

各種溶接法によるアルミニウム合金展伸材 と鋳物との異材継手特性

日大生産工(学部) ○三枝 祐希
日大生産工(非常勤) 長谷川 利之 日大生産工 大久保 通則

1. 緒言

溶接・接合は電子機器から大型建造物に至るものづくりの基盤技術であり、溶接・接合法は数多く存在し中でも熔融溶接は、材料に熱と溶加材を加え接合する方法であり、多方面で使用されている。

しかし加工時に熱を加えていることから、材料は熱影響を受けることとなる。また溶加材を加えることにより、材料の機械的性質にも影響を与える。

この実験では機械設計の自由度を増すことを目的とし、異種金属(展伸材、鋳物)の継手の機械的性質(強度、硬さ、曲げ)が母材と比較しどのように変化したのかについて検討することが目的である。接合法は熔融溶接である TIG 溶接(Tungsten Inert Gas welding), MIG 溶接(Metal Inert Gas welding), レーザ溶接(Laser beam welding), と近年注目されている固相接合である摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding)を用いた。また継手強度を算出し各種溶接法において機械的性質の違い、熔融溶接と固相接合の機械的性質の違いについて合わせて検討を行った。

2. 実験方法

本研究では市販のアルミニウム合金展伸材(A5058, Al-Mg 系)とアルミニウム合金鋳物(AC7A, Al-Mg 系)を使用した。これらの機械的性質を Table 1 に示す¹⁾²⁾。供試材の寸法は、厚さ ; 6[mm], 長さ ; 200[mm], 長さ ; 100[mm]である。

Table 1 Mechanical properties
of test materials.

	A5058	AC7A
Tensile strength[MPa]	289	210<
0.2% proof stress[MPa]	147	110
Longitudinal elastic modulus[GPa]	71	67.8

今回実施した溶接・接合は、突合せ溶接を行い、開先は TIG 溶接と MIG 溶接は V 型、レーザ溶接と FSW(摩擦攪拌接合)は I 型としたのである。Table 2 に条件を示す。

Table 2 Welding condition.

TIG welding		
Welding speed[mm/min]	1st	113
	2nd	111
Welding current[A]	1st	150
	2nd	170
Shield gas([L/min])		Ar(10)
MIG welding		
Welding speed[mm/min]	1st	240
	2nd	200
Welding current[A]	1st	132
	2nd	132
Shield gas([L/min])		Ar(10)
Laser welding		
Welding speed[mm/min]		4000
Laser output [W]		1500
Shield gas		Ar
FSW		
Rotation speed[rpm]		2000 3000
Welding speed[mm/min]		250 300
Retention time[s]		30.0 40.0

Dissimilar Joint Characteristics of wrought
and Cast Aluminum Alloys by Various Welding Methods

Yuki SAEGUSA, Toshiyuki HASEGAWA and Michinori OKUBO

TIG 溶接で使用した溶接棒は, Al-Mg 系の A5183(ϕ 3.2[mm]), MIG 溶接で使用した溶接ワイヤは, Al-Mg 系の A5356 (ϕ 0.8[mm])であった. これらの機械的性質は Table 3 に示す³⁾.

Table 3 Mechanical properties
of filler metals.

	A5183	A5356
Tensile strength[MPa]	330	290
0.2% proof stress[MPa]	280	240

引張試験はインストロン型引張試験機を使用し⁴⁾, 試験条件は, 引張速度 3mm/min で, 荷重 49kN で行った. 試験片の形状と寸法を Fig 1 に示す. 溶接金属の機械的性質を評価するのが目的のため, 切欠きを施した.

硬さ試験は, ビッカース硬さ試験機を使用し⁴⁾, 試験荷重を 196.1N(HV20)で行った. 測定箇所を Fig.2 に示す.

曲げ試験⁵⁾は, 試験速度を 3.0mm/min で行い, 試験機はインストロン型引張試験機を使用した.

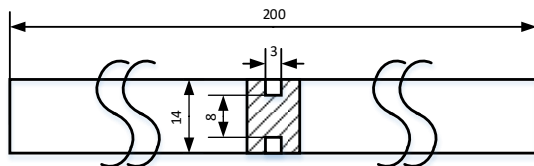


Fig.1 Shape and size of
tensile test piece(Unit : mm).

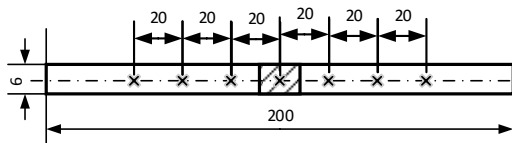


Fig.2 Shape and size of
hardness test piece(Unit : mm).

3. 実験結果及び考察

3. 1 引張試験

引張試験結果を Fig 3 に示す.

