

## 6000系アルミニウム合金厚板の肉盛摩擦攪拌接合

日大生産工(院) ○佐羽 昭則

日大生産工 前田 将克

## 1. 緒言

摩擦攪拌接合(Friction stir welding:FSW)は摩擦熱と塑性流動を利用した固相接合法である。従来はその接合が困難であったため、適用分野が制限されていた高強度アルミニウム合金を接合できる接合法として注目を集めている。一方で、FSWは従来の接合法には見られない問題を複数抱えている。その一つに、厚板のマルチパス接合技術が確立されていないことが挙げられる。現状のFSWでは厚板を接合する場合でも1パスで接合を達成させなければならず、接合装置やツールの剛性に上限があるため、個々の装置が接合できる板厚にも上限が生じる。高剛性の接合装置や接合ツールは高価かつ短寿命であり、製造コストを著しく増大させる要因となる。

近年、FSW用接合ツールを構成するショルダーとプローブのうちショルダーを回転させないステーションナリーショルダー摩擦攪拌接合(Stationary shoulder FSW:SSFSW)が開発され、アルミニウム合金や鉄鋼材料、チタン合金などに適用した研究報告がある<sup>1)</sup>。ショルダーを回転させないことにより肉盛用材料を接合部に重ねて設置して肉盛接合することを可能とするなど、技術的柔軟性を与えられるようになった。そこでステーションナリーショルダー型ツールを用いて、肉盛接合を行うことにより、厚板のマルチパスFSWが実現可能になると考えた。

本研究では、肉盛材供給式ステーションナリーショルダー型ツールの開発と厚板のマルチパス摩擦攪拌接合への適用について検討した。

## 2. 供試材および実験条件

供試材には板厚10mmの6061-T6アルミニウム合金板(以後、A6061と称す)をFig.1に示す開先形状となるように機械加工したものを用い、同種材接合した。供試材の機械的性質をTable1に示す。肉盛材には直径2mm、長さ200mmのA6061-T6アルミニウム合金丸棒を使用した。肉盛材の先端は、接合の際にプローブに巻き込まれるように、楔形形状に機械加工を施した。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に示す条件を組み合わせ、ルート間隙なしで突合せ接合とした。ステーションナリーショルダーおよびツール本体には合金工具鋼SKD61を使用し、Fig.2に示す形状に機械加工して使用した。Fig.2(c)、(d)のステーションナリーショルダーおよび(a)、(b)のツール本体は独立しており、玉軸受を介して連結することによりツールを構成する。ステーションナリーショルダーには側面に肉盛材を供給する直径3mmの穴を設けた。Fig.3に示すように接合を3パスで行い、1パス目は肉盛材なしで接合をし、ツ

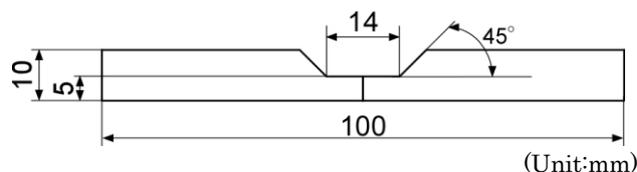


Fig.1 Shape of a specimen

Table1 Mechanical properties of base metal.

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

Table2 Friction stir welding conditions.

Rotation speed $N$ (rpm)	1200 ~ 1800
Welding speed $V$ (mm/s)	0.5
Tilt angle $\theta$ (deg.)	0
Preheating time $t$ (s)	0.1

Friction Stir Welding and Overlaying of 6061 Aluminium Alloy  
Using Stationary-Shouldered Tool.  
Akinori SABA, Masakatsu MAEDA,

ール本体のプローブ部は円筒型にした。2パス目以降は肉盛接合とした。2パス目以降はツール本体にネジ付プローブを用いた。また、1パス目では供試材中央部、突合せ面から15mm、20mm、25mmの位置でK型熱電対を使用し温度測定を行った。

### 3. 実験結果および考察

Fig.4 に回転数 1200rpm, 接合速度 0.5mm/s の条件で接合した温度履歴を示す。接合中の最高到達温度を比較すると、15mm、25mmの位置でASがそれぞれ483K、440K、RSがそれぞれ464K、423Kとなり、ASの最高温度がRSの同位置に比べ高くなった。FSWでは、一般に塑性流動が生じるツールに近い領域ほど、温度が接合面に対して左右非対称性が顕著になる。このことは、入熱が補助加熱や予熱施工をしない限り、ツールを介して材料の接合部に発生する周速度に対する機械的仕事が熱源となるからである<sup>2)</sup>。そのためツールの接合方向と回転方向が一致するASの温度が高くなる。また、図には示さないが、同一の接合条件で板厚5mmのA6061でSSFWSを行った結果、最高温度が15mm、25mmの位置でそれぞれ約580K、480Kとなった。このことは、板厚により熱容量が異なり温度上昇量が変わるめだと考えられる。

