

外部供給バルク材を用いた肉盛摩擦攪拌接合における肉盛材質の影響

日大生産工(院) ○濱名 晃平 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

近年、摩擦攪拌接合 (FSW) は軽金属材料の接合に限らず、鉄鋼材料や厚板の接合を要する様々な構造部材への適用が検討されている。しかしながら、このような高温強度が高い材料に対してFSWを行う場合、ワークからの反力による接合装置に対する負荷が懸念されることから大型かつ高剛性の接合専用機が必要となり、施工可能な設備が限定される。この問題の解決案として我々はFSWを行う際に複数パスによる肉盛接合を行うことを検討している。被接合材料の突合せ面に対して開口開先を設け、接合パスを複数回に分割することによって一度あたりのプローブ挿入量が抑制されるため、接合装置に対する反力の抑制が期待できる。しかしながら、FSWは一般的には減肉プロセスであるため肉盛接合を行うことは困難であるという認識が通説であり¹⁾、FSWによる肉盛接合技術の開発は大きな研究課題となっている。

著者らはこれまでに開口開先を設けた母材に対して肉盛材を外部から供給してFSWを行う肉盛摩擦攪拌接合法について検討し、研究報告を行ってきた。既報²⁾では、母材と同種材料の肉盛材を用いることで厚さ10 mmの厚板の接合を達成した。一方、溶接における溶加材には、通常溶接性を考慮して母材とは異なった材質が用いられることから、異種材料の肉盛材を使用した場合の継手特性について検討する必要がある。本報告では板厚5 mmのアルミニウム合金に対して、複数種類の材質の肉盛材を用いて肉盛FSWを行った。得られた継手の断面組織から肉盛材の流動挙動を調査し、機械的性質の比較を行うことで、肉盛材質が継手に与える影響についての検討を目的とする。

2. 実験方法

供試材には矩形開口開先を設けた板厚5 mmの2024-T3アルミニウム合金 (引張強さ460 MPa, 破断伸び20 %, 以後A2024) を長さ150 mm, 幅50 mmに機械加工して使用した。開先形状は母材の板厚方向に4 mm, 幅方向に1.25 mmとした。肉盛材には板厚5 mmのA1050-H24, A2024-T3, A5083-O, A6061-T6, A7075-T651を

それぞれ幅2.5 mmに機械加工して使用した。接合装置には主軸傾斜可能な汎用立フライス盤を使用した。接合ツールは合金工具鋼 (SKD61) をショルダー径20 mm, ショルダー角4°, プローブを長さ4.8 mmのM6ねじに機械加工して使用した。接合条件をTable 1に示す。本研究報告では接合速度のみを変化させた。肉盛接合中の模式図をFig.1に示す。肉盛材は接合方向の前方から走行中のツールに接触させ、圧入することで開先部の充填を行った。接合中に母材および肉盛材の温度測定を行い、得られた継手を4日間の自然時効処理後に外観、断面組織観察および引張試験による評価をいずれも室温で行った。接合部の組織観察は光学顕微鏡にて行った。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JIS14B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.2にA2024の同種材料の肉盛材を用いてV=3 mm/sの接合条件下でFSWを行った継手の巨視的SZ組織を示す。肉盛FSW継手には後退側(RS)の攪拌部(SZ)/熱加工影響部(TMAZ)境界近傍に初期酸化被膜が破砕されて帯状に連なった組織が形成されるが、本研究報告で作製した全ての継手内部にはFig.2の写真と同様に

Table 1 Friction stir welding conditions.

Parameter	Symbol	[unit]	Values
Rotational speed	N	[rpm]	1100
Welding speed	V	[mm/s]	1,3,5
Tilt angle	θ	[deg.]	3
Preheating time	t	[s]	30

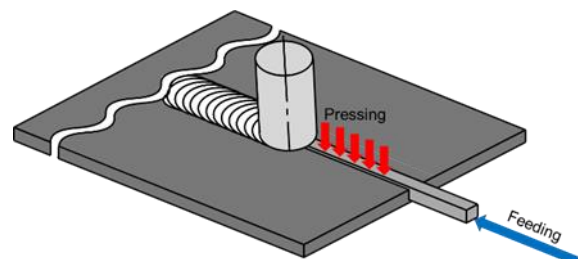


Fig. 1 Schematic diagram of build-up friction stir welding.

