

K1-33

A5052 アルミニウム合金の摩擦攪拌スポット接合

Friction Stir Spot Welding of A5052 Aluminum Alloy

○青木 洗湧¹, 相浦 圭佑², 中林 航², 渡邊 満洋³*Koyo Aoki¹, Keisuke Aiura², Kou Nakabayashi², Mitsuhiro Watanabe³

Abstract: Lap joining of A5052 aluminum alloy plates was performed using friction stir spot welding. One A5052 plate was placed over other A5052 plate, a rotating welding tool was inserted into the upper A5052 plate, and the tip of the tool was dwelled above the interface. Tool plunge depth was controlled in the range from 1.5 mm to 1.9 mm. The microstructure of joints was examined by optical microscope. Hardness evaluation was carried out using Vickers hardness tester. Welding was achieved at condition of tool plunge depth over 1.7 mm. A part of original interface was observed at welding interface in the joint welded at tool plunge depth of 1.7 mm. This indicates that tool plunge depth over 1.7 mm is needed for achievement of welding. Hardness increase was detected at region under the bottom of probe. This suggests that stir zone was formed at region under the bottom of probe.

1. 緒言

構造材料において、溶接・接合プロセスは構造物を構築する上で必要不可欠な工程の一つである。溶接・接合法は非常に多くのものがあり、一般的にはアーク溶接などの熔融溶接法が代表的である。しかし、熔融溶接法を用いて溶接を行うと、被接合材料の熔融を伴うため、被接合材料に施された加工履歴及び熱処理履歴を消失し、溶接部及び溶接部近傍が溶接前の被接合材料の特性よりも劣化してしまうことがある。これは、被接合材料を熔融させるための入熱量に起因するものであり、入熱量の低下が求められる。そこで近年、被接合材料の熔融を伴わずに接合を行う、いわゆる固相接合法が注目され、多くの研究開発が行われている。

摩擦攪拌接合は固相接合法の一種であり、板材表面に高速回転するツール（通常、プローブ部とショルダ部で構成される）を挿入し、移動させることによって摩擦熱による被接合材料の軟化及び回転プローブによる被接合材料の攪拌によって接合を行う手法である[1]。通常、本手法はシーム接合に用いられるが、本研究ではツール挿入後の移動を省略することによってスポット接合に適用し、得られた接合材の組織及び機械的性質を検討した。

2. 実験方法

供試材には、厚さ 2 mm の A5052-H34 アルミニウム合金板（以降、A5052 と記述）を用いた。被接合材料の形状は、長さ 100 mm、幅 30 mm である。接合前には、板表面を耐水研磨紙（#1000）で研磨したのち、アセトンにより脱脂し、十分乾燥させた。

接合に用いたツールの先端形状及び接合方法の模式

図をそれぞれ Fig. 1 及び Fig. 2 に示す。接合には直立ボール盤を用い、鋳鉄製台座上に A5052 板を重ね合わせて固定した。接合ツールは SKH51（高速度工具鋼）製であり、直径 8 mm のショルダ、直径 3 mm、長さ 1.7 mm のプローブにより構成されている。なお、プローブには M3 のねじを施している。高速回転させたツールを上板から押し込み、プローブ底面が所望の深さ（ツール挿入深さ）に達した時点で保持し（ツール保持時間）、ツールを引き抜くことによって接合を行った。ツール回転速度及び保持時間はそれぞれ 1300 rpm 及び 20 s に固定し、ツール挿入深さを変化させ、接合性及び形成組織について検討した。

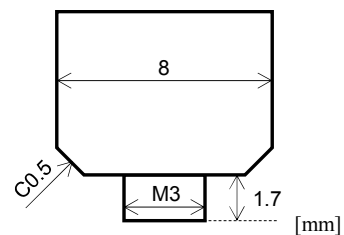


Fig. 1 Schematic diagram of welding tool.

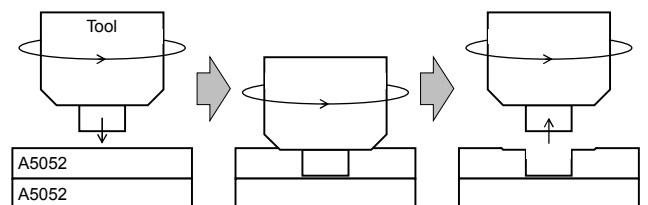


Fig. 2 Schematic illustration of friction stir spot welding.

