

## 研究ノート

## 摩擦攪拌接合による大型積層材の反りの抑制

加藤良典<sup>\*1</sup>、河田圭一<sup>\*1</sup>、児玉英也<sup>\*1</sup>、石川和昌<sup>\*2</sup>、斎藤昭雄<sup>\*1</sup>、島津達哉<sup>\*1</sup>

## Suppression of Warpage of Large Laminates by Friction Stir Welding

Yoshinori KATO<sup>\*1</sup>, Keiichi KAWATA<sup>\*1</sup>, Hideya KODAMA<sup>\*1</sup>, Kazumasa ISHIKAWA<sup>\*2</sup>, Akio SAITO<sup>\*1</sup> and Tatsuya SHIMADZU<sup>\*1</sup>Industrial Research Center<sup>\*1\*2</sup>

大型の造形物の作製試験のため、長さ 500mm × 幅 300mm × 厚さ 20mm のアルミニウム材に摩擦攪拌接合で長さ 230mm × 幅 200mm × 厚さ 2mm の板を 2 枚突合せて接合したところ、約 1.1mm の反りが生じた。そのため、焼鈍によって積層材の反りを抑制できるか実験を行ったところ、焼鈍によって半分程度まで反りが改善し、より高温、長時間で焼鈍すると反りがより改善されることが分かった。

## 1. はじめに

近年、航空機部品や樹脂成形用金型などの製造工程を中心に、金属付加製造(Additive Manufacturing、以下 AM)の実用化が進められている。著者らは、これまで名古屋大学や企業と共同で摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding、以下 FSW)を利用した新しい金属 AM 技術を開発してきた<sup>1)</sup>。本技術では、定形の板材を板材固定装置でクランプした後、FSW による重合せ接合を行う。

本技術を、より大きく複雑な形状のものに適応するため、板材を横にも突合せて接合し、積層造形する研究開発を行っている。しかし、大型の造形物の作製試験のため、長さ 500mm × 幅 300mm × 厚さ 20mm のアルミニウム材に深さ 15mm のポケットを作り、蓋をするように FSW で長さ 230mm × 幅 200mm × 厚さ 2mm の板を 2 枚突合せて接合し、ベースから固定を外したところ、約 1.1mm の反りが生じた(図 1)。これは、表面を FSW で接合したことで表面だけが加熱され熱膨張し、その後冷却され収縮することで残留応力が生じ、その状態で固定を外したため反りが生じたと考えられる。そのため、

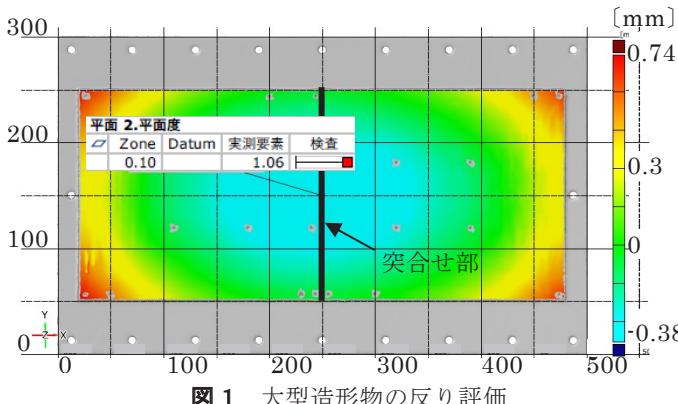


図 1 大型造形物の反り評価

突合せや重合せに関わらず FSW で接合した際に生じる問題であると考えられる。

そこで、本研究ではこの積層材の反りを焼鈍によって抑制することを目的に、アルミニウム合金 A5052-H34 を対象とした焼鈍条件の反りへの影響を調査した。

## 2. 実験方法

## 2.1 使用した FSW ツール

板材の接合に用いた FSW ツールの外観を図 2 に、ツールの主要寸法を表 1 に示す。接合には、プローブ部は先端に向けて細くなる形状でねじ構造を設け、ショルダ部の端面には渦巻き状の溝を設けたツールを使用した。また、マシニングセンタを使用した FSW では、一般的な FSW 装置のようにツールを数度傾けて接合することが出来ないため、板材に垂直にツールを挿入した。

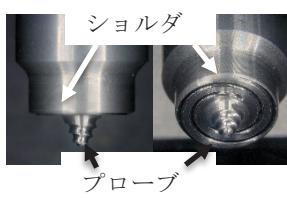


表 1 ツールの主要寸法

ショルダ径	Φ8mm
根本Φ	3mm
先端Φ	1mm
プローブ長	2.3mm
ねじピッチ	0.5mm
材質	SKH56

## 2.2 接合条件及び実験条件

実験に用いた試料の接合手順は、はじめに、長さ 100mm × 幅 60mm × 厚さ 2mm のアルミニウム合金 A5052-H34 の板材 2 枚を、ベースに固定し接合する。その後、接合部の凹凸を除去するため、エンドミルで表面を 0.3mm 削る。

