

摩擦攪拌プロセスによる難燃性マグネシウム合金の結晶粒の微細化

日大生産工(院) ○和田 清秀
日大生産工 加藤 数良

1. 緒言

環境負荷低減を目的に輸送用機器を始めとした軽量化が進められている。軽量化には薄肉化や軽金属材料への転換が考えられ、実用金属中最軽量のマグネシウム合金が注目されている。しかし、マグネシウム合金は発火点が低いことより切削加工や溶接時の粉塵の飛散による発火の危険や、溶解時のカバーガスなどの問題がある。一方、1~2%のCa添加によりマグネシウム合金の発火点を高くし、難燃性を向上させたマグネシウム合金が開発され¹⁾、用途開発が進められているが、難燃性マグネシウム合金はCa添加により加工性が低下する問題点もある。そこで、結晶粒の微細化を行うことにより、加工性の向上が可能であると考えられる。

結晶粒を微細化させる技術として摩擦攪拌プロセス (Friction Stir Process : FSP) があるが²⁾、マグネシウム合金のFSPについての研究報告が少ないのが現状である。

本研究では難燃性マグネシウム合金であるAZX311マグネシウム合金にFSPを行い、FSP材の結晶粒の微細化および機械的性質について検討した。

2. 実験方法および考察

供試材には AZ31合金に Ca を1%添加した板厚3mmのAZX311マグネシウム合金 ($\sigma_B=284\text{MPa}$, $\delta=22.6\%$, 65.2HV0.1) を幅50mm, 長さ150mmに機械加工したものをを用いた。回転工具には炭素工具鋼 (SK105製) を使用し、ショルダ径20mm, ショルダ角を 4° , プローブはM6, 長さ2.7mm,

Table 1 Friction stir processing conditions.

Rotational speed	N	(rpm)	1100, 1600
Welding speed	V	(mm/s)	0.5 ~ 3.0
Tilt angle	θ	(deg)	3.0
Preheating time	t	(s)	10

に機械加工したものをを用いた。工具回転方向は反時計回りとした。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Table1に示す条件とした。

得られた継手の外観観察、組織観察、硬さ試験、および送り方向に直角に採取したJIS13B号試験片による引張試験をいずれも室温で行った。

3. 実験結果および考察

図は示さないが継手の外観は、ショルダ径とほぼ一致した幅で円弧状の様子が認められた。継手外観には欠陥はなく、送り速度の増加に伴い付着物の増大が観察された。

Fig.1に継手横断面巨視的組織を示す。全条件で攪拌部に同心円状のオニオンリングが観察され、オニオンリングはAS側(工具の回転方向と送り方向が同一となる側、また、逆となる側をRS側と称す)に偏る傾向を示した。オニオンリングは接合速度の増加に伴い小さくなった。このことは接合速度の増加に伴い同一位置での単位

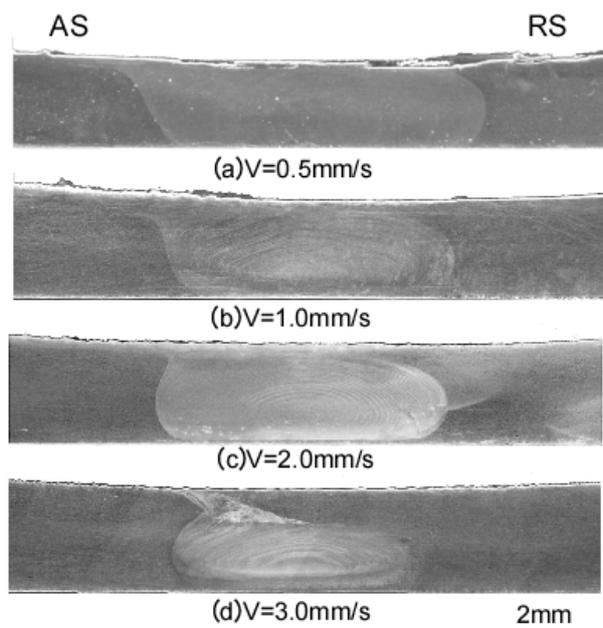


Fig.1 Macrostructures of joint. (V=1100rpm)

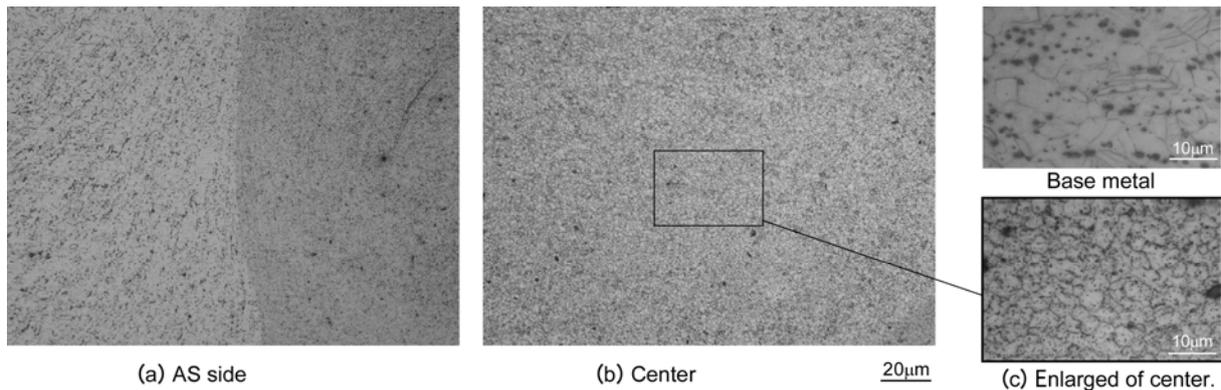


Fig.2 Microstructures of stir zone. (N=1600rpm, V=3.0mm/s)

