

肉盛摩擦攪拌接合ツールの開発

日大生産工 (院) ○濱名 晃平 日大生産工 前田 将克

1. 緒言

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding: FSW) はその原理から FSW 接合装置をフライス盤で代用することが可能であるが、被接合材が厚板である場合には機械の剛性不足により接合を達成することが困難である。このことから高剛性の接合専用機を有していない場合には厚板の FSW は困難であり、技術の普及を妨げる要因の一つとなっている。この問題の解決案として厚板を接合する際にアーク溶接等で実施されている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考えられる。しかしながら FSW はその原理上接合後に被接合材表面にバリが発生し減肉してしまうことから上記の解決案は困難であり、FSW にて肉盛を達成する技術の開発が望まれている。近年、固定ショルダを用いた様々な接合技術が考案されているが、いずれも FSW にて肉盛を達成する解決案には至っていない。¹⁾

そこで本研究では、新たに考案した肉盛摩擦攪拌接合ツールと一般的に用いられるツールにて板厚 5mm の 6061 アルミニウム合金の突合せ FSW を行った。得られた継手の断面組織、引張強度について比較を行うことで新たなツールが摩擦攪拌接合に適用可能であるか検討した。

2. 実験方法

供試材には板厚 5mm の 6061-T6 アルミニウム合金 (以後 A6061) を長さ 100mm、幅 50mm に機械加工したものをを用いた。供試材の機械的性質を Table 1 に示す。接合には全自動摩擦攪拌接合機を使用し、Table 2 に示す接合条件にて行った。ツールには合金工具鋼 (SKD61) をショルダ径 20mm、ショルダ角 4° として、プローブ形状を M6、長さを 4.7mm に機械加工したものと、ショルダ外縁部を面取りした円錐台形状のものを使用した。円錐台形状のツールの模式図を Fig.1 に示す。肉盛摩擦攪拌接合は被接合材に V 開先を設け、開先部にショルダを沿わせながら

Table 1 Mechanical properties of the base metal.

Material	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
A6061-T6	317	16.2

Table 2 Friction stir welding conditions.

Parameter	Symbol (unit)	Value/Range
Rotational speed	N (rpm)	600 ~ 1800
Welding speed	V (mm/s)	1 ~ 7
Tilt angle	θ (deg.)	3
Probe insert speed	V (mm/s)	0.2
Preheating time	t (s)	30

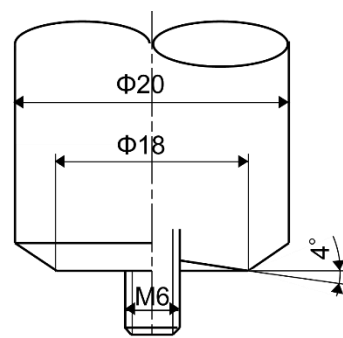


Fig.1 Schematic illustration of trapezoidal tool.

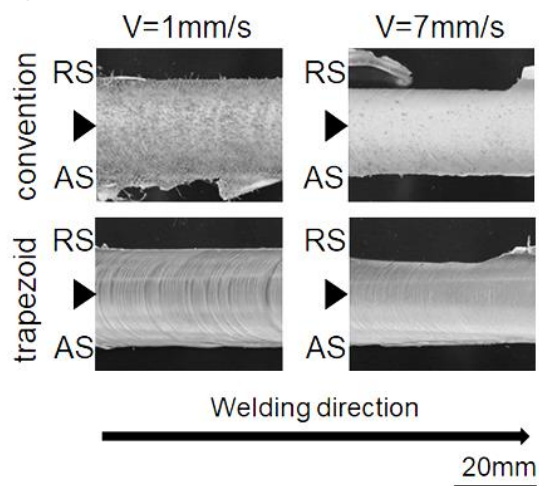


Fig.2 Appearances of welding joint. (The marks are weld interface.)

Invention of overlay friction stir welding tool

Kohei HAMANA, Masakatsu MAEDA

接合させることを想定しているため、上記のような形状を設計した。

得られた継手の評価を外観検査、断面組織解析、引張試験によりいずれも室温にて行った。引張試験片は接合方向に垂直に JIS14B 号試験片を作製し、試験を行った。

3. 実験結果および考察

Fig.2 に接合部の外観を示す。いずれの条件でも外観上に欠陥はなく、接合速度の上昇に伴ってビード幅が減少する傾向が観察された。しかしながら、このビード幅の減少は後述する引張試験の結果から引張強さに関係しない。

