

## Friction Stir Welding (摩擦攪拌接合)法による金属間接合プロセスの熱工学的研究：実験装置と予備実験の概要(平成13年度 機能研所長リーダーシップ経費(若手奨励研究)による研究の紹介)

富村, 寿夫  
九州大学機能物質科学研究所

<https://doi.org/10.15017/7956>

---

出版情報：九州大学機能物質科学研究所報告. 16, pp.23-25, 2002. 九州大学機能物質科学研究所  
バージョン：  
権利関係：

# Friction Stir Welding (摩擦攪拌接合)法による 金属間接合プロセスの熱工学的研究 (実験装置と予備実験の概要)

富村 寿夫

## Study on Friction Stir Welding Process between Two Different Metals (An Outline of Experimental Apparatus and Preparatory Experiments)

Toshio TOMIMURA

As a first step for clarifying the effect of rotation directions of a tool in the Friction Stir Welding (FSW) process, preparatory experiments have been conducted using a pure aluminum A1050 plate and an aluminum alloy A7050 plate. From the experiments, surface temperature fields of the tool and the aluminum plates are shown to differ depending on the combination of the aluminum plates and the plates butt pressure.

### 1. はじめに

Friction Stir Welding 法は、1991 年、英国ケンブリッジの The Welding Institute において開発された新しい金属接合法である。その原理は、円柱状のショルダーとネジ状のピンから構成されるツールを回転させながら部材に挿入し、部材を軟化、塑性流動させ接合を行うものである。この方法は、従来熔融溶接が困難とされてきたアルミニウム合金やマグネシウム合金をはじめとする構造用軽金属材料の接合を可能とし、これまでに航空機、自動車、鉄道車両などの輸送機器をはじめとする多くの産業分野において実用化に向けた研究が活発に行われている。しかし、その歴史も開発されてから 10 年余りと浅く、接合プロセスの熱工学観点からの基礎的、系統的アプローチは殆ど行われていないようである。

そこで、本平成 13 年度所長リーダーシップ経費・若手奨励研究においては、異材接合において報告されている、接合結果に及ぼすツールの回転方向の影響<sup>(1)</sup>を理論的、実験的に解明することを目的とする。すなわち、高強度を有する展伸材である反面、耐食性が低く、特に溶接やロウ接が困難な A7075 アルミニウム合金と強度は低いものの耐食性や溶接性に優れている A1050 純アルミニウムを接合する場合、ツールの回転方向に対して A7075 を前進側、A1050 を後退側に配

置した場合と、逆に A1050 を前進側、A7075 を後退側に配置した場合では全く異なる接合結果が得られ、特に後者ではツールの通過した領域が大きく穿たれている<sup>(1)</sup>。

ここでは、若手奨励研究費により購入した実験装置とその装置により得られた予備実験結果の概要について報告する。

### 2. 実験装置および接合金属

Fig. 1 に実験装置の写真を示す。本装置は、単相 100V、750W(1HP)のモーターで駆動される卓上フライス盤、ツールおよびテーブル上に固定した接合用金属板保持台により構成され、主な仕様は Table 1 に示す通りである。

Fig. 2 にツールの写真を示す。本研究では、ツールと接合金属間の熱的相互作用を基礎的に検討するため、ツール先端にはネジ状のピン部を設けないフラットな形状とした。ツールは直径 20mm の特殊鋼 SKH51 製であり、加工後、熱処理が施されている。

Fig. 3 に接合用金属板保持台の写真を示す。保持台はステンレス製であり、外寸は縦 250mm、横 330mm、高さ 50mm である。保持台底板上には、Fig. 4 に示す、縦 20mm、横 20mm、高さ 30mm のステンレス製角柱を 9 本埋め込んだ縦 150mm、横 250mm、厚さ 30mm の断熱用発泡スチロール板と縦 150mm、横 250mm、厚さ 5mm のベークライト板を敷き、その上に接合用金属板を置いた。金属板の保持は、Fig. 3 に示したように、上方向 4 点からのボルトによる圧縮力および長手