Fig.5(a)に回転数1200rpm, 1パス目の接合部の継手横断面の外観を示す。攪拌部のばりに着目すると、RSに僅かながらばりの発生が確認できた。このことは加熱軟化範囲よりも、ショルダーが押さえる範囲が狭いためだと考える。Fig.5(b)に回転数1200rpm, 2パス目の接合部の継手横断面の外観を示す。1パス目に比べRSに顕著なばりが生じた。このことは、供試材がツールを周回する塑性流動を起こしたためだと考えられる。また、ショルダーから挿入した肉盛材はプローブのネジに上手く巻き込まれず、肉盛を行うことが出来なかった。肉盛材の先端は楔形形状に機械加工を施していたため、接合する際先端がプローブの回転により巻き込まれたが、先端以降が巻き込まれなかったのが原因であると考えられる。

### 参考文献

- 1) For example, P. S. Davies, et al. :Metall, Mater, trans, A, 42 (2011), 2278-2289
- 2) 社団法人溶接学会編：摩擦攪拌接合-FSWのすべて-産報出版株式会社, (2006), 80-81.

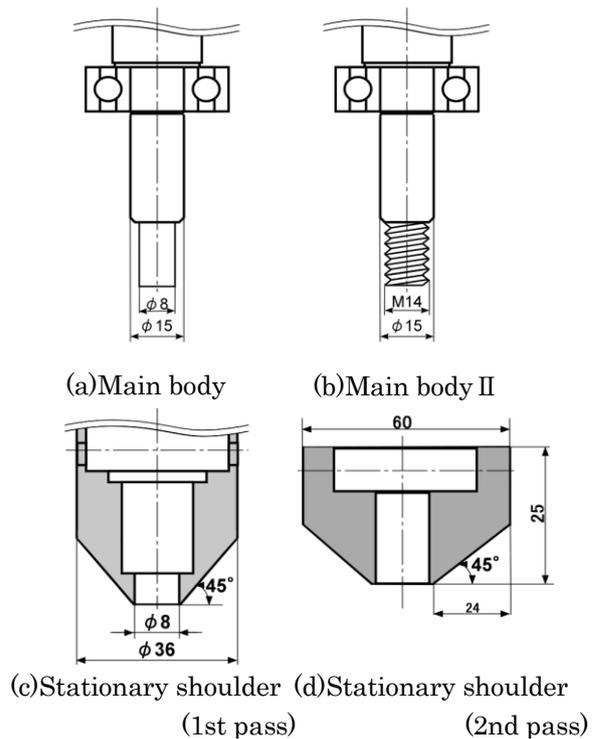


Fig.2 Shapes of the stationary shoulder tool.

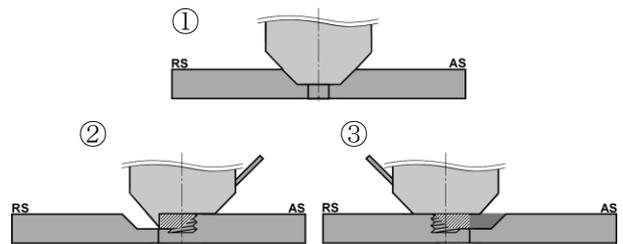


Fig.3 welding process

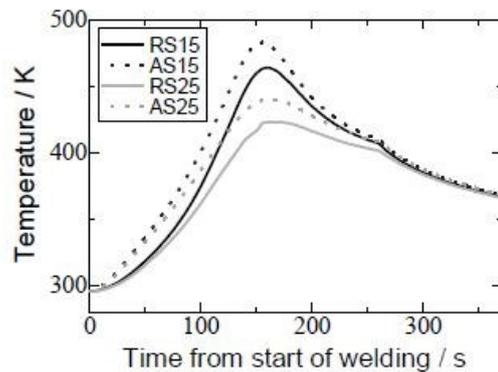


Fig.4 Temperature-time histories.

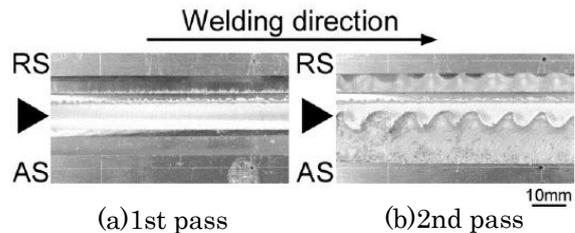


Fig.5 Appearances of welding joint. (N=1200rpm, V=0.5mm/s)