

6061 アルミニウム合金肉盛摩擦撹拌接合継手における

外部供給バルク肉盛材幅の影響

日大生産工(院) ○濱名 晃平 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

摩擦撹拌接合(Friction Stir Welding : FSW)はFSW接合装置をフライス盤で代用することが可能だが、被接合材が厚板の場合には装置の剛性不足により接合を達成することが困難となる。この問題の解決案として厚板を接合する際に被接合材に開口開先を設け、複数回接合処理を施すマルチパス接合が挙げられる。近年、ステーションリーショルダーFSW（以後SSFSW）にて開口開先を有する板材の接合を始めとした様々な接合技術が報告されている¹⁾。SSFSWを用いて開先の充填による厚板のマルチパス接合を検討した場合、2パス目以降の開先形状を無回転ショルダーでその場成形することになる。このことから我々は無回転ショルダーを用いることなく開口開先を充填可能な接合技術の開発を目指している。著者らはこれまでにFSWの際に外部供給材料を挿入した継手は、特定の接合条件ではSZとTMAZの境界部に形成されるlazy Sに沿って破断し、一般的なFSWを行った継手と比較して著しい強度低下が生じることを報告した²⁾。また、上述の問題点は接合速度に依存して定まる撹拌量の下限值以上となる接合条件においては生じないことが明らかとなった³⁾。撹拌量は高橋ら⁴⁾が定義した数式を元に、本研究ではFig.1に示すように母材に設けた開口開先に対して肉盛材を挿入することから以下のように定義する。

$$L = \frac{\pi D C_R N}{60V} \quad (1)$$

但し、 D (mm) はプローブ直径、 C_R (mm) はプローブを円柱とみなしたときのRS弦、 N (rpm) はプローブ回転数、 V (mm/s) は接合速度である。

本研究では、開口開先を設けた6061アルミニウム合金に対して、同種材料の角棒を肉盛材として外部から供給し肉盛FSWを行った。その後、肉盛材の外形寸法の差による撹拌量の変化が継手に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験方法

供試材には板厚5mmの6061-T6アルミニウム合金 ($\sigma_B=316$ MPa, $\delta=16.1$ %, 以後A6061) を

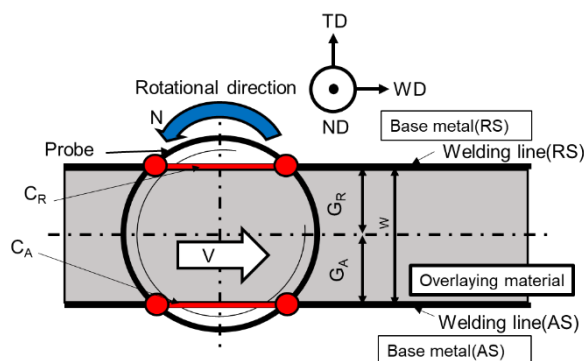


Fig.1 Relationship between welding line and probe when using Overlaying material.

長さ150mm、幅50mmに機械加工したものを用いた。開先形状を供試材のNDに4mm、TDに2.5mmとした板をASに配置し、NDに4mm、TDに2.5mm、2mm、1.5mmとした三種類の板をRSに配置し、それぞれ接合を行った。肉盛材には母材と同種材料のものを板厚5mm、長さ150mm、幅5mm、4.5mm、4mmに機械加工した三種類を用いた。接合には摩擦撹拌接合装置を使用し、Table 1に示す接合条件で行った。ツールには合金工具鋼(SKD61)をショルダー径20mm、ショルダー角4°として、プローブ形状をM6、プローブ長4.7mmに機械加工したものを使用した。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。

得られた継手の評価を引張試験、断面組織観察によりいずれも室温で行った。接合部の組織観察を光学顕微鏡にて、引張試験後の破面観察は走査型電子顕微鏡を用いて行った。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。

Table 1 Friction stir welding conditions.

Parameter	Symbol	(unit)	Value (s)
Rotational speed	N	(rpm)	1100
Welding speed	V	(mm/s)	1,5,10
Tilt angle	θ	(deg.)	3
Preheating time	t	(s)	30

Effect of width of externally supplied bulk overlaying material on overlaying friction stir welded joints of 6061 aluminum alloy

Kohei HAMANA, Masakatsu MAEDA

3. 実験結果および考察

Fig.2に $N=1100\text{rpm}$, $V=10\text{mm/s}$ の接合条件で幅5mmの肉盛材を用いて肉盛FSWを行った継手の巨視的組織を示す。SZの形状等, 一般的なFSWを行った継手と同様な継手組織が形成される。また, SZに着目した際にRSのSZ底部から接合上面にかけて初期酸化被膜の残存であるlazy Sが確認される。バルク材料を用いた肉盛FSWは通常のFSWとは異なり, 突合せ面が二つ存在するため, 突合せ面の初期酸化被膜の量は二倍である。このことから, 高接合速度の接合条件においては初期酸化被膜が十分に攪拌されないため, lazy Sとして継手断面に残存したと考えられる。

