

摩擦攪拌プロセスによった 7075 アルミニウム合金の組織および機械的性質に及ぼす後熱処理の影響

日大生産工(院) ○浅野 真弘
日大生産工 加藤 数良

1. 緒言

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding:FSW) はアルミニウム合金を始めとした板材の接合に航空機, 自動車産業などに幅広く使用されるようになり, 研究報告も増加傾向にある. FSW は接合部が攪拌により微細な組織になることはよく知られている¹⁾. この微細化現象は摩擦攪拌プロセス (Friction Stir Processing:FSP) として組織の微細化法として注目され, 研究も増加傾向にある²⁾. しかし, アルミニウム合金では FSW および FSP ともに施工時に摩擦発熱を伴うため, 攪拌部周辺に軟化が生じる³⁾. このため強度を維持するためには施工後の熱処理に関する検討が必要と考えるが, 施工後の熱処理に関する研究は少ないのが現状である.

本研究では, アルミニウム合金中最も高強度の 7000 系合金である 7075 アルミニウム合金を用いて FSP を行い, FSP 材の組織および機械的性質に及ぼす後熱処理の影響について検討した.

2. 供試材および実験方法

供試材には 7075 アルミニウム合金板 (T6 材, 板厚 5.0mm) を幅 50mm, 長さ 200mm

に機械加工して用いた. 供試材の機械的性質を Table1 に示す. FSP には FN-II 型摩擦攪拌接合機を使用し, 予備実験より選定した Table2 に示す条件を組合わせて行った. 後熱処理は FSP 材を溶態化処理 (753K×15min. ~水冷) の後, 人工時効 (393K×24h) の T6 処理とした. 回転工具には炭素工具鋼 (SK105) 製を使用し, ショルダー径 20mm, プローブは M6 左ネジ, 長さ 4.9mm に機械加工し, 工具回転方向は時計回りとした.

得られた継手の外観観察, 組織観察, 硬さ試験および接合方向と平行に攪拌部を平行部とした JIS13 号 B 試験片 (平行部幅 12.5mm, 厚さ 4mm) による引張試験をいずれも室温で行った.

Table1 Mechanical properties of base metal.

| Tensile strength (MPa) | Elongation (%) | Hardness (HV0.1) |
|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 594 | 12.2 | 188 |

Table2 Friction stir processing conditions.

| Rotational speed | N (rpm) | 1000,1500 |
|------------------|-----------------|----------------|
| Welding speed | V (mm/s) | 0.5,1.0,1.5,20 |
| Tilt angle | θ (deg.) | 3.0 |
| Preheating time | t (s) | 30 |

Effect of Post Heat Treatment on Structure and Mechanical Properties of 7075 Aluminum Alloy by Friction Stir Processing
Masahiro ASANO and Kazuyoshi KATOH

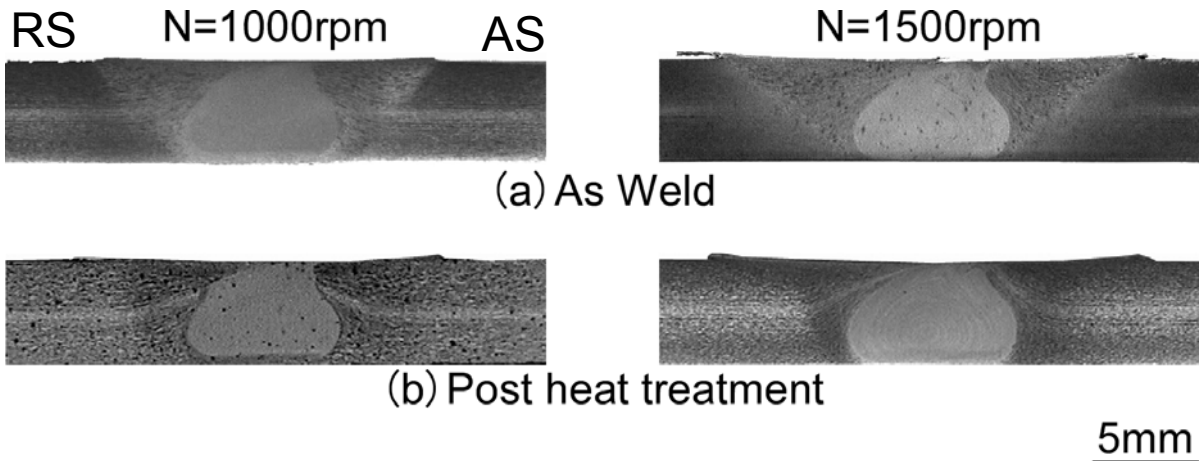


Fig.1 Macrostructures of joint.