FSW による接合経路を図 3 に示す。まず、板材を固

\*1 産業技術センター 自動車・機械技術室 \*2 産業技術センター 自動車・機械技術室 (現総合技術支援・人材育成室)

定するため、長辺に沿って 50mm の仮接合を 2 本行い、その後 80mm の長さを 2mm ピッチで 3 回接合した。ツールの送り速度は 300mm/min、回転数は 2000rpm、挿入深さは 2.4mm とした。作製した試料の外観を図 4 に示す。

FSW で接合した後、ベースに固定した状態で焼鈍を行った。焼鈍温度を 204°C、時間を 30 分、1 時間、2 時間と変化させた場合と、焼鈍時間を 1 時間、温度を 220°C、250°C と変化させた場合と、焼鈍温度を 250°C、時間を 2 時間とした場合で、それぞれ ZEISS 製 3D スキャナ T-SCAN hawk2 を用いて焼鈍条件の違いによる反りへの影響を比較した。

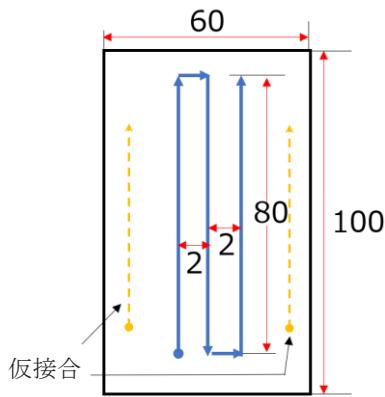


図 3 接合経路

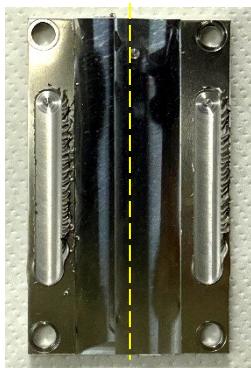


図 4 試料外観

### 3. 実験結果及び考察

3D スキャナによる反りの測定結果を図 5 に示す。(1)は、焼鈍をせず固定を外し測定したもの、(2)から(4)は焼鈍温度を 204°C とし時間を変更したもの、(5)、(6)は焼鈍時間を 1 時間とし温度を変更したもの、(7)は 250°C で 2 時間焼鈍を行ったものである。この結果、いずれの条件でも中央がへこむ反りが生じていた。焼鈍をしていないものが最も反りが大きく、長時間焼鈍したものや、高温で焼鈍したものほど反りが小さいことが分かった。

また、試料長手方向の中央(図 4 破線部)で断面をとり反り量を評価したものを図 6 に示す。焼鈍なしのときの反り量は約 0.1mm であり、焼鈍後は反りが半分ほどに減少していることが分かる。最も反りが少なかったものは、250°C で 2 時間焼鈍したもので、反り量は 0.02mm 以下であった。

これらの結果より、焼鈍によって FSW を用いた積層材の反りを抑制できることを確認した。また、より高温、長時間で焼鈍すると反りが改善されることが分かった。

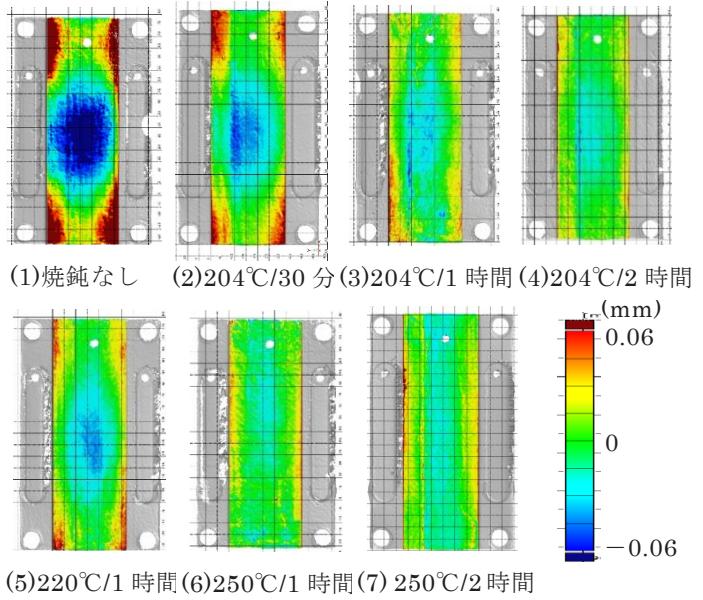


図 5 反りの測定結果

(mm)

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06

0.04

0.02

0

0

0.06

0.12

0.08

0.06