



ORIST

# Technical Sheet

No. 09001

## 摩擦攪拌接合技術 (FSW)

キーワード：摩擦攪拌接合、FSW、接合、固相接合

### 摩擦攪拌接合の原理

摩擦攪拌接合 (FSW:Friction Stir Welding) は 1991 年に英国の TWI (溶接研究所) が考案した技術で、金属の接合法としては比較的新しい部類に入ります。図 1 に接合原理の模式図を示します。ショルダとプローブと呼ばれる部分からなる特有の形状を有するツールを高速回転させながら材料に挿入します。このときプローブ部は材料中に完全に挿入されますが、ショルダは材料表面に接触する程度まで押し込むのが通常です。そのため、プローブ長さは板厚に対して 0.1~0.2mm 程度短いものが一般的で、ショルダ径は板厚に応じて変えます。回転しているツールを突合せ面に沿って移動させ、このときに発生する摩擦熱と回転による材料の攪拌を利用して元々の界面を完全に消失させ接合します。攪拌力を増大させるために、図 2 のようにプローブ部分にネジ加工されたツールが一般的に使用されています。FSW は、接合中の最高到達温度が被接合材の融点よりも低く、材料を溶かさず接合する、いわゆる固相接合法の一つです。

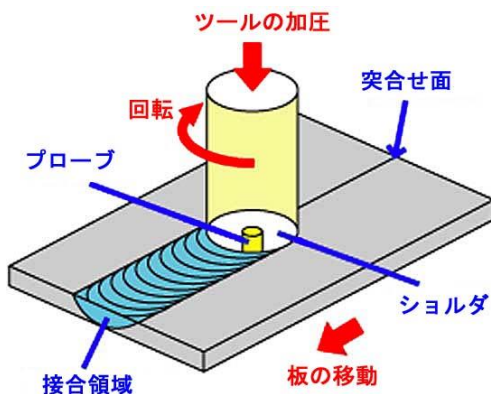


図 1 FSW の接合原理模式図



図 2 汎用形状の FSW ツール (ショルダ径は 12mm)

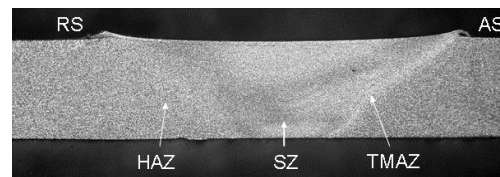


図 3 接合断面組織 (5083Al)

### 摩擦攪拌接合の特徴

図 3 に FSW によって接合された接合部の断面組織を示します。FSW の接合部は、著しく微細な結晶粒で構成されており、鑄造組織が形成される溶融溶接とは大きく異なっています。FSW の接合部組織をさらに詳細に識別すると、3つの領域に区別することができます。中央部分は攪拌部 (Stir Zone : SZ) と呼ばれる部分で、動的再結晶により結晶粒が著しく微細になっています。攪拌部の外側には、ツールの回転に伴い塑性変形を受け結晶粒が伸長した組織からなる熱加工影響部 (TMAZ : Thermo-Mechanically Affected Zone), さらにその外側には熱の影響のみ受けた熱影響部 (HAZ : Heat Affected Zone) が存在します。

FSW は従来の溶融溶接法にはない以下のような優れた長所を有しています。

- ① 接合部の強度低下が小さい  
(接合部の結晶粒の微細化に起因)
- ② 接合後の変形が小さい  
(アーク溶接と比較して数分の一)
- ③ 欠陥・割れなどが発生しにくい
- ④ 接合前処理(開先加工等)が原則不要
- ⑤ フィラーが原則不要
- ⑥ シールドガス不要(低融点金属接合時)
- ⑦ 異種金属接合が比較的容易である
- ⑧ ヒュームやスパッタなどが発生せず、作業環境に優れる

このような利点から、現在ではアルミニウム合金を中心として、新幹線をはじめとする鉄道車両、自動車、船舶、橋梁等にすでに活用されています。一方で、作業上の問題点として、接合時に材料を強固に拘束する必要があること、複雑形状の接合時にはツールの位置制御が困難であり材料形状の制約をうけるといった問題点があります。