(V=1.5mm/s)

3. 実験結果および考察

Fig.1 に継手横断面の巨視的組織を示す。全条件で攪拌部にはオニオンリングが観察され、AS 側に比較して RS 側に張り出す傾向にあった。FSP のままでは、攪拌部とその周辺熱・機械的影響部 (Thermo-Mechanically Affect Zone:TMAZ) および熱影響部 (Heat Affect Zone:HAZ) が明瞭に観察されるが、熱処理により TMAZ および HAZ はほとんど母材部と識別できなくなったが、攪拌部は明瞭に識別できる状態にあった。また攪拌部は工具回転数 1500rpm に比較して 1000rpm が小さかった。

Fig.2 に継手横断面攪拌部中央部の微視的組織を示す。後熱処理の有無に関係なく攪拌部は母材部に比較して微細な組織となった。攪拌部の組織は熱処理することにより微細となった。この傾向は工具回転数が小さくなるのに伴い明瞭となった。

Fig.3 にチンマー法により求めた継手横断面攪拌部中央部の結晶粒径を示す。熱処理前、熱処理後のいずれでも接合速度の増加に伴い結晶粒は微細なものとなり、工具回転数 1500rpm に比較して工具回転

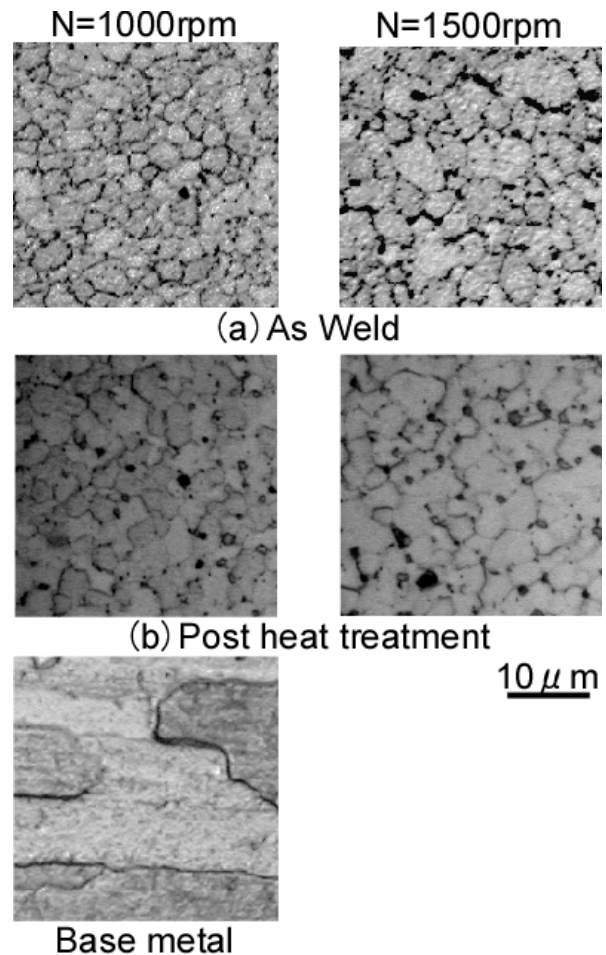
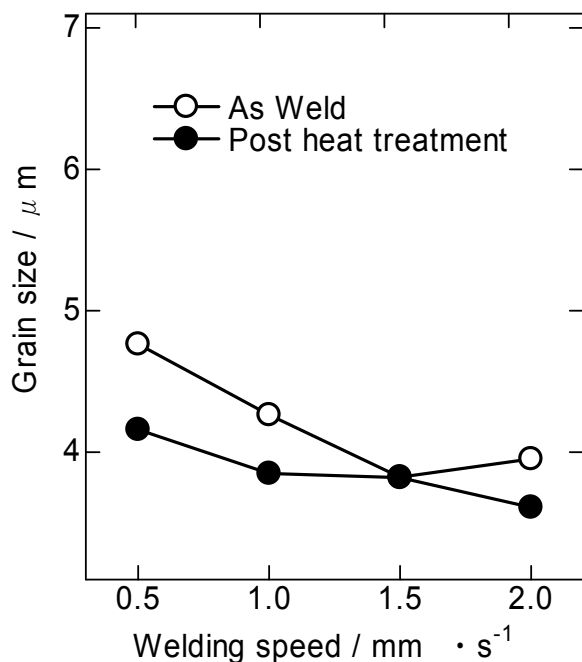


