

6061 アルミニウム合金同種材摩擦攪拌接合におけるショルダ無回転化と供金肉盛

日大生産工(院) ○佐羽 昭則

日大生産工 前田 将克

元日大生産工 加藤 数良

1. 緒言

摩擦攪拌接合(Friction stir welding:FSW)では、接合部の肉厚が母材厚さよりも減少することや隅肉接合などの複雑形状の部材の接合が困難な欠点がある。肉厚減少は継手の強度低下につながるため、肉厚減少を抑制するための接合条件の選定や工夫が必要となる。それに対し、ステーションナリーショルダ摩擦攪拌接合(Stationary shoulder FSW:SSFSW)では、ショルダを回転させないため、ショルダ形状の自由度が増し、接合箇所に適した形状を用いることが可能になる。従来の摩擦攪拌接合では被接合材側で対応する以外に方法がなかった隅肉接合も、SSFSWを用いることで容易になったという報告がある¹⁾。そこでステーションナリーショルダ型ツールに、肉盛材を供給する機構を設け、肉盛摩擦攪拌接合を行い、肉厚減少を防止することを考えた。

本研究では肉盛材を供給可能なステーションナリーショルダ型ツールを新たに開発し、これを用いて6061アルミニウム合金同士の肉盛摩擦攪拌接合を行い、得られた継手の外観、組織および機械的性質について検討した。

2. 供試材および実験方法

供試材には板厚5mm、幅50mm、長さ150mmの6061-T6アルミニウム合金を機械加工したものを同種接合した。供試材の機械的性質をTable1に示す。肉盛材には板厚1mm、板幅6mm、長さ150mmのA6061-T6を使用した。接合には全自動摩擦攪拌接合機を使用し、予備実験により選定したTable2に示す条件を組合せ、ルート間隔なしのI型突合せ接合とした。ショルダと供試材表面とのクリアランスは0mmとした。プローブはM6右ねじとし、ステーションナリーショルダおよびツール本体には合金工具鋼SKD61丸棒をFig.1に示すツール形状に機械加工して使用した。(a)のステーションナリーショルダおよび(b)の本体を玉軸受けを介して連結することによりツールを構成する。ショルダには底面に肉

盛材を供給する幅6mm、深さ1mmの溝を設けた。また予備実験においてプローブを上方から挿入した結果、発生したばりがショルダの下降を妨げたため、プローブは供試材の横から挿入した。ツールの回転方向と接合方向が一致する側を前進側(AS)、その反対を後退側(RS)と称する。

得られた継手は室温での外観検査、組織観察、引張試験により評価した。また比較のため、ショルダ径20mm、プローブM6右ねじ、長さ4.7mm、前進角3°の条件で通常のFSW継手も作製した。

Table 1 Mechanical properties of base metal.

Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV0.1)
340	16.2	115

Table 2 Friction stir welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	1200~1800
Welding speed	V (mm/s)	1
Tilt angle	θ (deg.)	0
Probe Insert speed	V_p (mm/s)	0.5
Preheating time	t (s)	0.1

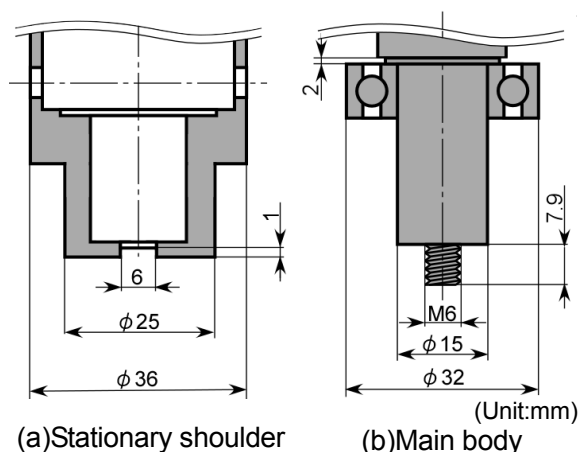


Fig.1 Shapes of the stationary shoulder tool.

Friction Stir Welding and Overlaying of 6061 Aluminium Alloy Using Stationary-Shouldered Tool.

Akinori SABA, Masakatsu MAEDA, Kazuyoshi KATOH

3. 実験結果および考察

Fig.2に継手の外観を示す。FSW継手にはAS、RSともにばりの排出が観察された。このことはプローブとショルダによる攪拌によって入熱量が大きくなったためだと考えられる。また、SSFSW継手と比較して接合部の幅が大きいことが観察された。このことはショルダ径に相当する幅の攪拌領域が形成されたためである。SSFSW継手は同接合条件で作製したFSW継手よりもばりの発生が抑制されている。接合時にショルダが回転しないことによって入熱量が小さくなり、熱影響範囲が縮小されたためである。接合部の幅は、プローブのみで攪拌領域が形成されたため、通常のFSWより小さくなった。

