

TIG およびプラズマ溶接法による AZ31 マグネシウム合金継手の 機械的性質に及ぼすシールドガスの影響

日大生産工(院)
日大生産工

○石 田 哲 也
朝比奈 敏 勝

1. 緒 言

マグネシウムは主に携帯情報機器などの部品に用いられており, その需要は増加の傾向にある. マグネシウム合金の溶接には TIG 溶接法が多用されている. 鉄鋼材料の TIG 溶接では通常使用されているアルゴン単体のシールドガス中にヘリウムや水素を添加することにより, アークの集中を高めて溶込みを深くし, 著しく溶接の高速化が可能となるとの報告がある¹⁾. また, TIG 溶接と同様に非消耗電極を使用したプラズマ溶接法は, ピンチ効果によって TIG 溶接に比較して深溶込みが得られ, 高能率溶接法として自動車産業を中心に実用化されている溶接方法である. 著者らはすでにマグネシウム合金の TIG 溶接について, 継手の機械的性質, 溶接性に及ぼすパルス周波数およびシールドガスの影響を報告した^{2~4)}.

本研究では, AZ31 マグネシウム合金の TIG およびプラズマ溶接のシールドガスをヘリウムガスで溶接し, シールドガスが継手の機械的性質に及ぼす影響を通常使用されるアルゴンガス継手と比較検討した. さらに溶接方法が異なった場合, シールドガスの種類が継手の機械的性質に及ぼす影響も検討した. なお, シールドガスの影響に関する検討はサーフェイスガスについてであり, バックシールドガスおよびプラズマガスはアルゴンガス 100%とした.

2. 供試材および実験方法

供試材には, 市販の板厚 4.0mm の AZ31 マグネシウム合金(以後 AZ31 と称す)を幅 70mm, 長さ 200mm に機械加工し, 溶接直前にエメリーペーパーで接合部を研磨後, ブタノンにて脱脂洗浄して実験に供した. 供試材の機械的性質を

Table 1 に示す.

溶接はそれぞれ最大出力電流300A, インバータ制御のTIG溶接機およびプラズマ溶接機を使用し, 圧延方向に対して直角にルート間隔なしのI型突合せ溶接を行った. TIGおよびプラズマ溶接条件をTable 2およびTable 3に示す. なお, 溶接に使用したシールドガスはアルゴンガス, ヘリウムガスともに100%とした(以後TIG-Ar, HeおよびPlasma-Ar, Heと称す).

得られた継手の外観観察, 組織観察, 硬さ試験, 引張試験および衝撃試験をいずれも室温で行った. なお, 引張試験はJIS 13B 号試験片(溶融凝固部をゲージ中央)を使用した. 衝撃試験はクォータサイズのVノッチ(溶融凝固部および熱影響部)試験片とした.

Table 1 Mechanical properties of base metal.

Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Impact value (kJ/m ²)	Hardness (HV 0.1)
244	18.2	75.4	56.7

Table 2 TIG welding conditions.

Shielding gas			He, Ar
Welding current		I (A)	110~190
Welding speed		V (mm/min)	400
Shielding gas flow rate	Surface	G _S (ℓ/min)	20
	Backing	G _B (ℓ/min)	1 (Ar)
Arc length		L _A (mm)	1.5
Electrode diameter		D _E (mm)	3.2

Table 3 Plasma welding conditions.

Shielding gas			He, Ar
Welding current		I (A)	90~140
Welding speed		V (mm/min)	400
Plasma gas flow rate		G _P (ℓ/min)	1.5 (Ar)
Shielding gas flow rate	Surface	G _S (ℓ/min)	20
	Backing	G _B (ℓ/min)	5 (Ar)
Stand off		L _S (mm)	1.5
Insert chip diameter		D _I (mm)	3.2

Effects of Shielding Gas on Mechanical Properties of AZ31 Magnesium Alloy
Welded by TIG and Plasma Welding Process.

Tetsuya ISIHIDA and Toshikatsu ASAHINA

3. 実験結果および考察

各溶接方法でシールドガスの種類と溶接電流をそれぞれ変化させ溶接を行った結果, 得られた溶接条件範囲をFig.1に示す. 完全溶込みを得るために必要な溶接電流は, TIG-Ar継手では170~190A, TIG-He継手は110~140Aとなり, Plasma-Ar継手は120~140A, Plasma-He継手は90~130Aとなった. これよりTIG溶接およびプラズマ溶接でシールドガスにヘリウムガスを用いることにより, 溶接範囲が広範囲となり安定した溶接が可能となるものとする. さらに溶接電流の抑制が可能となった. これはヘリウムガスの電気伝導率がアルゴンガスに比較し低いこと, アークが緊縮したためと考える⁵⁾. しかしながら, TIG溶接法に比較しプラズマ溶接法は, ヘリウムガスによった溶接電流を低下させる効果が少ない.

