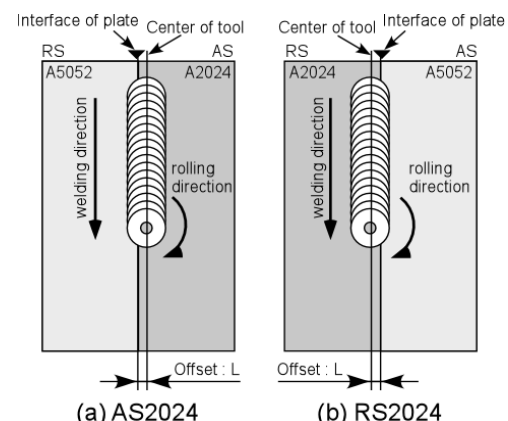


Fig.2 Schematic illustrations of offset.

Effect of Aim Tool Position on Dissimilar Friction Stir Welding of
5052 Aluminum Alloy to 2024 Aluminum Alloy
Dai NAKAMA and Kazuyoshi KATOH

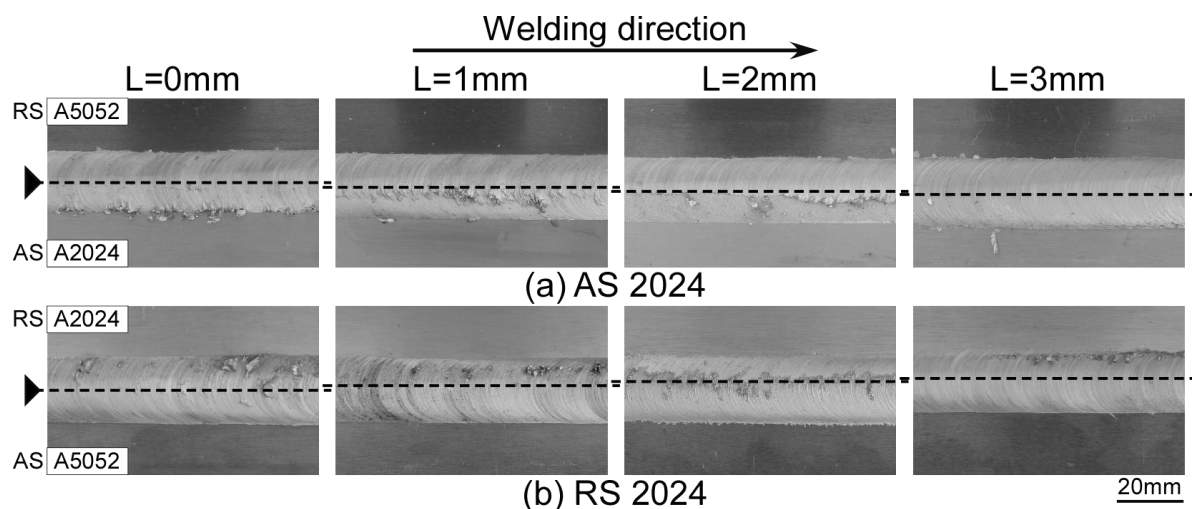


Fig.3 Appearances of FSW joint.