受理日 2002 年 9 月 30 日

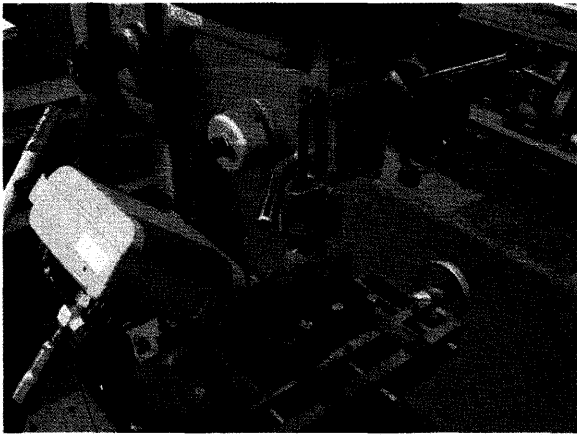


Fig. 1 Experimental apparatus for FSW

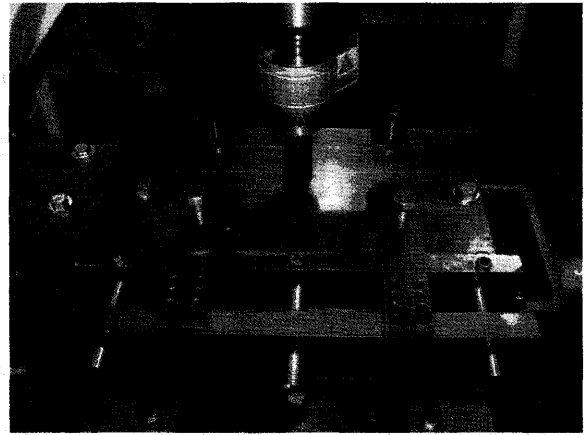


Fig. 3 Work holder

Table 1 Specifications of experimental apparatus

Number of rotations	110 – 2620 rpm
Moving speed of table	46 – 412 mm/min
Table dimensions	160 mm × 520 mm
Main motor	750 W (1HP)

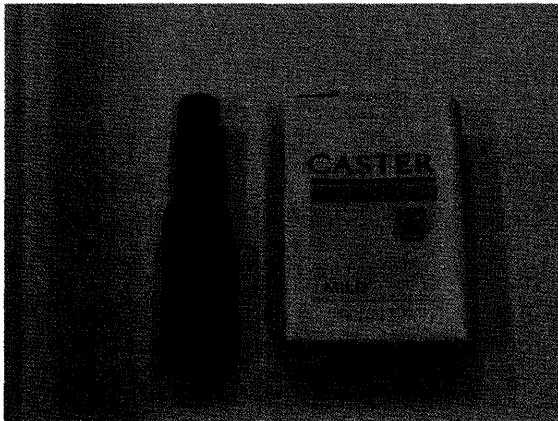


Fig. 2 Flat faced tool (Special steel SKH51)

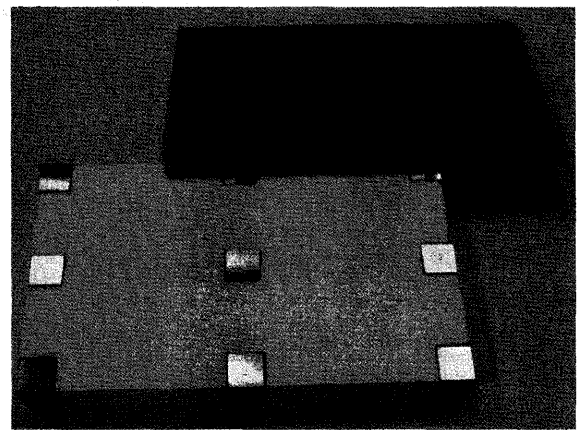


Fig. 4 Styrofoam and bakelite plates for thermal insulation

Table 2 Physical properties of A1050 and A7075

	A1050	A7075
Brinell hardness	20	150
Density (kg/m <sup>3</sup> )	2700	2800
Melting temp. range (°C)	646 – 657	476 – 638
Thermal cond. (W/mK)	238	132

