

摩擦攪拌プロセスと圧延によった 3003 アルミニウム合金の成形性

日大生産工(院)

○小澤 崇将

日大生産工

加藤 数良

日大生産工

野本 光輝

1. 緒 言

著者は先に 3003 アルミニウム合金の摩擦攪拌接合(以後 FSW と称す)を行った結果, 継手攪拌部の引張強度は母材の 94%, 伸びは母材の 176%の値が得られ, 強度低下は小さく, 高延性が得られることを示した¹⁾. このことより, 3003 合金の摩擦攪拌プロセス(以後 FSP と称す)による改質を行った板材を圧延して得られる圧延板材は更なる成形性の向上が期待できる²⁾.

本研究では 3003 アルミニウム合金のマルチパス摩擦攪拌プロセス³⁾(以後 MP-FSP と称す)板を用いて, 圧延した板材の成形性および機械的性質について検討した.

2. 試材および実験方法

供試材は板厚 3mm の 3003-H24 アルミニウム合金板 ($160^l \times 50^w \times 3^t$, $\sigma_B=145\text{MPa}$, $\delta=25\%$, 58HV0.1) を用い, 酸化膜の除去等の特別な前処理を行わないで実験に供した. 供試材の化学組成を Table 1 に示す. 回転工具には合金工具鋼 (SKD61) を使用し, ショルダ径 15mm, ショルダ角 4° , プローブは M6, 長さ 2.7mm に機械加工したものを使用した. MP-FSP は予備実験より選定した Table 2 に示す条件を組合せて行った. パス間隔は RS 側へ 5mm 移動させ, 5 パス行った. 得られた MP-FSP 材を送り方向と垂直に一回の圧延量を 0.5mm とし厚さ 1mm の冷間圧延板を作成した. 圧延板はバリを除去せずに作成したものと, 改質面を約 0.3mm 面削し, バリを除去して圧延したものを作成した.

MP-FSP まま材およびその圧延板の組織観

察, 硬さ試験, エリクセン試験, 引張試験をいずれも室温で行った. 引張試験は圧延前後の板から JIS14B 号試験片を送り方向に対して 0° , 45° , 90° 方向より採取した.

Table 1 Chemical compositions of base metal.

Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	Al
0.23	0.65	0.13	1.17	0.07	0.02	Bal.

Table 2 Friction stir processing conditions.

Rotational speed	N (rpm)	800, 1200, 1600
Traverse speed	V (mm/s)	5, 7
Preheating time	t (s)	5
Tilt angle	θ (deg.)	3

3. 実験結果および考察

Fig.1 に MP-FSP まま材の外観を示す. 表面にはショルダ径とほぼ同一幅の円弧状の模様を呈した. 工具回転数の増加に伴い AS 側に大きなバリが生じた. RS 側には工具回転数の小さい条件でバリの発生が観察された. 全条件において表面上は欠陥のない良好な状態であった.

Fig.2 に MP-FSP まま材の横断面巨視的組織を示す. 送り速度の小さい条件では, 母材の圧延組織が AS 側上方向へ流動しており, この傾向は回転数の増加によって著しく現れた. 工具回転数の大きい条件では攪拌部にオニオンリングが観察された.