Fig.3に $N=1100\text{rpm}$, $V=10\text{mm/s}$ の接合条件で肉盛FSWを行った継手に関して, 継手断面に生じたlazy Sの全長を肉盛材幅ごとに示す。図より, 肉盛材の幅が増加するに伴ってlazy Sの全長も増加していることが分かる。このことは, 肉盛材幅の減少によって接合界面における攪拌量が増加したためであると考えられる。また, 図には示さないが幅4mmおよび4.5mmの肉盛材を用いて上述した接合条件で肉盛FSWを行った継手はlazy SがTDにのみ生じ, 幅5mmの肉盛材を用いた場合はFig.2のようにTDからNDに向けてlazy Sが生じる。このことから肉盛材幅4.5mmと5mmの間でlazy Sが形成されるプロセスが異なっていると考えられる。

攪拌量は, 値の増加に伴って継手に形成されるSZの幅が比例的に増加することが知られている。バルク材料を用いた肉盛FSWはプローブの中心位置が母材と肉盛材の突合せ位置と一

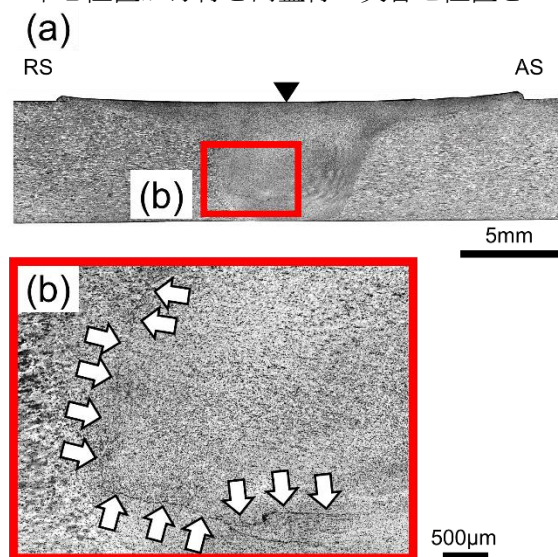


Fig.2 Macrostructure of welded joint.
($N=1100\text{rpm}$, $V=10\text{mm/s}$, the triangle mark is the position of the probe axis.)
(The white allows are lazy S.)

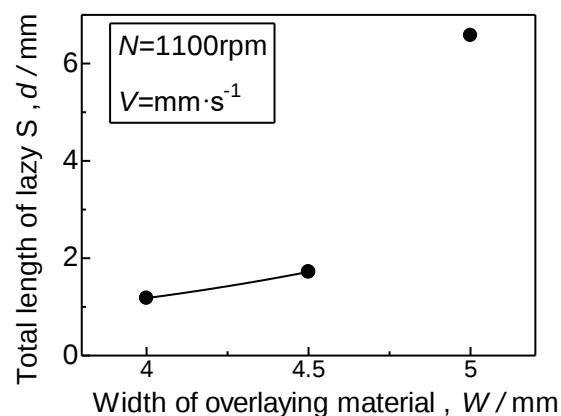


Fig.3 Relationship between width of overlaying material and total length of lazy S.

致しないことから, 形成されるSZの幅によっては母材部の攪拌不足が生じ, 継手強度に影響すると想定される。

Fig.4に $N=1100\text{rpm}$, $V=10\text{mm/s}$ の接合条件で肉盛FSWを行った継手の引張強度および破断伸びに対する肉盛材幅の影響を示す。図から, 肉盛材幅の増減に関わらず, 継手の引張強度および破断伸びの値に差は生じないことが明らかである。また, 図には示さないが肉盛材の幅の増減に関わらず, 破断は全てHAZで生じる。この結果より, 本研究の継手に生じたlazy Sはその全長に関わらず, HAZ以上の引張強度であるといえる。

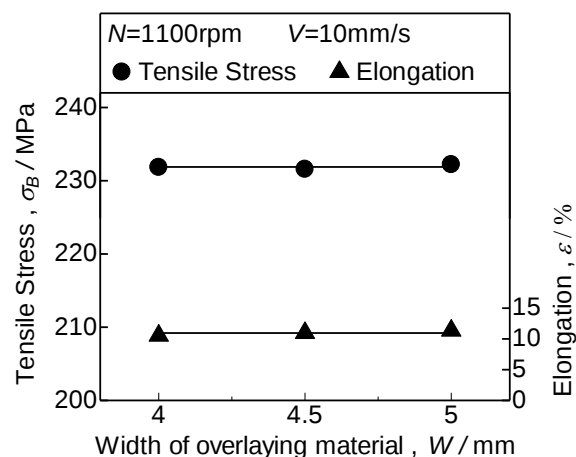


Fig.4 Results of tensile test.

参考文献

- 1) J. Martin: 溶接学会誌, **82** (2013), 181-184.
- 2) 濱名晃平ら: 溶接学会全国大会講演発表概要, **111** (2022), 92-93.
- 3) 濱名晃平ら: 軽金属学会第143回秋期大会講演概要, (2022), 179-180.
- 4) 高橋正詞ら: 軽金属, **71** (2021), 529-533.