3. 結果及び考察

Fig. 3 に、ツール挿入深さを(a)1.5 mm, (b)1.7 mm,

(c)1.9 mm に設定して摩擦攪拌スポット接合を行った接合材の断面実体顕微鏡像を示す。なお、これらの顕微鏡像は、試料を鏡面研磨後にフッ酸水溶液を用いて腐食を施した後に観察したものである。1.5 mm のツール挿入深さで接合を試みた場合、接合は達成されなかった。それに対して、1.7 mm 以上のツール挿入深さでは接合を達成することができた。プローブ底面直下ならびにプローブ外周部に対応する A5052 には、接合前の組織と比較して強く腐食される領域が観察された。この強腐食領域は、被接合材料に高速回転するツールが挿入されることによって、プローブの回転にしたがって被接合材料が強制的に攪拌された領域、いわゆる攪拌部 (Stir zone, SZ と略記) であると考えられる。主に接合に関与していると考えられるプローブ底面直下に形成された SZ から接合前の両母材の重ね合わせ面までの距離を測定したところ、ツール挿入深さが 1.5 mm ならびに 1.7 mm のとき、それぞれ約 500 μm , 50 μm であり、1.9 mm のツール挿入深さのときは接合前の重ね合わせ面を超えて SZ が形成されていた。また、ツール挿入深さが 1.7 mm の場合の接合界面には接合前の重ね合わせ面と考えられる境界が点在して観察される (Fig. 4, 矢印部) ため、接合初期段階であると考えられる。したがって、摩擦攪拌スポット接合によって接合を達成するためには、プローブ直下に形成される SZ から接合前の両母材の重ね合わせ面までの距離は約 50 μm 以下にする必要があると考えられる。

ツール底面直下に形成された SZ の硬さを Table 1 に示す。ツール挿入深さが 1.7 mm の場合に形成された SZ の平均硬さは 102 Hv であり、母相の硬さ (69 Hv) に比べて硬化していた。これは、プローブの回転によって被接合材料が攪拌され、結晶粒が微細化されたためであると考えられる。また、ツール挿入深さが 1.9 mm で形成された SZ の平均硬さは 76 Hv であり、ツール挿入深さが 1.7 mm のときに形成された SZ の硬さに比べて低い値であった。これは、プローブ底面と被接合材料表面に発生する摩擦熱による入熱量が増加し、結晶粒が粗大化したためであると考えられる。

4. 参考文献

- [1] Y.S. Sato, M. Urata, H. Kokawa: "Parameters Controlling Microstructure and Hardness during Friction-Stir Welding of Precipitation-Hardenable Aluminum Alloy 6063", Metall. Mater. Trans. A, Vol.33A, pp.625-635, 2002.

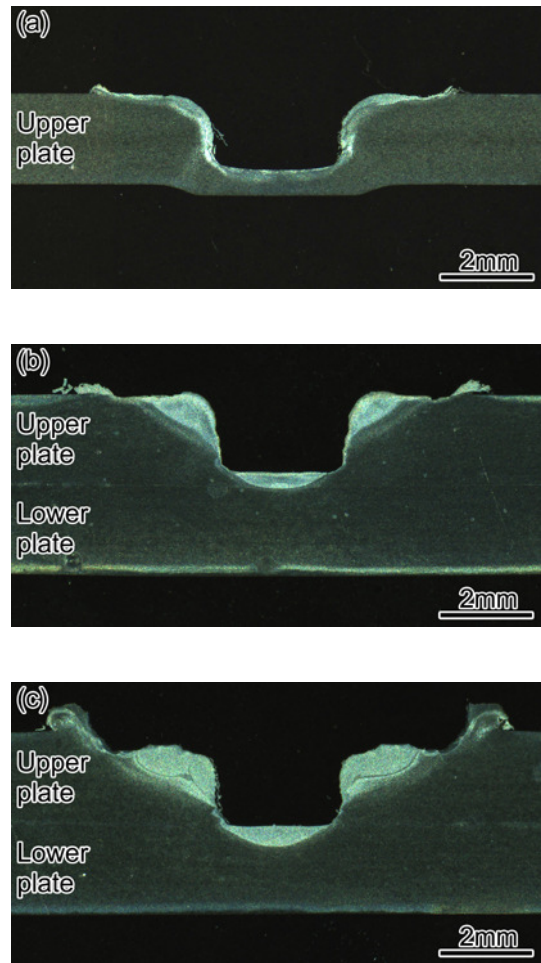


Fig. 3 Stereomicroscope images of joints welded at tool plunge depth of (a) 1.5 mm, (b) 1.7 mm, and (c) 1.9 mm.

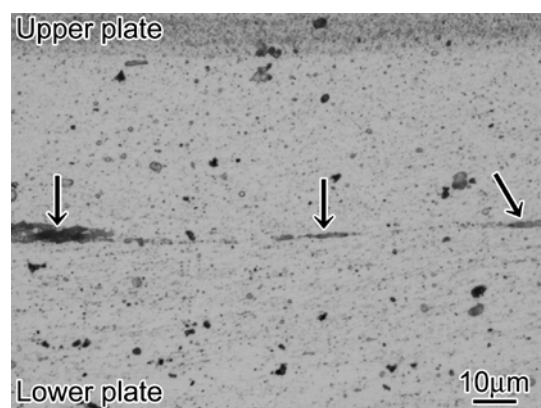


Fig. 4 Optical micrograph of welding interface formed at tool plunge depth of 1.7 mm.

Table 1 Hardness of SZ.

Tool plunge depth [mm]	Hardness [Hv]	
	SZ	Base metal
1.7	102	69
1.9	76	