Fig.3 に MP-FSP まま材の硬さ試験結果を示す. 硬さは母材部に比較して軟化した. 工具

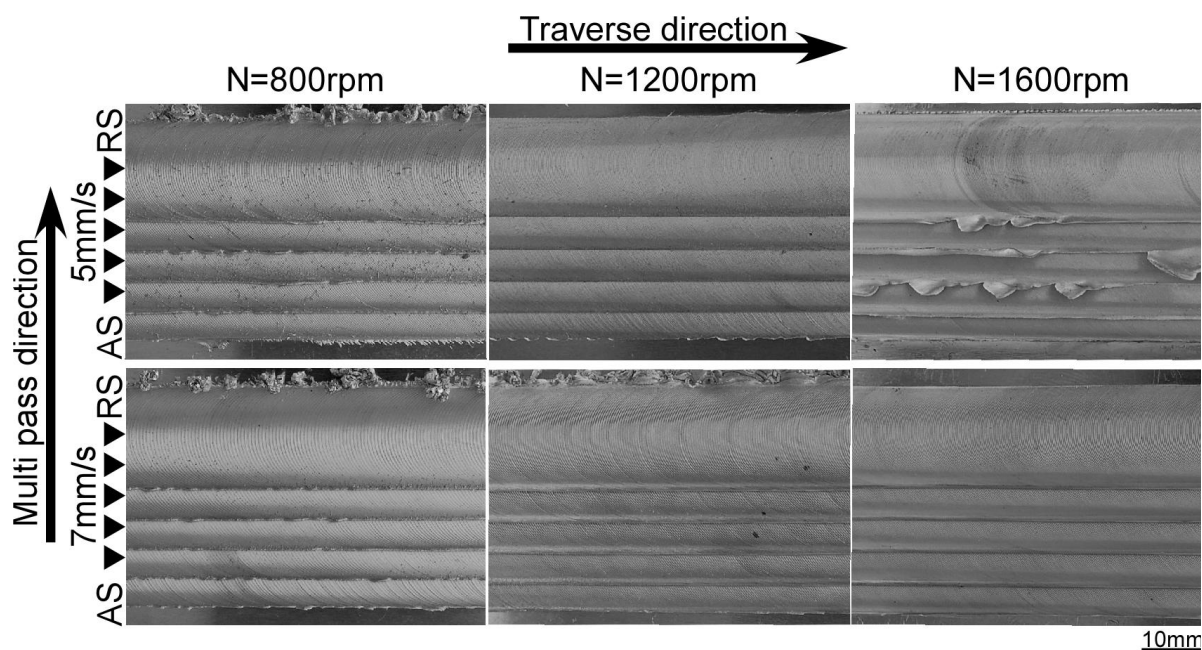


Fig.1 Appearances of MP-FSP specimen.

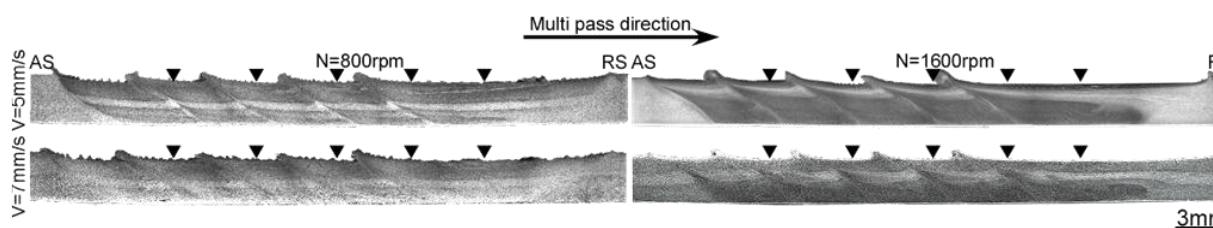


Fig.2 Macrostructures of MP-FSP specimen.

回転数が高い条件では攪拌領域の硬さは若干高い値を示した。マルチパスにより重複して攪拌の影響を受けた部分と他の部分の硬さに差異は認められなかった。

Fig.4 に MP-FSP まま材の引張試験結果を示す。工具回転数の増加に伴って引張強さは向上し、伸びは減少する傾向を示した。このことは、工具回転数が増加により転位が多く導入され、結晶粒の微細化が進行したためと考える。引張強さは送り方向に対して 45° に採取した試験片が高い値を示し、最高値は工具回転数 1600rpm、送り速度 5mm/s の条件で 135MPa と、母材の 93%の引張強さが得られた。伸びは全条件で母材を超える伸びが得られ、送り方向に対し 0° に採取した試験片が最も高くなり、工具回転数 800rpm、送り速度 5mm/s の条件で 43.6%を示し、母材の 1.74 倍の値が得られ

