

実用アルミニウム合金のFSW継手の継手効率及び接合不全部の疲労特性への影響

機能素材加工課 柿内茂樹*1、山岸英樹 ものづくり研究開発センター 富田正吾*2

三協立山(株) 三協マテリアル社 長木聖和、岡崎康平、櫻井克之

(一社) 軽金属溶接協会 FSW 技術委員会

1. 緒言

摩擦攪拌接合法は、回転するツールを接合したい箇所
に押し付けて、材料と回転ツールとの間に生じる摩擦熱
で材料を軟化させ、材料の塑性流動を利用した接合法で
ある。本法の代表的な接合パラメータは、ツールの回転
数と接合速度が挙げられるが、接合条件が適切でない場
合に、接合部の内部には溝状欠陥やトンネル状欠陥が発
生し、継手の底部には接合不全部 (Root Flaw) が残存
する。一方で、ツールの回転数を変化させると接合部に
生じる摩擦熱が変化して継手に生じる熱影響も変化する
と予想されるが、継手効率に与える影響を含めた考察し
た事例は少ないと考えられる。そこで、本研究では、ツ
ールの回転数と接合速度を変化させて、接合試験を行い、
上記の欠陥が発生しない適正条件範囲を求めるとともに、
入熱量を変化させて、継手の機械的性質に与える影響に
ついて検討した。

2. 実験方法

供試材料は A6005C-T5 および A6082-T6 アルミニウム
合金を用いた。寸法は、長さ 300 mm、幅 115 mm、厚さ
は 3 mm である。接合条件はツールの回転数(R)が 1000、
1500、2000 rpm に、接合速度(v)は 100、500、1000 mm/min
とした。ツールの押し込み深さは約 2.8 mm、接合長さは
250 mm とした。ツール形状は、シオルダ径 $\phi 12$ mm、プ
ローブ形状は M4、プローブ長は 2.6 mm である。継手は、
硬度分布測定、引張試験、巻き付き曲げ試験を行った。
巻き付き曲げ試験は、曲げ角度を 180° とし、継手の底
部に引張りの曲げ応力が付与されるように行った。

3. 実験結果

Fig. 1 に、A6005C の裏曲げ試験結果と引張試験にお
ける破断位置を示す。巻き付き曲げ試験において、接合部
の底部でクラックが発生し、開口した接合条件では、引
張り試験における破断位置は Root Flaw となった。

Fig. 2 に、A6005C 合金の断面の硬度分布に及ぼす接
合速度の影響を示す。いずれも $R=1500$ rpm である。接
合速度が増加すると、熱影響による軟化領域の幅が小さ
くなった。接合速度を増加させると熱源である回転ツール

が早く遠ざかり、その結果、接合部の冷却速度が増加し
たためであると考えられる。

Fig. 3 に継手効率に及ぼす接合条件の影響を示す。 R/v
が 10 以上の場合、継手効率の変化は概ね認められなかつ
た。 R/v を 5 以下の場合、 R/v を減少させると継手効
率は一旦増加するが、さらに減少させると、継手効率は減
少した。これは、 R を一定とした場合、接合速度の増加
させると冷却速度が増加するため、軟化領域の縮小し継
手効率が增加するが、さらに R/v 増加させると攪拌部が
小さくなり、継手底部に Root Flaw が残存するため、接
合部の断面積減少にともない、継手効率が減少したもの
と考えられた。

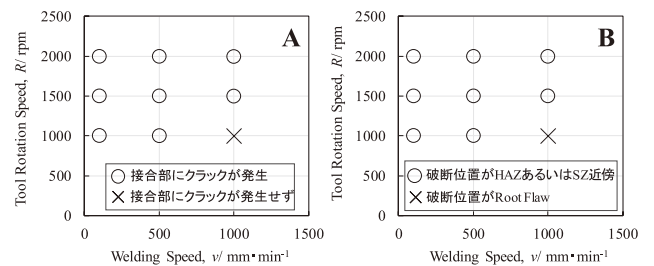


Fig. 1 Results of tensile test and winding bend test

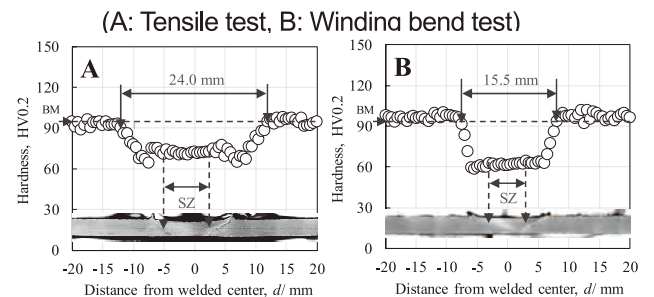


Fig. 2 Hardness distribution from weld center

(A: $v=100$ mm/min, B: $v=1000$ mm/min)

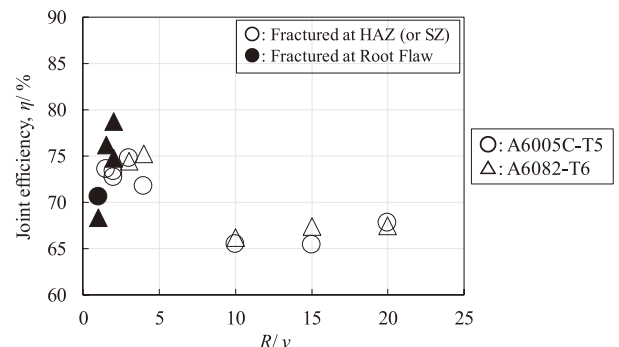


Fig. 3 Effect of welding conditions on joint efficiency

*1 現 企画調整課、*2 現 富山県新世紀産業機構