方向側面板による圧縮力により行っている。なお側面板は中央のロッドを回転させることにより移動する機構になっている。

Table 2 に、本実験で使用する純アルミニウム A1050 とアルミニウム合金 A7075 の主な物性値を示す。金属板の寸法は、縦 75 mm あるいは 150mm、横 250mm、厚さ 5mm である。

今回の予備実験においては、まず金属板が移動しない場合について、赤外線放射温度計 TVS-2000 (日本アビオニクス(株)製) によるアルミニウム板とツールの表面温度場を観察した。その際、アルミニウム板とツール表面に耐熱黒体塗料を塗布し、両者の表面状態を合わせるようにした。

### 3. 予備実験結果

Fig. 5 に、ツール回転数が 1160rpm の場合の測定結果を示

す。ここで、ツールの回転方向は矢印で示すように時計回りであり、放射温度計の設定条件としては、放射率を 0.95、アベレーシング(画質改善)を 8 とした。なお、アルミニウム板へのツールの押し付け圧力は出来る限り一定となるようにしたが、材質が軟らかい A1050 ではツールのピビリが発生し易く、押し付け圧力を調整しながら測定を行った。

Fig. 5(a) および 5(b) は、それぞれ、縦 150mm の A1050 板および A7075 板のツール押し付け後約 20min における温度場である。材質が硬く、熱伝導率の低い A7075 板の方が温度が高く、ツールの温度も高くなっている。