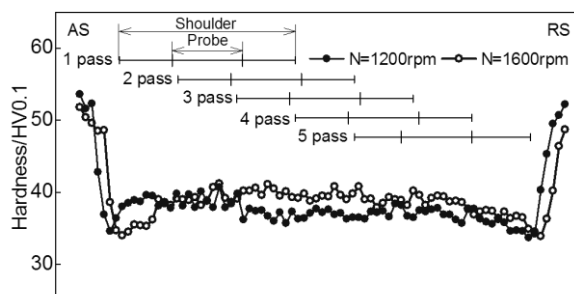


Fig.3 Hardness distributions of as MP-FSP specimen. (V=5mm/s)

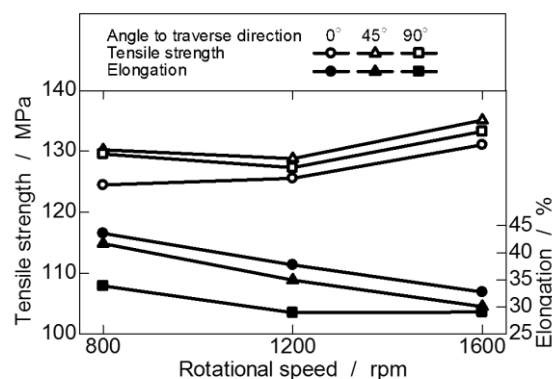


Fig.4 Results of tensile test of as MP-FSP specimen. (V=5mm/s)

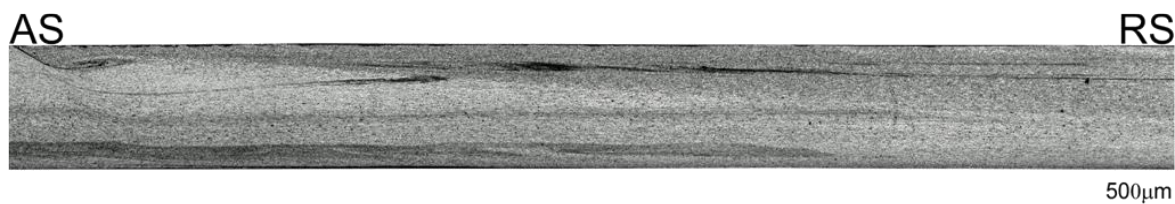


Fig.6 Macrostructure of rolled specimen. (N=800rpm, V=5mm/s)

た．一方，90° に採取した試験片は最も低い値であった．

Fig.5 にバリを除去せず圧延した圧延板の外観を示す．圧延後においてもショルダ外周部に相当する位置に素材と共に圧延されたバリが観察された．

Fig.6 にバリを除去していない圧延板の3パス目に相当する撹拌部外周部の横断面巨視的組織を示す．AS 側上部に素材と共に圧延されたバリが観察された．バリによって素材が塑性変形を受けていると考えられる状態であった．撹拌部外周部範囲は圧延後においても明瞭に識別できたが，MP-FSP まま材に観察されたオニオンリングの痕跡は認められなかった．

Fig.7 に圧延板の硬さ試験結果を示す．圧延した母材の硬さは 64.6HV0.1 であった．熱影響部に相当する範囲では軟化が認められたが，撹拌部においては圧延した母材を上回る硬さを示した．MP-FSP によった結晶粒微細化と圧延による加工硬化の影響であると考ええる．工具回転数の違いによる硬さの差異は認められなかった．