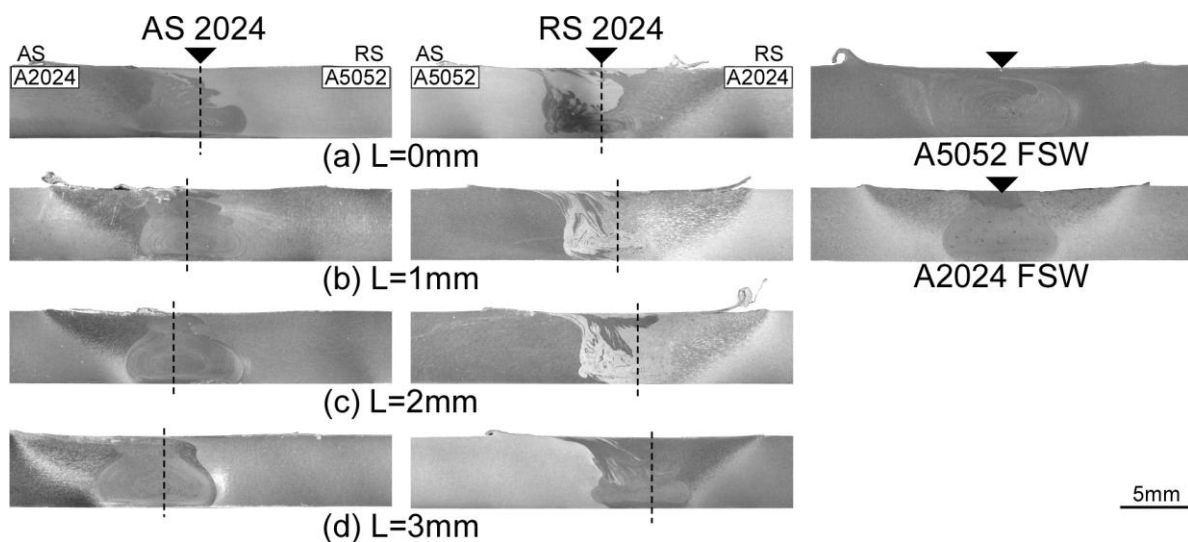


Fig.4 Macrostructures of FSW joint.

変化させた。以後 AS 側に A2024 を設置する場合を AS 2024, RS 側に A2024 を設置する場合を RS 2024 と称す。回転工具のオフセットは、いずれの条件も A2024 側とした。

得られた継手の A2024 の硬さを、接合直後、1 日後、4 日後、7 日後と室温で放置した横断面の硬さ測定を行った結果、A2024 の硬さは、接合後 4 日間以上放置したものには変化が認められなかった。以後の試験は接合後 4 日以上放置した後行った。靱試験は、外観観察、組織観察、硬さ試験、および接合方向に直角に採取した JIS14B 号試験片による引張試験をいずれも室温で行った。

3. 実験結果および考察

継手中央部の外観を Fig.3 に示す。図に示す矢印は接合中心、破線はプローブの中心位置である。全接合条件で継手表面には回転工具外径にはほぼ一致した幅の円弧状の模様が観察され、プローブのオフセットによる違いは認められなかった。いずれの条件でも、A2024 側にばかりが張り出す傾向を示した。AS 2024 のオフセット量 1mm, RS 2024 オフセット量 0mm~2mm の条件で攪拌部表面に付着物が観察された。また、AS 2024 のオフセット量 2mm の条件では攪拌部表面の剥離が認められた。