Fig.3 に通常のツールと円錐台形状ツールを使用し、1200rpm, 7mm/s の接合条件にて接合を行った継手の接合部横断面の巨視的組織を示す。後述する二つの条件を除いた全ての接合条件においてルートフロー等の欠陥は生じておらず接合は健全に達成されている。また、ツールの変更に伴って攪拌部の形状に差は生じなかった。

Fig.4 に接合部の微視的組織を示す。通常のツールでは $N=600\text{rpm}$, $V=5\text{mm/s}$ 、円錐台形状ツールでは $N=600\text{rpm}$, $V=7\text{mm/s}$ の条件にて供試材裏面近傍の攪拌部に空洞状の欠陥が生じた。 $V=5\text{mm/s}$ の条件にて欠陥部の平均結晶粒径は同条件の良好な組織と比較して 55.6% 減少し、 $V=7\text{mm/s}$ では 53.1% 減少した。これらの欠陥は攪拌領域の温度が低く、流動が円滑に生じなかったためと考えられる。

Fig.5 に継手の引張強さおよび伸びと接合速度の関係を示す。いずれの条件においても引張強さは接合速度の増加に伴って上昇した。伸びは 8% に近い値を示し、破断は熱影響部にて生じた。通常のツールと円錐台形状ツールにて引張強さの差は 5MPa 程度、伸びに差はないことから本実験での形状の変更は機械的性質に影響を与えないと判断する。また、空洞状の欠陥が生じた条件においても引張強さ、伸びは他の条件と近い値を示し、欠陥部から破断が生じなかったことから熱影響部への入熱が過剰であると考えられる。

4. 結言

ツール形状の変更によって欠陥が生じていない点、機械的性質に影響を与えない点を踏まえ、本実験により開発したツールは肉盛摩擦攪拌接合に適用可能であると判断した。

参考文献

1) Jonathan Martin: 溶接学会誌, 82-3(2013),

23-26

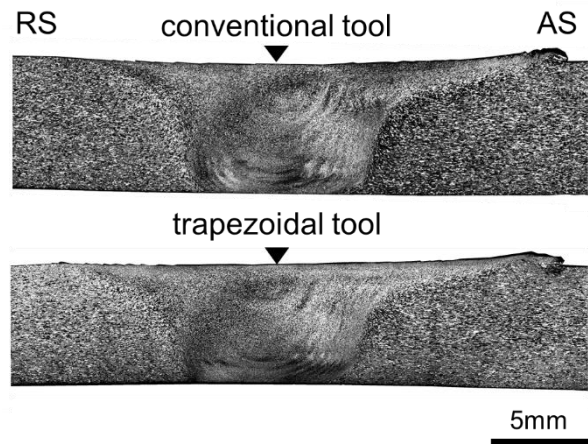


Fig.3 Macrostructures of welded joint. (1200rpm,7mm/s)

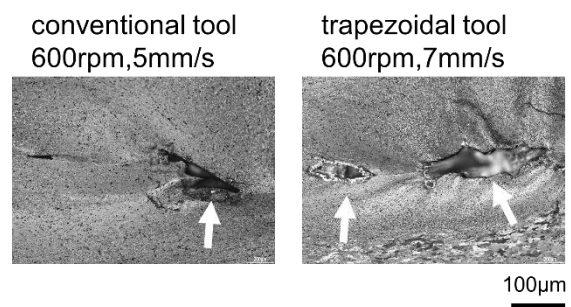


Fig.4 Microstructures of welded joint. (The white arrows are defect.)

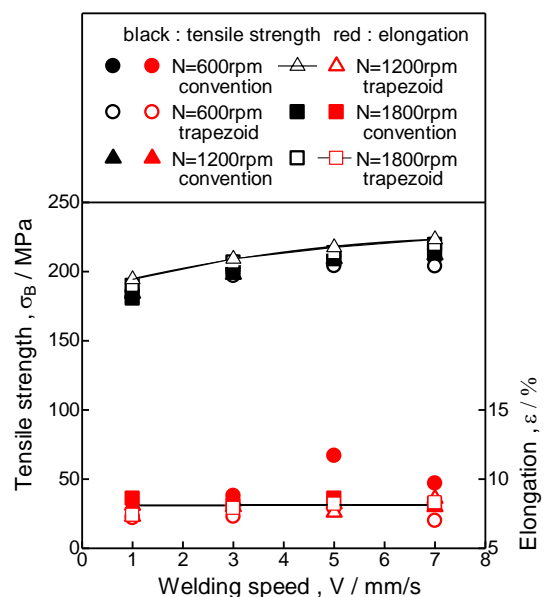


Fig.5 Results of tensile test.