#### 摩擦攪拌接合装置

当研究所に設置された接合装置の概観を図4に示します。この装置は平成16年の文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業において開発され、その特徴は2種類の接合用ツールヘッドを持つことです。図4(a)は、新素材

や厚板の接合を対象とした高出力ヘッド(直線接合のみ)で、図4(b)は、曲線および曲面接合を対象とした3次元曲面用ヘッド(5軸)です。高出力ヘッドでは10mm厚のアルミニウム合金や、鉄鋼・チタンなどの高融点金属の接合も可能となっています。3次元曲面用ヘッドでは、3mm厚程度のアルミニウム合金での曲線・曲面接合が可能です。

#### おわりに

FSWは、その優位性から画期的な接合技術として実用化され始めています。しかし、本技術の基本特許は平成24年11月まで存在し、それまでの期間中この技術を使用する際には、TWIとライセンス契約をする必要があります。当研究所装置は、アカデミックライセンスを有しており、学術的研究開発および教育を目的として使用しております(商用利用不可)。このライセンスは摩擦攪拌技術実用化研究会に継承されておりますので、入会(無料)いただければ、開放機器として利用でき、ライセンスの範囲内でFSWの技術開発、試作を行うことができます。装置の詳細、利用方法、技術相談、その他ご不明な点は担当者までご連絡ください。皆様のご利用をお待ちしております。

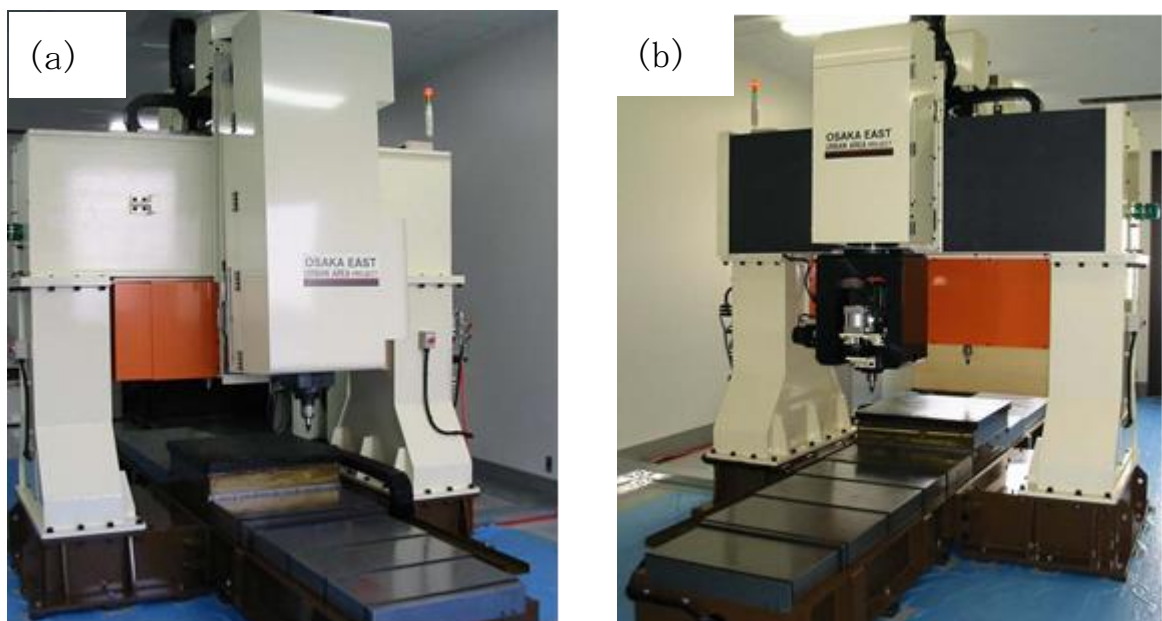


図4 摩擦攪拌接合装置概観