

## 2024 アルミニウム合金摩擦攪拌接合継手の応力負荷状態での腐食挙動

前田研究室

○橋本一輝

## 1. 緒言

近年、輸送機械の構造部材は軽量化のため、鉄鋼材料からアルミニウム合金への置換が進められており、2024 アルミニウム合金(A2024)は航空機などで適用実績がある。A2024 は熱処理型合金であるため溶融溶接やろう付けは適しておらず、摩擦攪拌接合(FSW)での実績が多い。A2024 のFSW 継手では機械的性質については多く報告されているが、耐食性についての報告は少ない<sup>1)</sup>。輸送機械は腐食が進む環境に晒される頻度が高いため、耐食性についての検討は重要である。

本研究ではA2024 のFSW 継手を作製し、輸送機械が受ける腐食で最も一般的と考えられる塩水腐食の加速試験である塩水噴霧試験を継手に引張応力を負荷した状態で実施し、引張応力が腐食速度に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 実験方法

供試材の機械的性質を Table 1 に示す。板厚 5 mm の A2024P-T3 を用い、長さ 320 mm、幅 55 mm に機械加工した。接合には万能フライス盤を使用した。接合条件を Table 2 に示す。接合方向は圧延と同一方向とし接合長 280 mm の間隙なしの I 開先突合せ接合とした。ツール材質はSKD61 であり、ショルダー径 20 mm、ショルダー角 4°、プローブ長 4.8 mm、プローブ形状 M6LH とした。ツール回転方向は時計回りとし、回転方向と接合方向が一致している接合方向右側を AS、反対側を RS と呼称する。耐食試験は JIS Z 2371 に基づき中性塩水噴霧試験を実施した。継手を 7 日間以上自然時効させた後、ビード面の裏側を暴露面とした。腐食時間は  $1 \times 10^6$  s とした。腐食中は継手における 0.2%耐力の 0%、30%、50% の 3 条件の応力を負荷した。先行研究から接合線より 10 mm 外側の熱

Table 1 Mechanical properties of the base metal.

Material	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
A2024P-T3	460	23

Table 2 Friction stir welding conditions.

Parameters	Symbol [unit]	Values
Rotation speed	$N$ [rpm]	885
Welding speed	$V$ [mm/s]	0.5, 3
Tilt angle	$\theta$ [°]	3
Preheating time	$t$ [s]	30

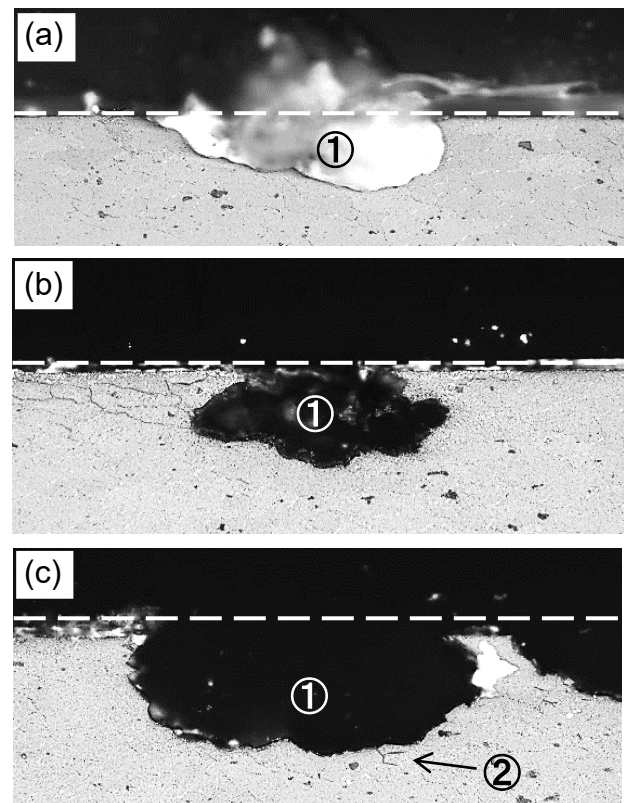


Fig. 1 Cross-section after corrosion at the HAZ of RS. The welding speed was 0.5 mm/s. The applied stress for (a), (b), and (c) were 0%, 30%, and 50% of the proof stress, respectively.