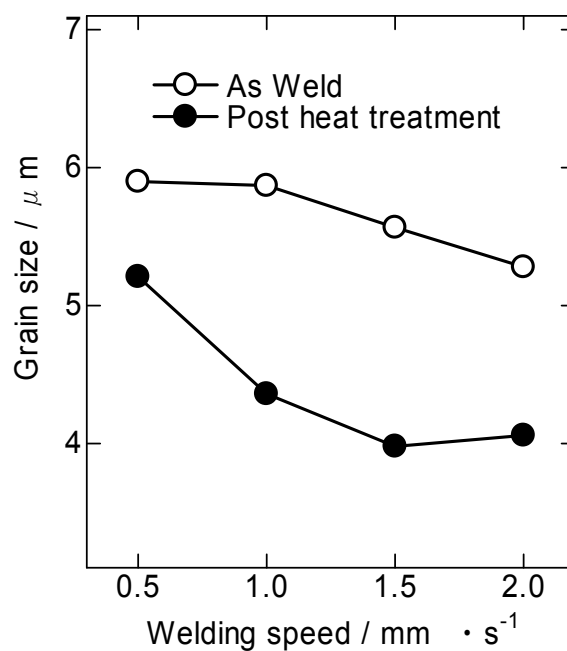
Fig.2 Microstructures of joint.

(V=1.5mm/s)

数 1000rpm がより微細であった。また全条件で後熱処理により結晶粒は微細となり、工具回転数 1500rpm でこの傾向は明瞭であった。実験の範囲内では工具回転



(a) N=1000rpm



(b) N=1500rpm

Fig.3 Measuring results of grain size of center of stir zone.

数 1000rpm, $V=2.0\text{mm/s}$ の条件が $3.6\mu\text{m}$ と最も微細となり, これは母材の約 13% の値であった.

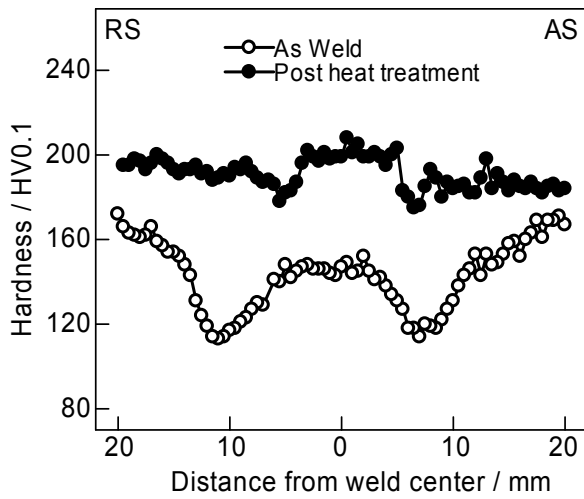
Fig.4 に継手横断面板厚中央部における硬さ分布を示す. FSP まま材は 7075 合金の時効硬化を考慮し, 接合後 30 日経過後に測定した結果である. 全接合条件で FSP まま材には攪拌部に軟化が認められ, ショルダー外周に相当する位置に軟化域が認められた. 最軟化部が認められた位置は工具回転数 1500rpm の条件で攪拌部中心より離れた位置となった. 後熱処理材ではショルダー部の軟化域は消滅しており, 攪拌部での硬化が認められた. 攪拌部の硬化割合は工具回転数 1500rpm に比較して工具回転数 1000rpm が大きくなった.