レーザ溶接は熱影響が溶融溶接の中では最も小さく, 破断位置を見ると接合部で破断せず鋳物側で破断した. このことから引張強さは溶融溶接の中では小さい値を取ったと考えられる.

溶融溶接と固相接合を比較してみると, 明らかに固相接合弱いことが分か

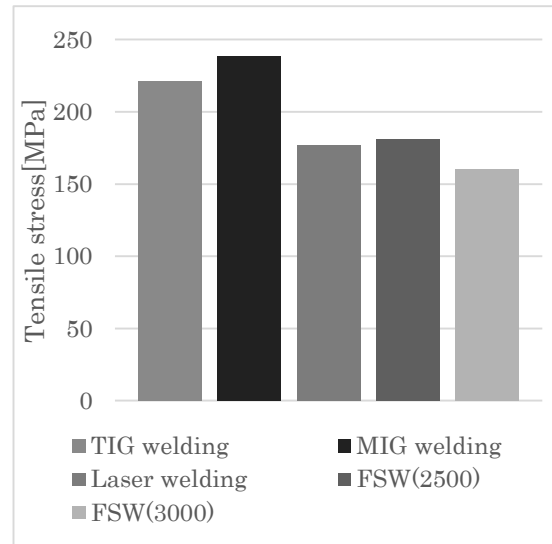


Fig. 3 Tensile test results (notch shape).

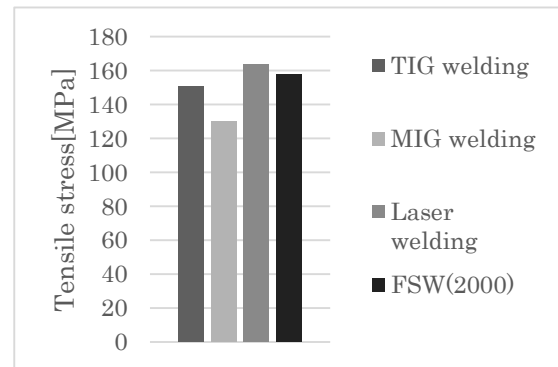


Fig.4 Tensile test results (smooth shape).

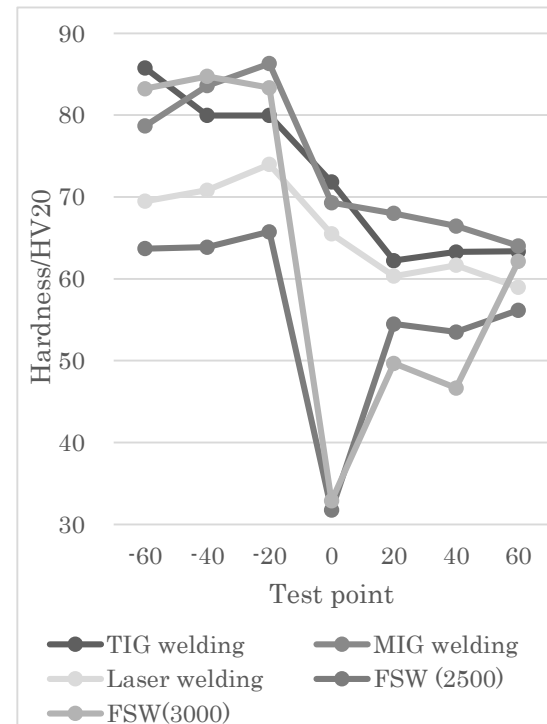


Fig.5 Hardness test results

る。本来固相接合である摩擦撹拌接合の引張強さは母材とほぼ同等の値を示すことが多い。

本実験では、接合部の撹拌の不十分が起因となり引張強さが溶融溶接と比べ低くなったと考えられる。

Fig.4 は試験片形状が平滑なものの引張試験を行った結果である⁵⁾。切欠きを付した形状の引張試験結果と比べると、明らかに平滑形状のほうが引張強さは低いことがわかる。平滑形状の破断位置を見ると鋳物で破断していることから、これは熱影響が鋳物側の組織の脆弱化を起こし結果、引張強さの低下をもたらしたものと考える。

3. 2 硬さ試験

硬さ試験結果を Fig.5 に示す。

FSW の硬さ値は溶融溶接に比べ明らかに低い値である。これは FSW の撹拌が不十分であることが考えられる。実際溶接金属部以外の値は溶融溶接に近い値であることからとも言える。溶融溶接の中で最も低いのはレーザ溶接である。レーザ溶接は接合部が他と比べ小さく、溶接速度も他と比べて速いことから熱影響が小さいことが考えられる。

3. 3 曲げ試験⁵⁾

Fig.6 は曲げ試験の結果を示す。

破断位置はすべて鋳物側である。FSW が明らかに低い値を示しているが、これは撹拌の不十分によるものと考えられる。

今回の実験では溶融溶接は最大曲げ応力の値は高いことから曲げの力に対して強いと考えられる。

3. 4 継手強度

継手強度を近似的に算出する式¹⁾は以下のものである。

$$\sigma_T^J = \frac{H}{W} \sigma_T^W + \left(1 - \frac{H}{W}\right) \sigma_T^B$$