Fig.4 に継手横断面巨視的組織を示す。図に示

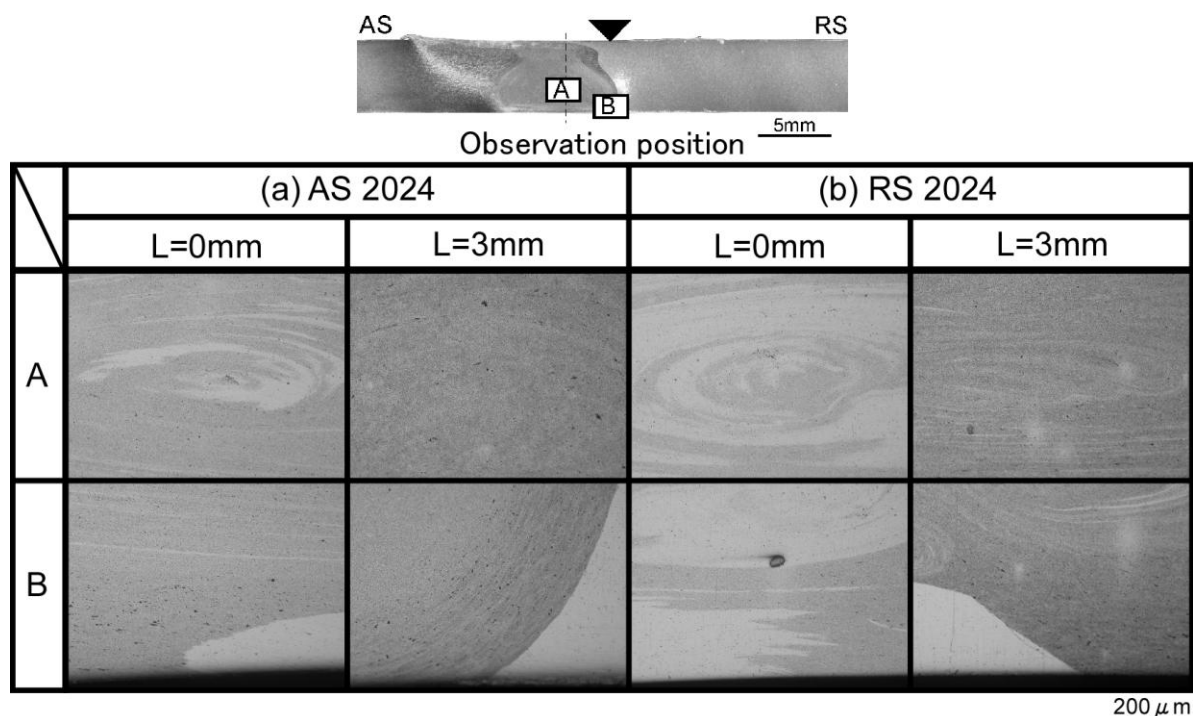


Fig.5 Microstructures of FSW joint.

す矢印は接合中心，破線はプローブの中心である．図中には同一条件で行った同種材継手の巨視的組織も併記した．攪拌部の幅はA2024の同種材継手と同程度であった．全接合条件でオニオンリングが観察されたが，AS 2024 に比較してRS 2024 の攪拌部ではオニオンリングが変形した状態となった．攪拌部ではAS 2024 に比べRS 2024 はA5052 とA2024 の境界が明瞭に識別できた．

Fig.5 に攪拌部中央および，接合界面底部の微視的組織を示す．攪拌部内ではA2024 とA5052 は異なるコントラストを示しており，オフセット量の少ない条件では明瞭に識別できたが，識別できる領域はオフセット量の増加に伴い減少した．また，いずれの条件においても接合部底部にはキッシングボンドは観察されなかった．

Fig.6 に継手横断面板厚中央部の硬さ分布を接合後一定時間経過した後測定した結果を示す．全条件でA2024 の硬さは接合後4日後に硬さの変化は認められなくなった．A2024 側では，各条件で回転工具径に相当する位置に最軟化部が観察されたが，攪拌部中央では母材と同等の

硬さを示した．A5052 側の軟化域はオフセット量の増加に伴い減少した．AS 2024 に比べRS 2024 の攪拌部中央の硬さは不均一であった．これは，RS 2024 では，巨視的組織でオニオンリングが変形しておりA2024 とA5052 の混合が十分でなかったことが原因と考えられる．また，A2024，A5052 ともにオフセット量に関係なくそれぞれの最軟化部の軟化割合は同程度であり，A2024 は母材の約75%，A5052 では母材の約70%であった．

Fig.7 に引張試験結果を示す．オフセット量0mm および1mm の条件ではオフセット量の影響はほとんど認められなかった．オフセット量の増加に伴い引張強さは向上する傾向にあるが，AS 2024 のオフセット量3mm は引張強さが著しく低下し，RS 2024 ではオフセット量2mm で引張強さが若干低下した．本実験の範囲内ではAS 2024 のオフセット量2mm が199MPa と最高値を示し，オフセット量0mm の約102%の値が得られたが，A5052 母材の82%の値であった．伸びはオフセット量の増加に伴い減少する傾向を示し，引張強さが低下した条件では伸びが低下した．

