

3003 アルミニウム合金と ABS 樹脂の重ね摩擦攪拌接合

日大生産工(院) ○小澤 崇将 日大生産工 加藤 数良
日大生産工 前田 将克 日大生産工 野本 光輝

1. 緒言

近年, 構造物の軽量化へ向けた材料選択の流れに乗って, 鉄鋼材料から軽金属材料へ, さらに樹脂材料への転換が活発となっている. 軽金属材料の中でもアルミニウム合金は種々な特性に優れ, 各分野で広く用いられている. このアルミニウム合金と樹脂材料を組合せたハイブリッド構造が可能となれば軽量化への効果は大きい¹⁾.

しかし, そのようなハイブリッド構造を構築するためには接合は必要不可欠であり, 今後の大きな課題でもあり, 金属と樹脂を重ね, 金属側の重ね面にレーザーを照射し, 樹脂を溶融させ接合するレーザー接合法²⁾等, 研究報告は増加傾向にある. しかし, 樹脂と金属の組合せに制限があることや, 前処理による生産時間の延長, 高額な設備投資等, 多くの課題がある. そこで本研究では摩擦攪拌接合 (Friction stir welding: FSW) による検討を行った. FSWが可能であれば直接接合であるので生産時間の短縮につながる.

著者らは先に3003アルミニウム合金とアクリル樹脂の重ね摩擦攪拌接合を行った結果, アンカー効果を呈した接合を達成し, その引張せん断荷重は最高値で986 Nと, 接着剤継手に比較し4倍以上の強度を得た³⁾. しかし, アクリル樹脂は耐クラック性に劣るため, 接合部を起点に破断した. そこで, アクリル樹脂に比較して耐クラック性に優れ, 延性に富むポリカーボネート樹脂を用いたところ, 引張せん断荷重の最高値は1275 Nを示し, 接着剤継手の約6倍となった⁴⁾. これらの結果より, 樹脂の機械的性質が継手強度に強い影響を及ぼすことが理解される. 一方で, 樹脂材料が有するその他の性質が継手強度に及ぼす影響は未だに解明されていない.

本研究では, 樹脂材料の高温流動性に着目した. すなわち, ポリカーボネート樹脂より若干機械的性質に劣るが, 流動性に優れるABS樹脂を用いて3003アルミニウム合金との摩擦攪拌接合による重ね接合の可能性を検討した.

2. 供試材および実験方法

供試材には市販の 3003-H24 アルミニウム合金板 (以後, A3003, $100^l \times 50^w \times 3^t$, $\sigma_B = 145$ MPa, $\delta = 25\%$, 56.4 HV0.05) と ABS 樹脂 (以後, ABS, $100^l \times 50^w \times 5^t$, $\sigma_B = 39.7$ MPa, $\delta = 6.4\%$, 11.4 HV0.05) を用い, 酸化膜の除去等の特別な前処理は行わないで実験に供した.

接合には全自動摩擦攪拌接合機を使用し, 予備実験により選定した Table 1 に示す条件を組合せ, 重ね幅 40 mm の重ね接合とした. 板の配置は上側に A3003, 下側を ABS とした. 回転工具は Fig. 1 に示す形状の合金工具鋼 (SKD61) 製とした. 一般的に FSW に用いられるプローブ形状では十分な強度が得られなかったため, 回転工具にはメインプローブの先端にアクリルをわずかに攪拌させるための突起 (以後, サブプローブと称す) を設けた. 回転工具は横方向から挿入し, ショルダーと A3003 表面との間には 0.1 mm の隙間を設けた. 得られた重ね FSW 継手の外観観察, 巨視的組織観察, 引張せん断試験, 接合時の温度測定をいずれも室温で行った. 引張せん断試験片は接合部を試験片平行部中央とし, 接合方向に垂直に幅 20 mm の試験片を採取した.

Table 1 Friction stir welding conditions.

Rotational speed	N (rpm)	800, 1100, 1400
Welding speed	V (mm/s)	12 ~ 22
Tilt angle	θ (deg.)	0

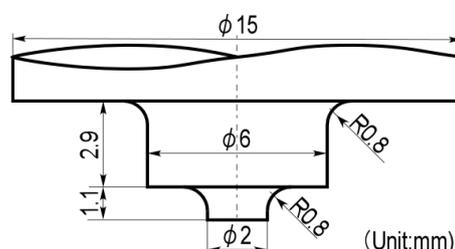


Fig. 1 Shape and dimensions of tool.

Lap Friction Stir Welding of ABS Resin to 3003 Aluminum Alloy

Takamasa OZAWA, Kazuyoshi KATOH, Masakatsu MAEDA
and Mitsuteru NOMOTO

3. 実験結果および考察

継手中央部の横断面巨視的組織を Fig. 2 に示す。全条件で、A3003 の底部にツールの移動に伴った変形により裂け目が生じ、その変形によって生じた空間に ABS の流動が観察された。この空間は AS 側が大きく、接合速度が高くなるのに伴いさらに大きくなった。空間内部への ABS の流動量は接合速度が低い程多くなり、AS 側の空間内部に流動した ABS は A3003 と混合し黒色を呈した。また、図中の長方形で囲んだ領域でツールと材料間で発生した摩擦熱が A3003 を通して ABS 表面を熱変形させ密着した範囲が観察された。この範囲は接合速度が高くなると入熱量の減少により狭くなった。