Fig. 5(c) は、左半分が A1050 板(縦 75mm)、右半分が A7075 板(縦 75mm)の場合のツール押し付け後約 10min にお

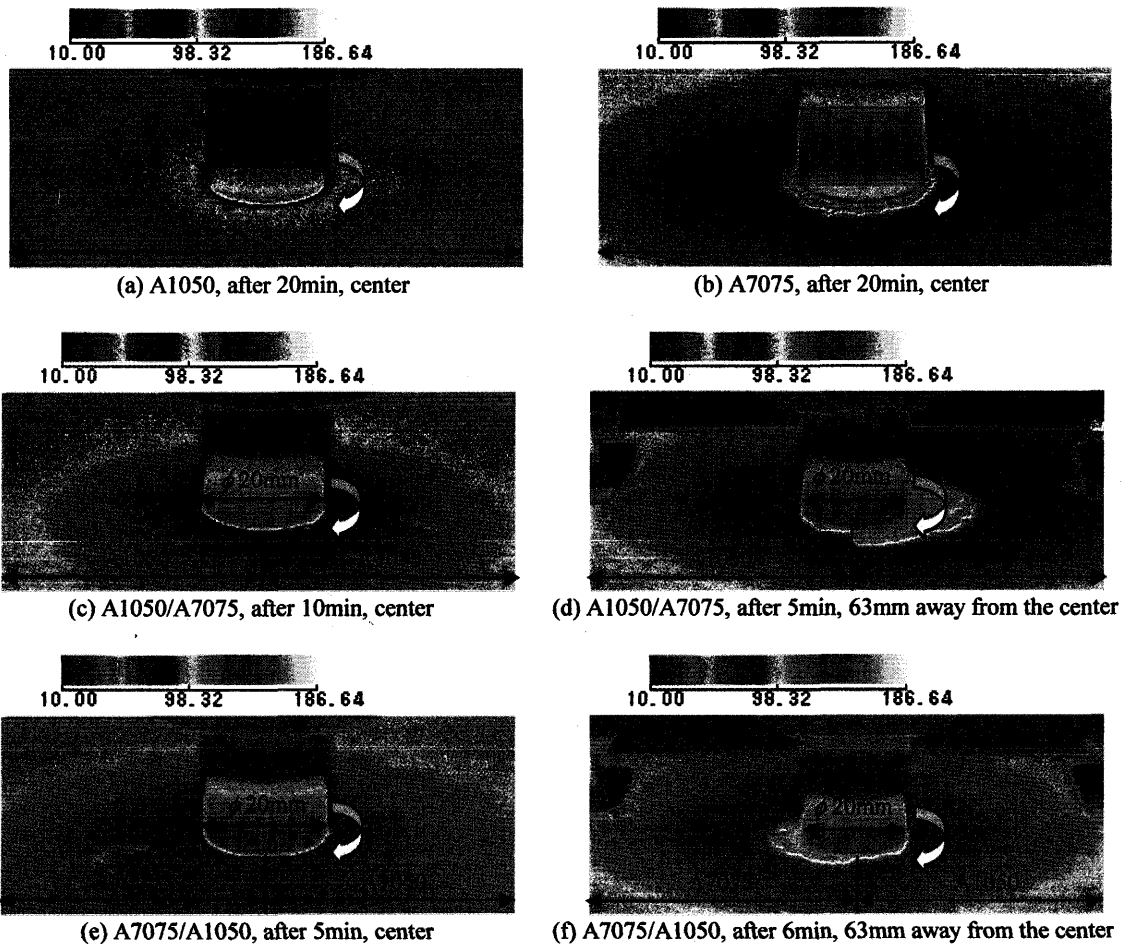


Fig. 5 Measured results (Number of rotation of tool; 1160 rpm)

ける状態であるが、ほぼ軸対称な温度場が形成されている。この場合、ツールは長手(横)方向中央部でアルミニウム板と接触しており、ツール直下でのアルミニウム板同士の接触状態は良好であると考えられる。

一方、Fig. 5(d) は、Fig. 5(c) と同じ材料構成で、ツールを長手(横)方向中央部から 63mm ほど外側に離れた位置でアルミニウム板と接触させた場合の、ツール押し付けから 5min 後の状態である。材質が硬く、熱伝導率の低い A7075 板側の温度が高い非軸対称な温度場が形成されている。この原因として、中央部のロッドによる長手方向側面板の圧縮力が不十分で、ツール直下でのアルミニウム板同士の接触熱抵抗が増大したためと考えられるが、今後、この圧縮力すなわちアルミニウム板突合せ圧力の分布を定量的に評価する必要がある。

Fig. 5(e) は、左半分が A7075 板(縦 75mm)、右半分が A1050 板(縦 75mm)の場合のツール押し付け後 5min における状態である。この場合、ツールは長手(横)方向中央部でアルミニウム板と接触しており、Fig. 5(c) の場合と同様、ほぼ軸対称な温度場が形成されている。

Fig. 5(f) は、Fig. 5(e) と同じ材料構成で、ツールが長手(横)方向中央部から 63mm ほど外側に離れた位置にある場合の、ツール押し付けから 6min 後の温度場である。この例は

Fig. 5(d) における A1050 と A7075 を左右入れ替えた構成であるが、本予備実験では材料あるいはツールが長手(横)方向に移動していないので、Fig. 5(d) の場合とほぼ同じ A7075 板側の温度が高い非軸対称な温度場が得られている。

#### 4. おわりに

Friction Stir Welding 法による異材接合プロセスにおけるツール回転方向の影響を解明するための第 1 ステップとして、純アルミニウム A1050 とアルミニウム合金 A7075 を対象とした予備実験を行い、アルミニウム板と回転する特殊鋼ツールの温度場に及ぼす材料構成とアルミニウム板突合せ圧力の影響を定性的に観察することができた。

今後、ツール押し付け圧力とアルミニウム板 A1050/A7075 突合せ圧力の測定、アルミニウム板突合せ面のうねりと粗さの測定、ツールとアルミニウム板間の動摩擦係数の測定、材料移動条件下でのツール直下および近傍の温度測定などに関して研究を展開し、定量的な評価を行ってゆく計画である。

#### 文 献

- (1) 前田将克、大阪大学接合科学研究所 全国共同利用研究所 研究成果発表論文集、(2001)、155.