継手のビード外観をFig.2に示す. 全継手に割れおよびピット等の溶接欠陥は観察されなかった. 全継手の表ビードは良好な形状が得られたが, 溶接部裏面にR溝を設けなかったプラズマ溶接継手の裏ビード形状はTIG溶接継手に比較し, 凹凸が多く認められた.

ビード幅の測定結果をFig.3に示す. 表ビード幅はTIG溶接継手で10mm以上となったが, プラズマ溶接継手は10mm未満であった. TIG溶接継手の裏ビード幅はシールドガスの種類によらず5mm前後であったが, プラズマ溶接継手は3~6mmであった. プラズマ溶接継手はTIG溶接継手に比較して表裏のビード幅の差が小さい傾向を示した. これは両溶接法のビード形成法の相違によるものとする.

継手の横断面マクロ組織をFig.4に示す. TIG溶接継手にはアンダーフィルはほとんど観察されず, アンダーカットおよびブローホール等も観察されなかった. プラズマ溶接継手も同様にアンダーカットおよびブローホール等は観察されなかったが, 裏ビードが凹となる部分もあった. これはTIG溶接の場合と異なり, 溶接部の裏面にR溝を設けなかったために凝固収

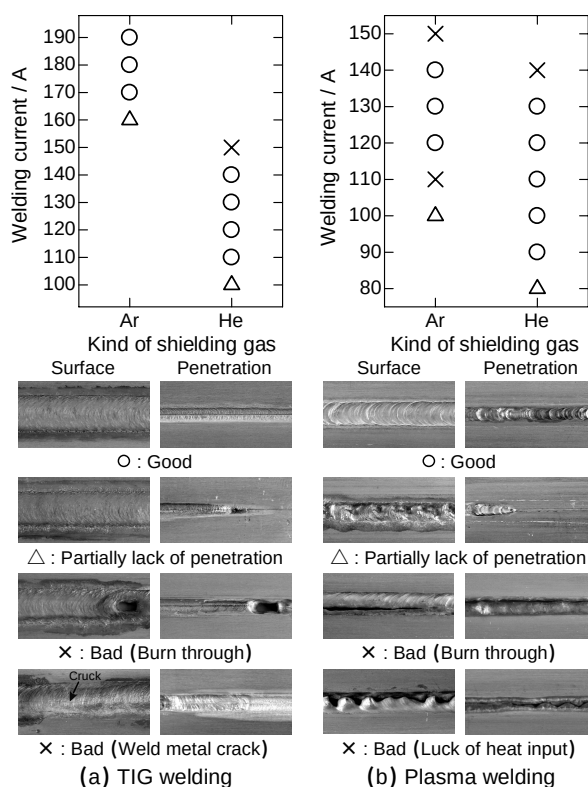


Fig.1 Effects of gas and welding current on bead appearances.

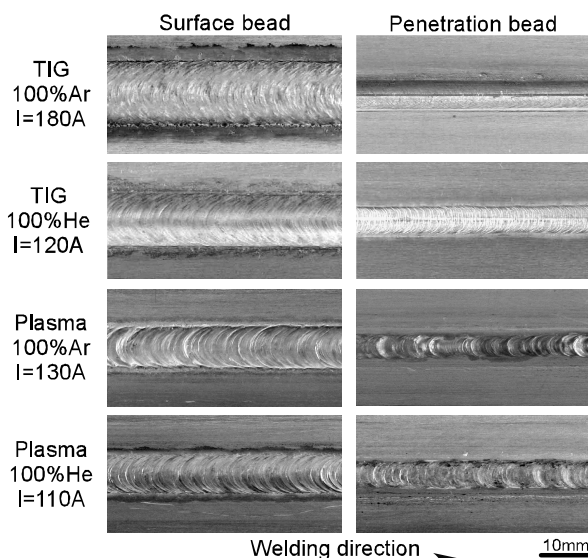


Fig.2 Bead appearances of welded joint.

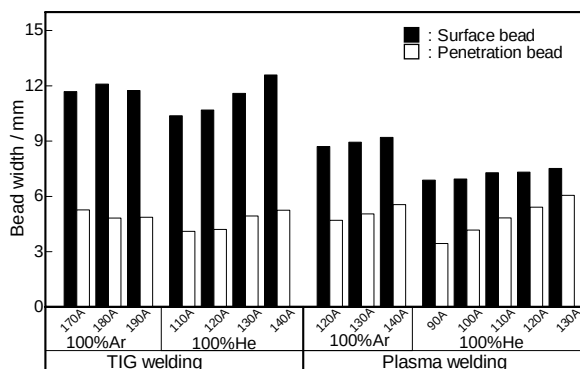


Fig.3 Relation between welding conditions and bead width.