時間あたりの発熱量が減少するためと考える。

Fig.2 に攪拌部の微視的組織を示す。攪拌部外周には組織の流動が観察され、攪拌部内と比較して若干粗大な組織であった。攪拌部中央は全条件で等軸な組織を示し、母材部に比較して著しく微細な組織を示した。図は示さないが、接合速度の増加に伴い組織は微細となった。

Fig.3 に攪拌部中央の微視的組織よりチンマー法で求めた平均結晶粒径を示す。母材の平均結晶粒径は $20\mu\text{m}$ であった。全条件で母材と比較して微細であり、接合速度の増加に伴い結晶粒径は微細化する傾向を示したが、工具回転数による結晶粒径の差は小さかった。本実験の範囲内では回転数 1600rpm, 接合速度 3.0mm/s の条件が平均結晶粒径 $7.5\mu\text{m}$ と最も微細となり、母材の約 37% の値であった。

Fig.4 に板厚中央部の接合方向と直角方向の硬さ分布を示す。硬さのばらつきはあるが、全条件で攪拌部は母材と比較して高い値を示した。攪拌部以外での硬さには、いずれの場所も母材部との差異は認められなかった。

Fig.5 に引張試験結果を示す。引張強さは結晶粒径と良い対応を示し、結晶粒径が小さくなるのに伴い引張強さは向上した。すなわち、接合速度の増加に伴い引張強さは向上し、工具回転数の大きい条件で高い値を示した。本実験の範囲内では回転数 1600rpm, 送り速度 3mm/s で最高引張強さを示し、母材の約 83% の値であった。破断位置は全条件で攪拌部近傍であった。

参考文献

- 1) 例えば, 秋山 茂 : Ca添加による難燃性Mg合金鋳物, 66, (1994), 38.
- 2) 例えば, 社団法人溶接学会編 : 摩擦攪拌接合-FSWのすべて-, 産報出版, (2006), 63.

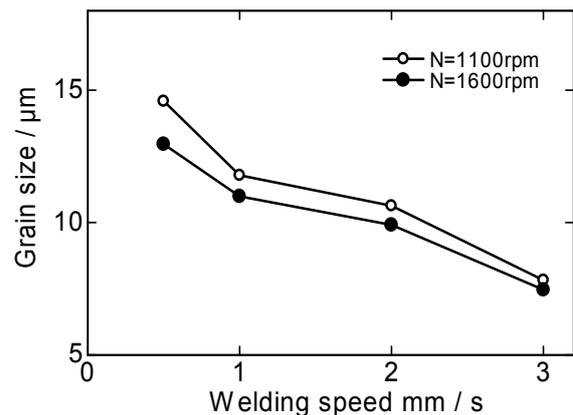


Fig.3 Measuring results of grain size.

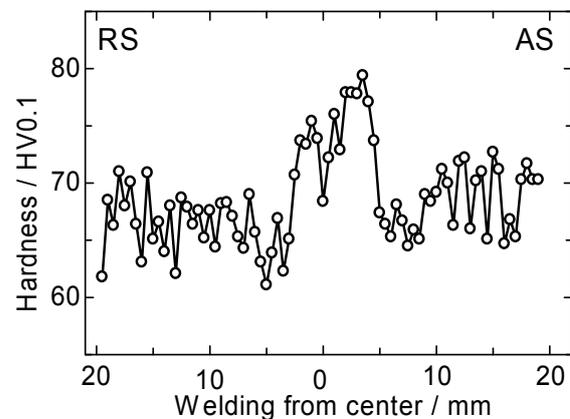


Fig.4 Hardness distribution of joint. (N=1600rpm, V=0.5mm/s)

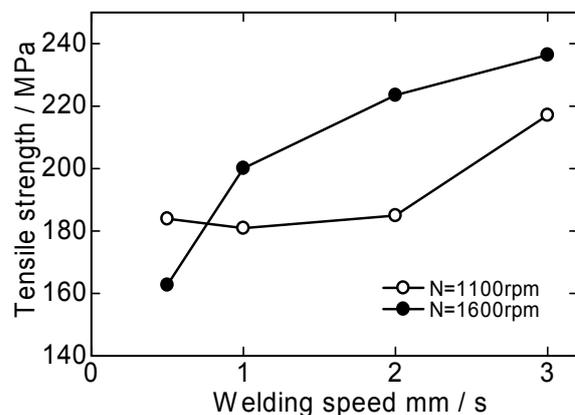


Fig.5 Results of tensile test.