Effect of externally supplied bulk build-up material on build-up friction stir welded joints

Kohei HAMANA, Masakatsu MAEDA

酸化物は確認されない。このことは母材に設けた開先面の位置とプローブ中心位置との関係に起因する。本報告では肉盛材の開先部への流動挙動の調査を行うことを目的として母材に設けた開先幅が2.5 mmと既報³⁾での開先幅より狭く設定した。そのため母材と肉盛材との間に生じる二つの突合せ面はプローブ中心部近傍に位置していることから、突合せ面の初期酸化被膜がプローブによって十分に攪拌され、SZ内部に分散したと推察される。

Fig.3に $V=3 \text{ mm/s}$ の接合条件下でA1050とA6061の肉盛材を用いてFSWを行った継手の巨視的SZ組織をそれぞれ示す。写真内の赤い破線で囲まれた範囲に肉盛材が位置している。図よりA1050の肉盛材を用いた継手はA6061を用いた継手と比較してプローブによって攪拌されたSZ内部に肉盛材が占める総面積が減少しており、接合表層部に流動していることが分かる。このことからA1050の肉盛材を用いてFSWを行った場合の継手内部ではFig.4に示すような材料の流動が起きていると推察される。まず、図中(a)で示すように接合ツールの回転によって母材のA2024と肉盛材のA1050がプローブの周囲を流動する。ここで、A1050はA2024と降伏応力に差があることから流動の際に図中(b)で示すように前進側(AS)から流動してきたA2024による圧力がA1050肉盛材に加わることとなる。これにより継手横断面の模式図である図中(c)で示すようにA1050肉盛材が接合表

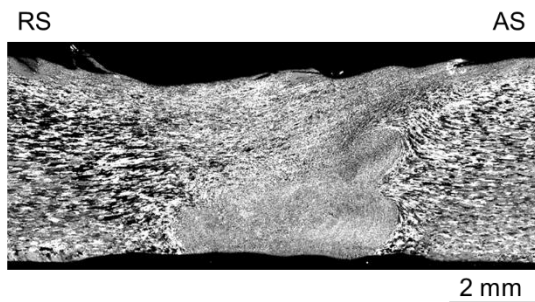


Fig. 2 Macrostructure of welded joint with A2024 build-up material.

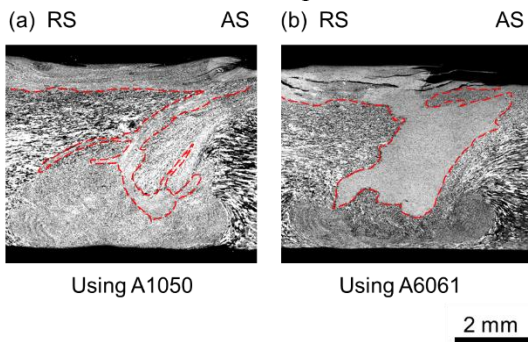


Fig. 3 Macrostructures of welded joint with (a) A1050 and (b) A6061 build-up materials.

層部に押し出され、SZ内部に肉盛材が占める割合が減少するという流動現象が生じている。

Fig.5にそれぞれの肉盛材ごとの引張試験の結果を示す。A1050の肉盛材を用いた継手は他の条件と比較して著しく機械的性質が低下し、試験片の採取位置によって引張特性にバラつきが生じる。一方でA6061の肉盛材を用いた継手は $V=1 \text{ mm/s}$ の接合条件においてA2024の同種材料の肉盛材を用いた継手と機械的性質に大きな差は生じず、一部の試験片においては熱影響部(HAZ)での破断が生じた。以上よりA6061の肉盛材は継手の機械的性質による観点と適正接合条件範囲の広い材料であるといった優位性から肉盛FSWに適する材料であると結論付ける。講演では他の種類のアルミニウム合金肉盛材および他の接合条件についても議論を行う。

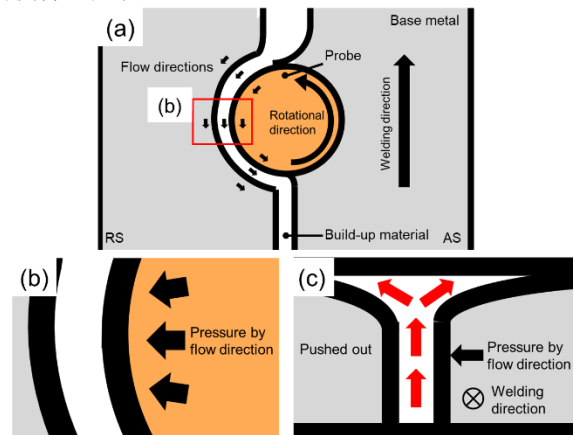


Fig. 4 Schematic diagram of flow direction of build-up material.

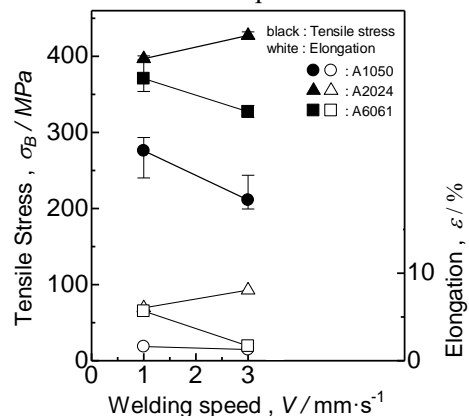


Fig. 5 Results of tensile test.

参考文献

- 1) 社会法人溶接学会編：摩擦攪拌接合—FSWのすべて—，産報出版，(2006)，17.
- 2) 瀧名晃平ら：軽金属学会第144回春期大会講演概要，(2023)，85-86.
- 3) 瀧名晃平ら：溶接学会講演発表概要，111 (2022)，92-93.