縮の影響が表れたものとする⁶⁾。また、プラズマガスの吹返しも一因であると推察する。TIG溶接継手ではシールドガスの種類によって溶込み形状が異なり、TIG-Ar継手は外に膨らむ形状であり、TIG-He継手は裏ビード近傍でくびれた形状を呈した。これはTIG-He継手の板厚方向への溶込みが増大したことを示すと考える。プラズマ溶接継手の溶込み形状はガスの変化による差異は認められなかった。以上の結果より、プラズマ溶接はTIG溶接に比較してシールドガスによるアークの集中が溶込み形状に及ぼす影響は顕著ではない。これはプラズマ溶接がキーホール溶接であり、プラズマガスによって板厚方向の溶込みを得ているため、シールドガスによる影響は軽微であったと推察する。

各種継手の溶融凝固部および熱影響部のミクロ組織をFig.5に示す。溶融凝固部および熱影響部の組織は全継手とも結晶粒径に差異は認められたが、シールドガスの種類および溶接法に関係なく類似の様相を呈した。結晶粒径は溶融凝固部が40～50 μ m前後、熱影響部では40 μ m前後となり、母材の21.5 μ mに比較して粗大化する傾向を示した。

継手横断面板厚中央の硬さ測定結果をFig.6に示す。全ての継手の溶融凝固部が軟化する傾向を示し、溶込み形状による軟化域に差異が認められた。母材の組織が圧延組織であるのに対して、溶融凝固部の組織が铸造組織である。これにより溶接部が軟化したものと推察する⁷⁾。また溶融凝固部の結晶粒径が母材に比較して、粗大化していることも軟化要因の一つであるとする。

引張試験結果をFig.7に示す。全継手とも引張強さの継手効率率は約90%以上を示した。伸びは母材の35～77%となった。TIG溶接継手の伸びはHe継手がAr継手に比較して約16%向上し、プラズマ溶接継手も同様の傾向であり、約47%向上した。これよりシールドガスにヘリウムガスを用いることは伸びの改善に有効であると考え。さらにいずれのガスでもTIG溶接継手に

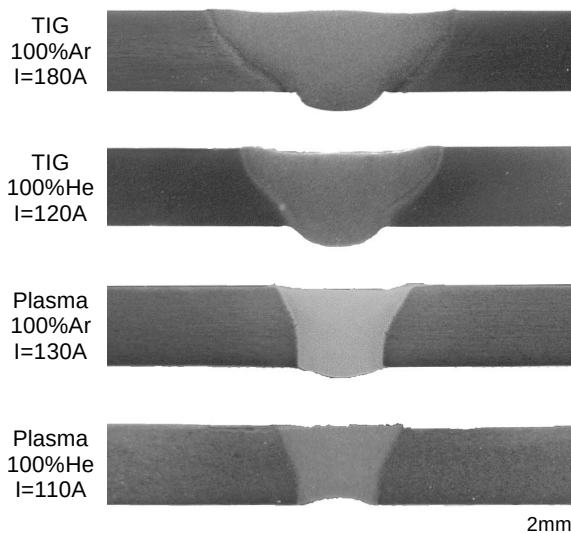


Fig.4 Macrostructures of welded joint.

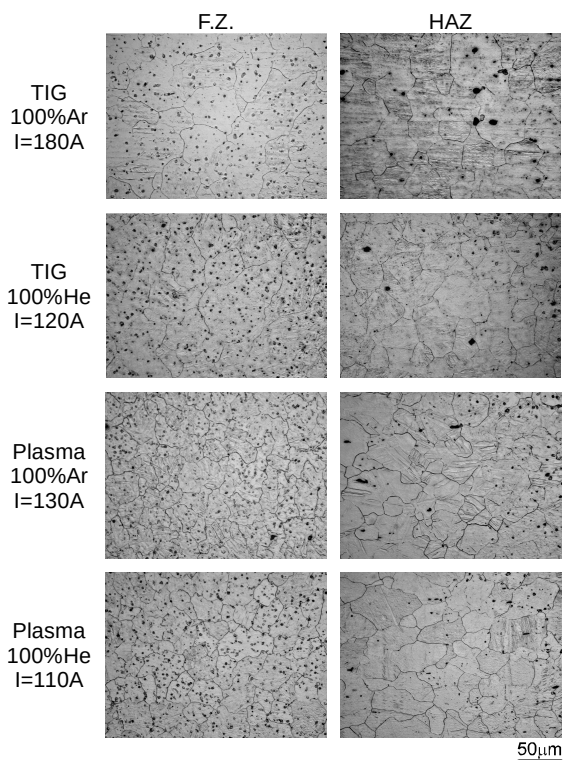


Fig.5 Microstructures of welded joint.