Fig.3に回転数1800rpmの継手横断面の巨視的組織を示す。SSFSW継手は、FSW継手に比べばりが減少し熱影響範囲が縮小したことがわかる。またSSFSW継手では、攪拌部底部が突出した形状となる。このことはプローブに設けられたねじによってプローブに接する材料が板厚下方向へ塑性流動するとともに、その外側で板厚上方向の材料流動が生じ、さらに外側にある材料が持ち上げられることによって起こったと考えられる。一方攪拌部の形状に着目するとSSFSW継手の板厚底部の攪拌の幅が広がっている。このことは、ショルダからの入熱がないことにより板厚上部に対して下部の温度が高く、より軟化したことを示している。

Fig.4に回転数1500rpm継手横断面の微視的組織観察を示す。全条件において攪拌部と熱機械的影響部の境界において、再結晶により結晶粒が微細化したことがわかる。またSSFSWの継手、はプローブのみの攪拌のためFSWの継手に比べ母材との境界面が明瞭に観察された。このことはプローブのみの攪拌によって接合したため肉盛材と供試材の間でプローブ周方向の攪拌が弱かったためと考えられる。

Fig.5にSSFSW継手の横断面板厚中央部の硬さ分布を示す。プローブ径に相当する位置で軟化域を示した。1800rpmの条件で接合した継手の中央部では、他の条件で接合した継手よりも高い硬さを示した。このことは、1800rpmで接合した場合には継手中央部の温度が溶体化温度以上に達し、冷却過程において強化粒子の析出が生じたのに対し、1800rpmにおける他の部位および他の回転数の場合は溶体化温度に達せず、過時効により軟化したと考える。

参考文献

- 1) Jonathan Martin:溶接学会誌, 82(2013), 181-184.

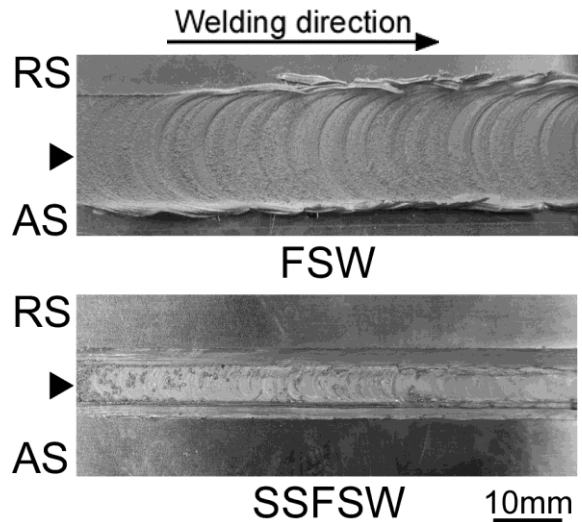


Fig.2 Appearances of joint.
(N=1800rpm)

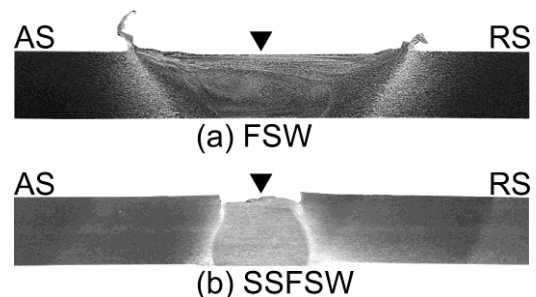


Fig.3 Macrostructures of joint. (N=1800rpm)

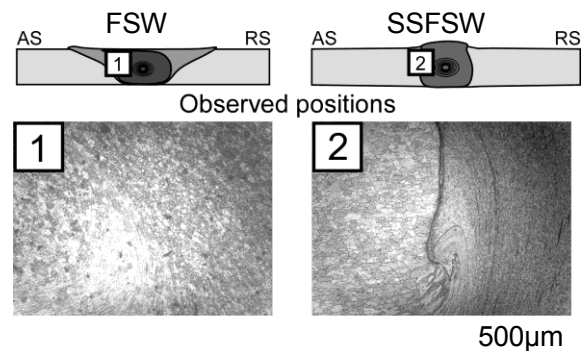


Fig.4 Microstructures of joint. (N=1500rpm)

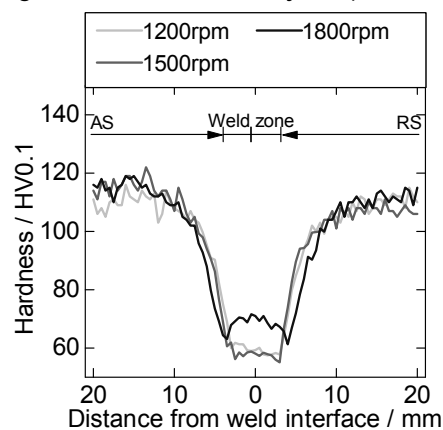


Fig.5 Hardness distributions of joint.