引張せん断試験結果を Fig. 3 に示す。横軸はツールが1回転する間に移動する距離（回転ピッチ）とした。工具回転数1100, 1400 rpm, 回転ピッチ0.8~0.9 mm/rev付近で高い引張せん断荷重を示した。この範囲は回転ピッチの小さい条件、すなわち、入熱量の多い条件であり、ABS の流動が容易となったため、高い引張せん断荷重を示したものと考えられる。引張せん断荷重の最高値は、工具回転数1100 rpm, 接合速度14 mm/sの条件で834 Nが得られた。これは接着剤継手の引張せん断荷重245 Nの3倍を超える値であった。引張せん断荷重は最大値を示した条件より後、回転ピッチが大きくなると減少した。これは巨視的組織で示したAS側の空間が大きくなり、A3003 の強度低下につながったことに起因する。このことは工具回転数800 rpmの条件においても同様である。破断後の引張せん断試験片を幅方向から撮影した外観を Fig. 4 に示す。工具回転数800 rpmの回転ピッチの小さい条件では引張せん断荷重が顕著に低下した。このことは、Fig. 4 (a)に示すように、A3003底部に部分的に裂け目が生じず、ABSの流動を妨げる状態であったことが原因と推察する。高い引張せん断荷重を示した条件では Fig. 4 (b)のように、A3003内部に流動したABSの根元からせん断破断した。

参考文献

- 1) 例えば、伊神英逸: 高分子, 27-11 (1978), 785-791.
- 2) 例えば、川人洋介, 丹羽悠介, 片山聖二: 溶接学会論文集, 28-1 (2010) 16-21.
- 3) 小澤崇将, 加藤数良, 野本光輝: 溶接学会全国大会講演概要, 94 (2014), 66-67.
- 4) 小澤崇将, 加藤数良, 前田将克, 野本光輝: 溶接学会全国大会講演概要, 95 (2014), 52-53.

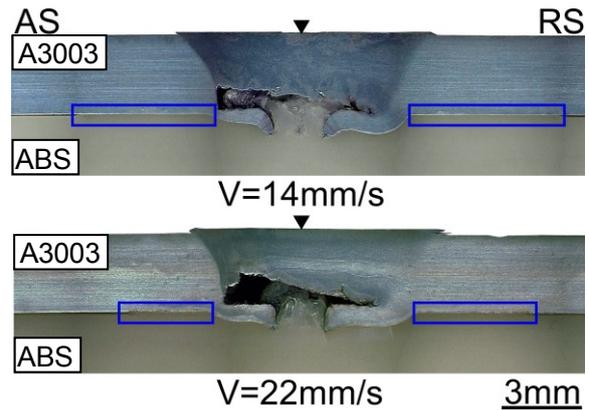


Fig. 2 Macrostructures of joint. (N=1100rpm)

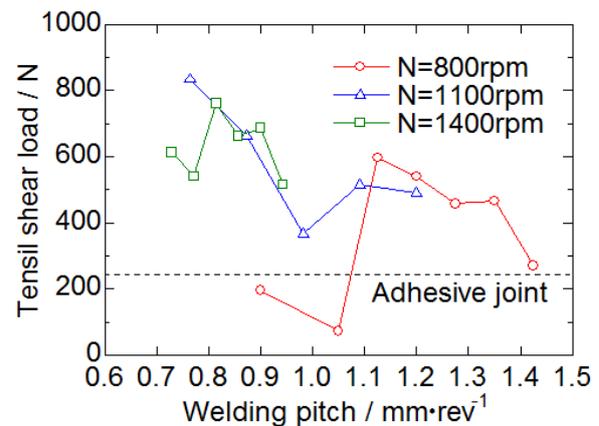


Fig. 3 Results of tensile shear test.

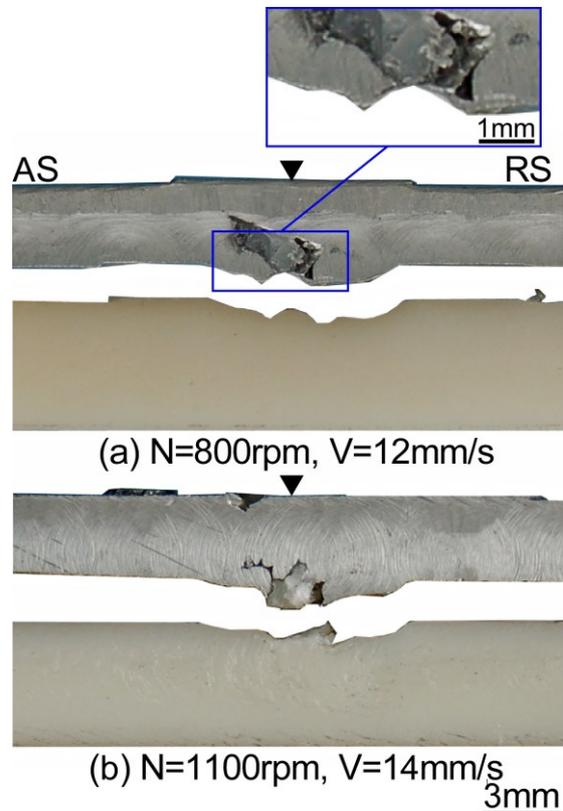


Fig. 4 Appearances of tensile shear tested specimen.