σ_T^B , σ_T^W ; 母材および溶接金属の引張強さ
 H , W ; 溶接金属の幅, 継手幅

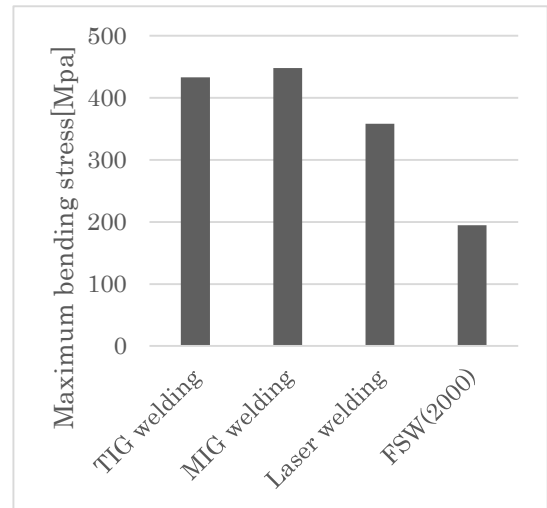


Fig.6 Bending test result.

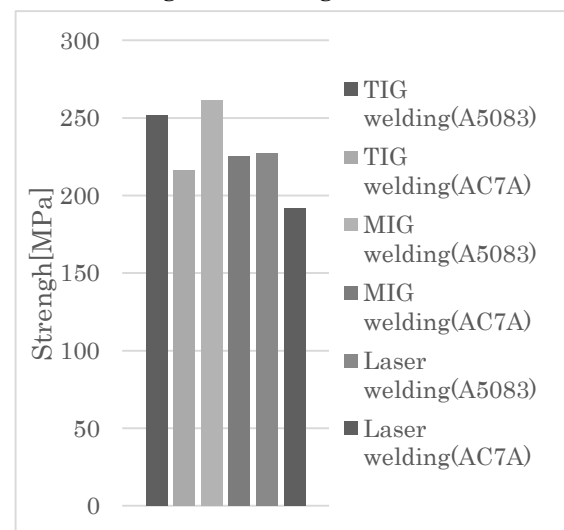


Fig.7 Joint strength (fusion bonding).

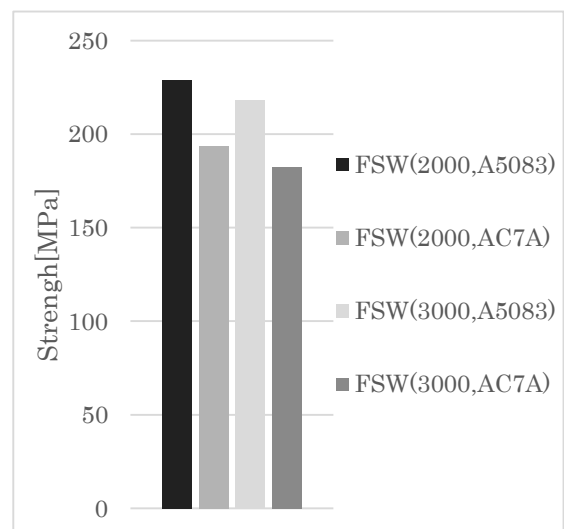


Fig.8 Joint strength (solid-phase bonding).

ただし今回の場合、母材は展伸材、鋳物の2種類使用しているのので、それぞれの母材の引張強さをを用いて算出することとなる。計算結果を Fig 7, Fig.8 に示す。

継手強度から熔融溶接と固相接合に大きな差がないことがわかる。また鋳物の引張強さを使用した継手強度は、鋳物の引張強さに近い値を算出した。展伸材の引張強さと比較すると、低い値となっている。

4. 結言

- (1) 今回の実験ではFSWの攪拌が不十分であったため、どの試験においても低い値をとったことが分かった。
- (2) 継手強度は、鋳物の引張強さで比べ差は小さいが、展伸材の引張強さで比べると差は大きい。溶け込みまた攪拌の際に鋳物の方が多く溶接金属に入り込んでいると推察できる。
- (3) 継手強度で熔融溶接と固相接合を比較すると、差は大きくないが分かった。

参考文献

- 1) 機械工学便覧, (一社)日本機械学会, (2006)
- 2) JSME テキストシリーズ 機械材料学
(一社)日本機械学会, (2012)
- 3) アルミニウム合金(展伸材)の標準機械的性質
株式会社 アルミネ
- 4) 基礎工学実験 平成 25 年度
日本大学生産工学部機械工学科, (2013)
- 5) 平成 26 年度 卒業研究概要集
日本大学生産工学部機械工学科, (2015)