

## 研究ノート

# 突合部のすきまが摩擦攪拌接合による積層材の 機械特性に与える影響

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>1</sup>、斉藤昭雄\*<sup>1</sup>、島津達哉\*<sup>1</sup>

## Effect of Gap in Butt Joint on Mechanical Properties of Laminates by Friction Stir Welding

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

Industrial Research Center\*<sup>1</sup>

すきまを設けた板材に対して重合せと突合せを組み合わせた FSW を行い、接合後の造形物から引張試験片を切り出して引張強度と疲労強度を測定した。その結果、すきまが 0.4mm 以下においてはすきまの幅の影響はあまり見られず、重合せ FSW のみ行った場合の引張強度、疲労強度とほとんど変わらないことが分かった。

### 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。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用するため、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、突合せ FSW を行う際に突合部に生じるすきまが、機械特性を低下させる可能性がある。

そこで、本研究ではこの積層材の機械特性に及ぼす、突合せ FSW を行う際の板材のすきまの影響を把握することを目的に、アルミニウム合金 A5052-H34 を対象とした引張強度試験と疲労強度試験を実施した。

### 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 1 に、ツールの主要寸法を表 1 に示す。接合には、プローブ部にねじ構造を、ショルダ部の端面に渦巻き状の溝をそれぞれ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。



図 1 FSW ツール外観

表 1 ツールの主要寸法

ショルダ径	φ10mm
プローブ径	φ3mm
プローブ長	2.3mm
ねじピッチ	0.5mm
材質	SKH56

#### 2.2 FSW による造形方法

実験に用いた試料の接合手順を図 2 に示す。はじめに、長さ 100mm×幅 60mm×厚さ 2mm のアルミニウム合金 A5052-H34 の板材を、長さ 50mm に切断し(図 2(a))、間にすきまゲージを挟んですきまを作製して、ねじで固定した(図 2(b))。その後、FSW で接合した(図 2(c))。次の板材を積層するため、上面を 0.3mm エンドミルにより切削し、平滑にした(図 2(d))。この(a)~(d)の手順を 3 回繰り返すことにより、重合せ FSW と突合せ FSW を組み合わせた造形材料を製作した。また、作製したすきまは、0.0、0.2、0.4mm の 3 条件で接合を行い、比較のため未切断の板材 1 枚を重合せのみで接合したものを作製した。

#### 2.3 接合条件及び実験条件

FSW による接合経路を図 3 に示す。まず、板材を固定するため、すきま付近で 4 点仮接合を行い、その後 30×60mm の範囲を 2mm ピッチで接合した。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。板材と同種のベース材料に順次合

計 3 枚の板材を接合して積層材を得た。造形後、ワイヤー放電加工機(三菱電機(株)、MV1200R)を用いて図 4 のように試験片を作製した。

比較のため、FSW を行っていない A5052-H34 板材でも試験片を作製した。試験片の形状は JIS Z 2241 14B 号で、平行部の幅は 4mm とし、引張強度用試験片の厚みは上層から 3mm、疲労強度用試験片は上層から 2mm となるように採取した。また、引張試験は引張速度 2mm/min とし、それぞれの条件で 3 回行った。疲労試験は片振り引張で、繰り返し速度 20Hz の正弦波で応力を付加し、繰り返し上限は 1 千万回として、それぞれの条件で 1 回行った。