Fig.5 に引張試験結果を示す. FSP まま材は, 工具回転数 1000rpm では接合速度 1.0mm/s 以上で引張強さの差はほとんど認められず一定値を示し, 母材の約 86% の値であった. 後熱処理材は接合速度の大小による差異はほとんど無く母材と同等の

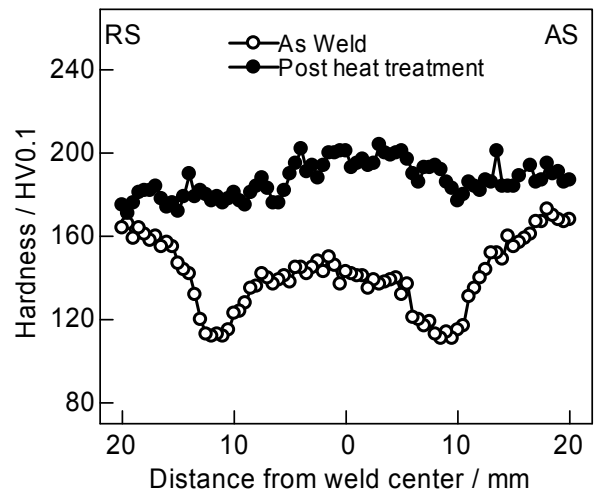
引張強さが得られた. 伸びは FSP まま材は引張強さと類似の傾向を示し, 母材の約 149% の伸びが得られたが, 後熱処理により若干低下した. このことは, 攪拌部の組織が母材に比較して微細となったことによるものと考えられる. 工具回転数 1500rpm では, 引張強さは全条件で工具回転数 1000rpm と同様に後熱処理により向上するが, 工具回転数 1000rpm の条件に比較して低い値であった. また, 工具回転数 1000rpm に比較して接合速度の影響は小さくなる傾向にあった. 試験片の破断は FSP まま材は組織の影響を受けたと考えられる凹凸の多い破面であったが, 後熱処理材は引張軸にほぼ垂直に破断するものが多く観察された.

参考文献

- 1) 例えば, 時末 光: FSW(摩擦攪拌接合)の基礎と応用, 日刊工業新聞社, (2005), 63.
- 2) 例えば, 斉藤尚文, 権湧宰, 重松一典: まてりあ, 43(2004)9, 592.



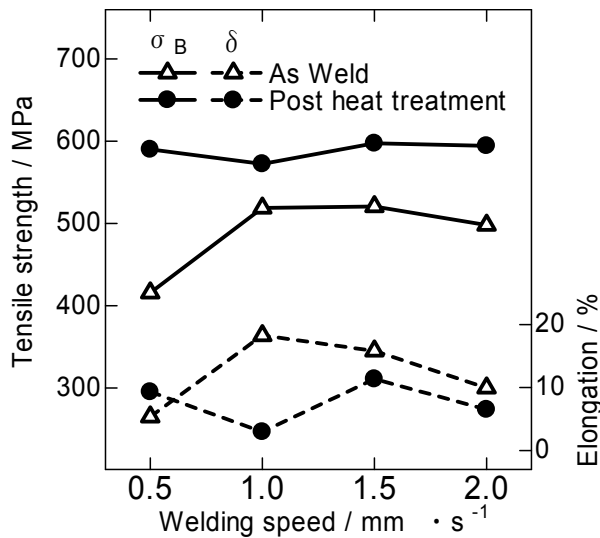
(a) N=1000rpm



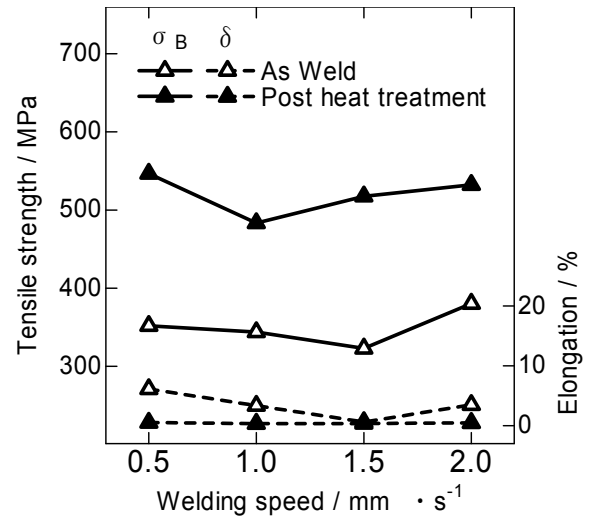
(b) N=1500rpm

Fig.4 Hardness distributions of joint.

(V=1.5mm/s).



(a) N=1000rpm



(b) N=1500rpm

Fig.5 Results of tensile test.

3) 例えば, 加藤 数良, 時末 光, 伊藤
源: 軽金属溶接. 41(2003), 230.