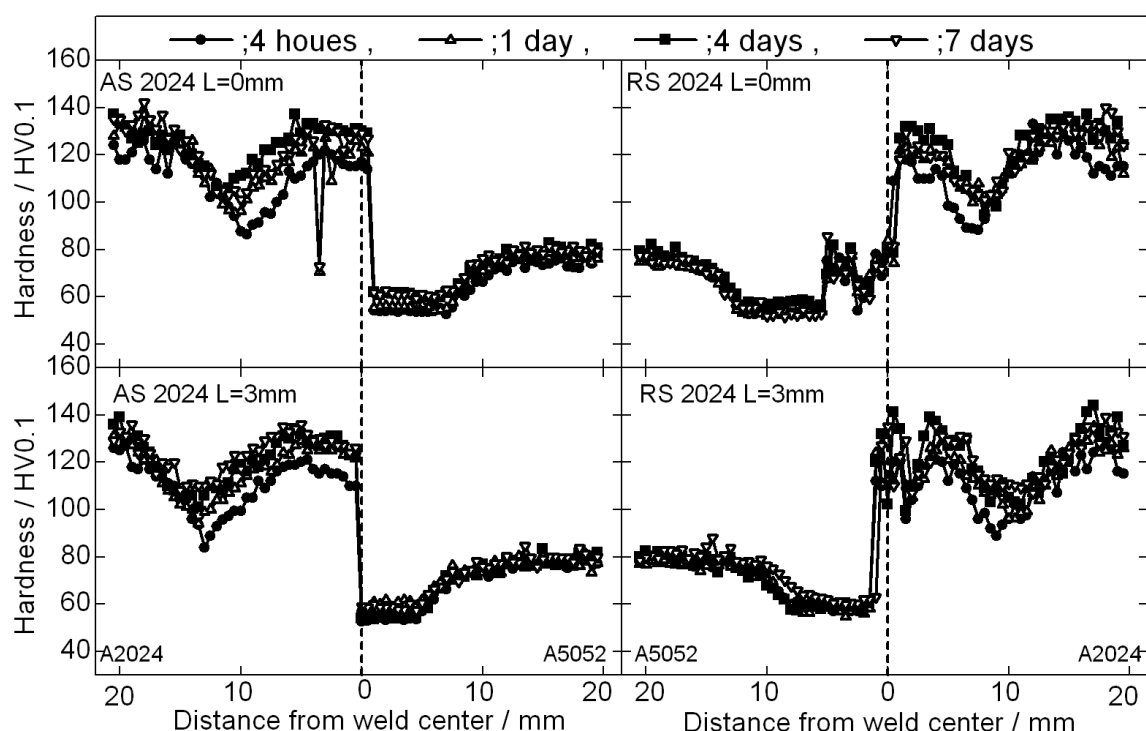


Fig.6 Hardness distributions of FSW joint.

Fig.8 に引張試験後の外観を示す. 引張強さが低い値を示した AS 2024 のオフセット量 3mm はオニオンリングに沿って RS 側で破断した. 引張強さが高い値を示した試験片では RS 2024 のオフセット量 2mm では図に示すようにオニオンリングの内部から破断しネッキングが観察されず, 伸びの低い試験片が一部には認められたが, 他の条件では A5052 側にネッキングが観察され, 最軟化部から破断した.

参考文献

- 1) 青沼昌幸, 津村卓也, 中田一博; 摩擦攪拌接合法による純チタンと AZ31 マグネシウム合金との接合性, 軽金属, 57, 3(2007), 112.
- 2) 柴柳敏哉, 前田将克; 5083/6061 異種アルミニウム合金の摩擦攪拌接合界面組織とその高温安定性, 軽金属溶接, 46(2008), 14.
- 3) 加藤数良, 時末 光; 5052 アルミニウム合金摩擦圧接継手の寄り挙動および機械的性質に及ぼす圧接条件の影響, 軽金属, 48(1998), 400.
- 4) 加藤数良, 時末 光; 2024 アルミニウム合金摩擦圧接継手の機械的性質, 軽金属, 40(1990), 351.

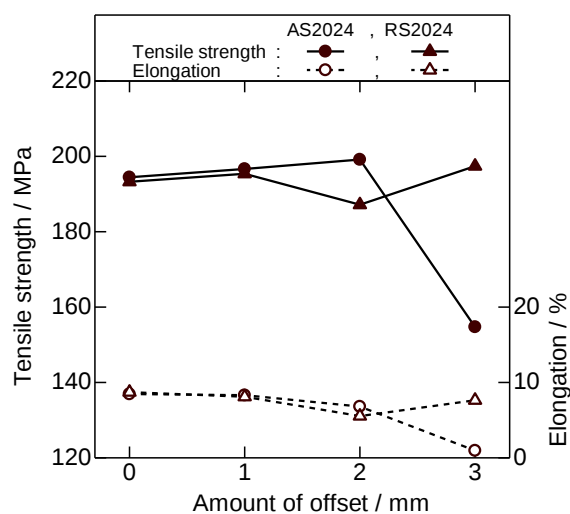


Fig.7 Results of tensile test of FSW joint.

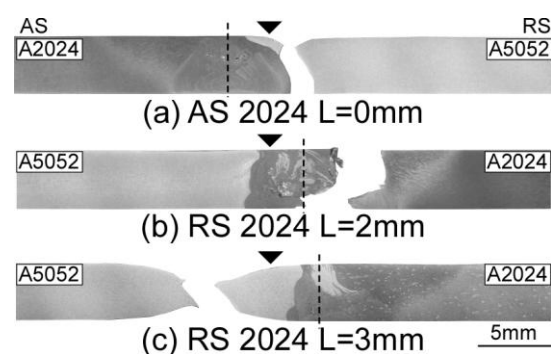


Fig.8 Appearances of tensile tested specimen.