影響部付近が最も腐食を受けるため<sup>2)</sup> 当該箇所にひずみゲージを貼り、熱影響部のひずみを基準に応力を負荷した。試験片は JIS Z2201 14B 号引張試験片形状に準拠し、表面形状に起因した応力集中の影響を排除するためビード面を 2 mm 面削した。粒界割れ深さ測定は熱影響部付近の評価面にマスキングを施し基準面とした。

### 3. 実験結果および考察

Fig. 1 に接合速度  $V=0.5$  mm/s にて接合した継手熱影響部(HAZ)の腐食後の断面を示す。白い破線はマスキングを行った基準面の位置を示し、粒界割れ深さ計測の基準とする。また、①は表面の結晶粒が脱落した領域、②は粒界割れが生じている領域を示す。Fig. 1(a)は応力を負荷せずに腐食試験した試験片断面であり、Fig. 1(b)および(c)はそれぞれ 0.2%耐力の 30%、50%を負荷して腐食させた断面である。腐食後の試験片における熱影響部の腐食孔深さは Fig. 1(a)では約  $60\mu\text{m}$ 、Fig. 1(b)では約  $90\mu\text{m}$ 、Fig. 1(c)では約  $120\mu\text{m}$  となる。負荷する応力が大きいほど腐食の進行が速くなる。

Fig. 2 に 0.2%耐力の 50%を負荷した継手の腐食後の断面を示す。Fig. 2(a)は  $V=0.5$  mm/s の条件、Fig. 2(b)は  $V=3$  mm/s の条件を示す。熱影響部の粒界割れ深さが Fig. 2(a)では約  $120\mu\text{m}$ 、Fig. 2(b)では約  $100\mu\text{m}$  となる。接合速度の低い条件で腐食孔が深くなる。接合速度の低い条件は到達温度が高いため熱による残留応力が大きく、過時効についても析出する時間が長いいため腐食が速く進行したと考える。

Fig. 3 に負荷応力ごとの腐食後継手強度を示す。破線は各条件における腐食前の継手強度を示す。耐力の 50%を負荷した試験片では、腐食前の継手強度と比べ Base Metal では 7.4%、 $V=3$  mm/s では 4.1%、 $V=0.5$  mm/s では 3.3%継手強度が低下している。この結果から腐食中に負荷する応力が大きいほど継手強度が低下する傾向が確認できる。

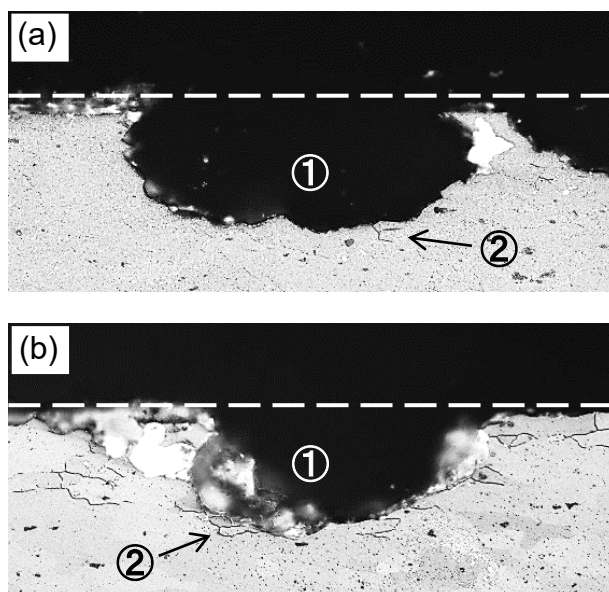


Fig. 2 Microstructure after corrosion for  $1 \times 10^6$  s applying 50% of the proof stress. The welding speed for (a) and (b) were 0.5 and 3.0 mm/s, respectively.

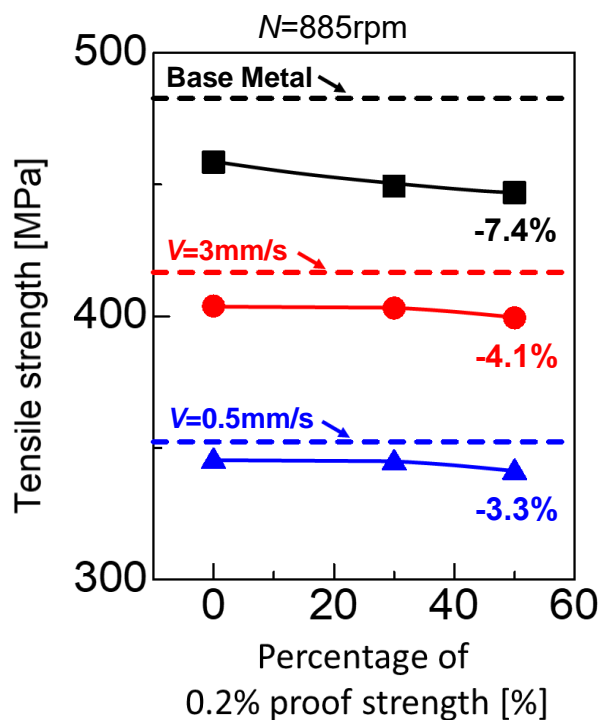


Fig. 3 Tensile strength after corrosion for  $1 \times 10^6$  s applying 50% of the proof stress.

#### 参考文献

- 1) 栗原伸之佑ら：溶接学会講演概要 79, (2006), 135.
- 2) 橋本一輝ら：溶接学会講演発表概要, 122,(2023), 74-75.