Fig.8 にバリを除去せず圧延した圧延板の引張試験結果を示す．圧延板の引張強さは圧延方向に対して 0°，45°，90° で若干の差が認められそれぞれ 237MPa，227MPa，238MPa．伸びは 8.08%，7.54%，4.19%であった．圧延方向に対して 0° の試験片は工具回転数の増加によって引張強さは向上したが，他は明瞭な差異は認められなかった．全条件で母材の約 87%以上の値が得られた．伸びは 0° の試験片が工具回転数の増加により向上した．圧延によって撹拌部

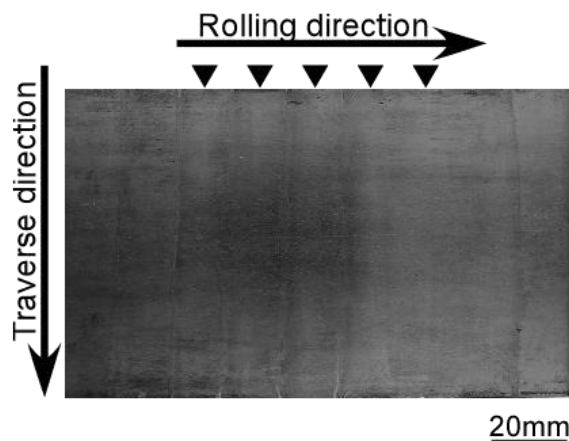


Fig.5 Appearance of rolled specimen.
(N=1200rpm, V=5mm/s)

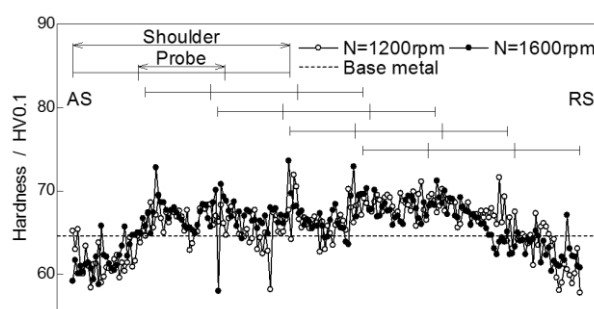


Fig.7 Hardness distributions of rolled specimen. (V=5mm/s)

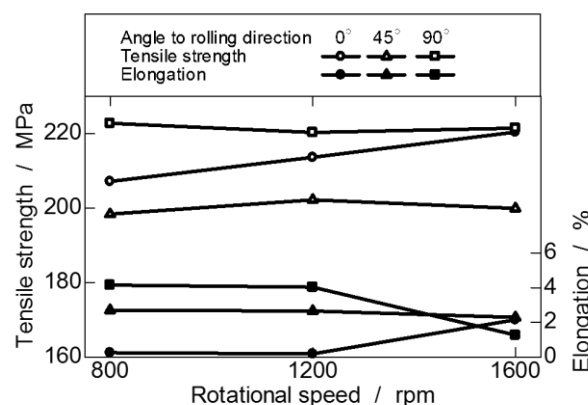


Fig.8 Results of Tensile test of rolled specimen.
(V=5mm/s)

外周部分への応力集中が改善されたことに起因するものと考え、他の方向は回転数の増加に伴い引張強さは低下した。最高値は工具回転数 800rpm, 送り速度 5mm/s, 45° の条件で 4.14% を示し、母材の 54.9% であった。

Fig.9 にバリを除去した圧延板の引張試験結果を示す。バリを除去しない圧延板と比較し、引張強さは 45° の条件が向上し、他の条件は低下した。面削したことによって圧延量が減少し、加工硬化が小さくなったものと考え、全条件において母材の約 84% 以上の値を得た。伸びは 0° の条件が高い値を示し、他の条件はほぼ類似した傾向を示した。最高値は工具回転数 800rpm, 送り速度 5mm/s, 0° の条件で 5.5% を示し、母材の 72.9% であった。