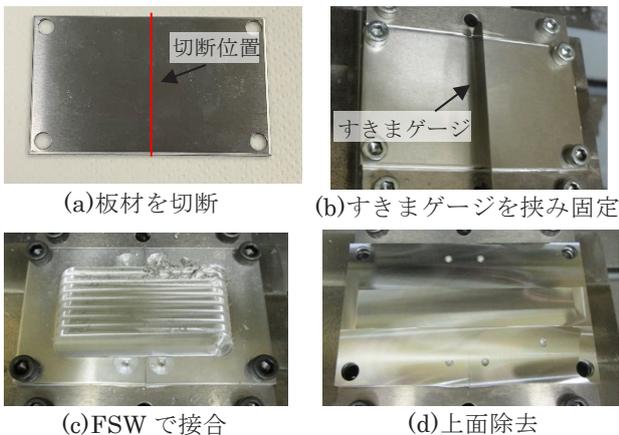


図 2 FSW を用いた試料の接合手順

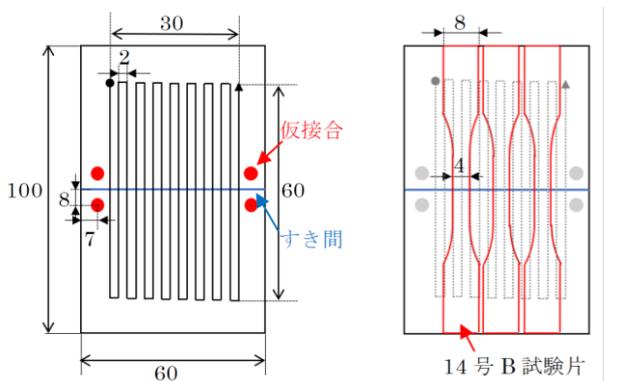


図 3 接合経路

図 4 試験片切り出し位置

### 3. 実験結果及び考察

引張試験結果を図 5 に示す。接合に使用した A5052-H34 板材に対し、FSW を行ったものはどれも強度が低下していた。最も引張強度が低下していたのは、すきま 0.2mm の場合で、約 12% 低下していたが、他の場合では約 7% の低下であった。

疲労試験結果を図 6 に示す。繰り返し上限まで破断しなかった引張応力(片振り引張疲労限度)は、A5052-H34 では 172MPa であったのに対し、FSW を行ったも

のは全て強度が低下しており、すきま 0.2mm が最も低く 125MPa で、約 25% 強度が低下していた。一方で、FSW を行ったもので比較すると、疲労強度にほとんど差はなく、すきまの有無によって差はあまり生じなかった。

これらの結果より、すきま 0.4mm 以下では、FSW を行うことによる引張・疲労強度の低下のほうが、すきまの有無による強度の低下よりも大きく、突合部のすきまの大きさによる機械特性への影響は小さいと考えられる。

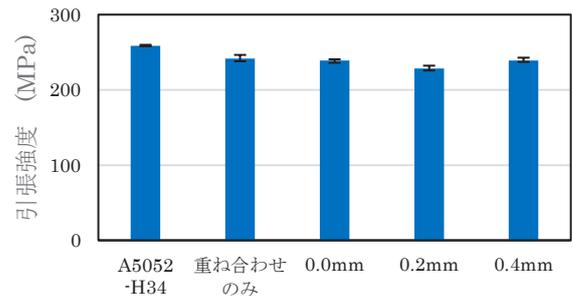


図 5 引張試験結果

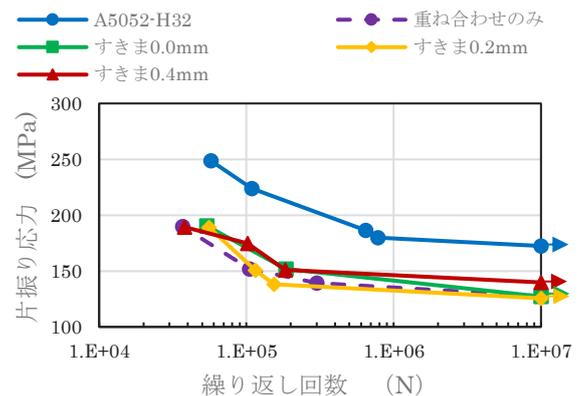


図 6 疲労試験結果

## 4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 接合に使用した板材に対して FSW を行ったものは、引張強度が最大 12%、疲労強度が最大 25% 低下した。
- (2) FSW を行うことによる引張・疲労強度の低下のほう

が、すきまの有無による強度の低下よりも大きい。

## 付記

本研究は、「知の拠点あいち重点研究プロジェクトIV 期」で行った研究の一部である。

## 文献

- 1) 河田圭一, 児玉英也, 菅野祐介, 廣澤考司, 横山博: あいち産業科学技術総合センター研究報告, 11, 54(2022)