Fig.10 にバリを除去せず圧延した圧延板のエリクセン試験結果を示す。エリクセン値は送り速度の遅い条件が高い値を示したが母材には及ばなかった。送り速度の速い条件では工具回転数の増加によりエリクセン値は若干向上した。また、送り速度の遅い条件では工具回転数の大小による影響は認められなかった。試験片の破断位置はバリの発生した位置であった。

Fig.11 にバリを除去し、圧延した圧延板のエリクセン試験結果を示す。送り速度が遅く、かつ工具回転数の低い条件で母材を超える高いエリクセン値が得られた。エリクセン値の最高値は工具回転数 800rpm, 送り速度 5mm/s の条件で 7.92mm であった。

5. 結 言

MP-FSP したが、圧延板の成形性はバリを除去し、圧延することによりエリクセン値が 7.92mm と母材を上回る値が得られ、成形性が向上した。

参考文献

- 1) 例えば、小澤崇将, 加藤数良: 溶接学会全国大会講演概要, 92(2013), 48-49.
- 2) 例えば、和田清秀, 仲間 大, 加藤数良: 日本大学生産工学部第 42 回学術講演会

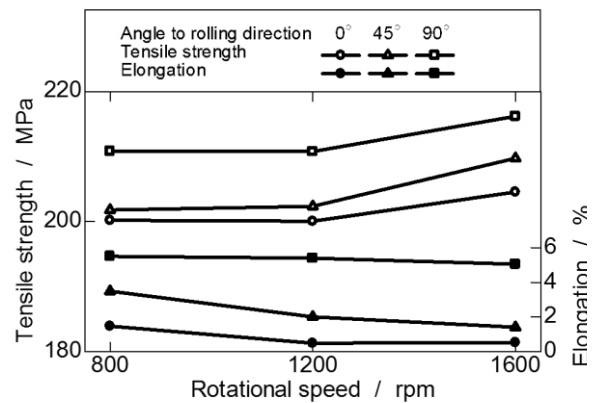


Fig.9 Results of Tensile test of rolled specimen.
(V=5mm/s)

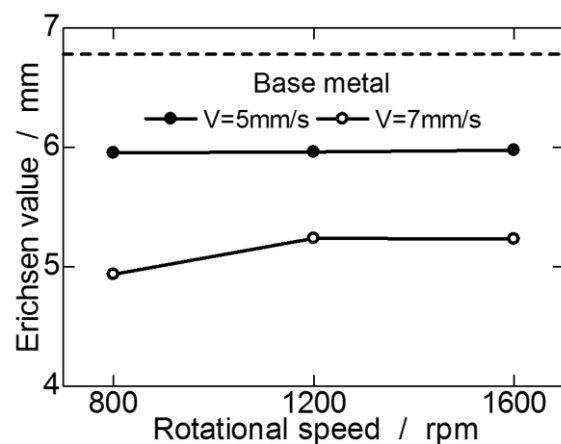


Fig.10 Results of erichsen test of rolled specimen.

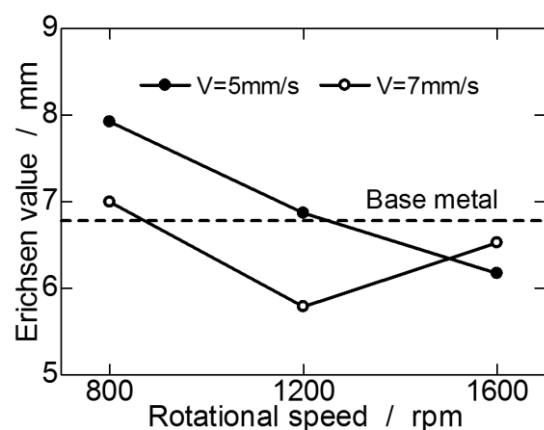


Fig.11 Results of erichsen test of rolled specimen.

(2009), 101-104.

- 3) 例えば、金 永坤, 藤井英俊, 津村卓也, 駒崎徹, 中田一博: 溶接学会全国大会講演概要, 78(2006), 52-53.