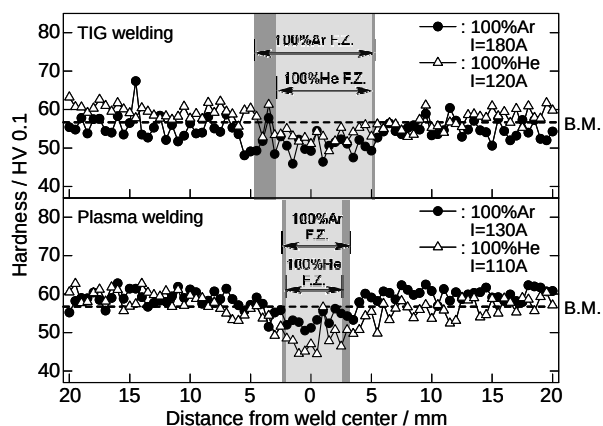


Fig.6 Hardness distributions of welded joint.

比較しプラズマ溶接継手の伸びが高いため、AZ31溶接継手はプラズマ溶接を用いることによって伸びの低下が抑制可能であると考える。

衝撃試験結果をFig.8に示す。熱影響部に切欠きを付した試験片の衝撃値は、母材と同程度もしくはそれ以下の値となった。溶融凝固部に切欠きを付した試験片の衝撃値は、Plasma-He継手のみ溶接電流の増加に伴い低下したが、それ以外の継手は増加する傾向を示した。全ての継手は母材に比較して高い値を示した。これよりシールドガスの種類および溶接法が、AZ31溶接継手の衝撃値に及ぼす影響は明瞭には認められなかった。

溶融凝固部に切欠きを付した試験片の衝撃試験より得られた荷重-変位曲線の一例をFig.9に示す。全ての継手で母材に比較して、最高荷重点は高く、その到達変位は同等の値であった。TIGおよびPlasma溶接継手とも衝撃特性にシールドガスの種類による明瞭な差異は認められなかった。また溶接法による差異も明瞭でなかった。

Fig.9の荷重-変位曲線より求めたき裂発生エネルギー(Ei)、き裂伝播エネルギー(Ep)および全吸収エネルギー(Et)をFig.10に示す。TIG溶接継手ではき裂発生エネルギーに比較し、き裂伝播エネルギーの値が高く、シールドガスの変化の影響は認められなかった。しかし、Plasma溶接継手では、Plasma-Ar継手のき裂発生エネルギーに比較し、き裂伝播エネルギーの値が高くなっていたのに対し、Plasma-He継手はき裂発生エネルギーとき裂伝播エネルギーの値が同等であった。

本研究は、機械工学科実習工場の芦野辰美先生にご指導を頂いた。特記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 佐藤：溶接技術(2005)6, 132-139.
- 2) 朝比奈，時末：軽金属，45(1995)2，70-75.
- 3) 石田，朝比奈：日本機械学会九州支部講演論文集，(2006)，167-168.
- 4) 石田，朝比奈：第79集溶接学会全国大会講演概要，(2006)，136-137.
- 5) 田中：第79集溶接学会全国大会講演概要，(2006)，F24-25.
- 6) 青地，藤井，安田：軽金属溶接，42(2004)，3，14-20.
- 7) 金子，朝比奈，菅又，西川，高田：日本金属学会誌，64(2000)12，1239-1244.

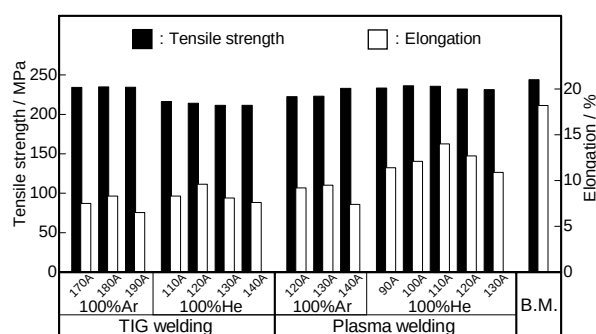


Fig.7 Results of tensile test.

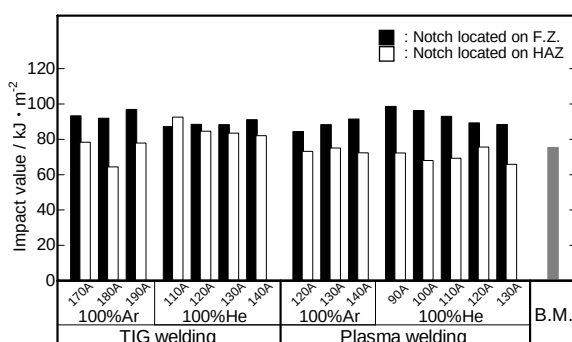


Fig.8 Results of Charpy impact test.

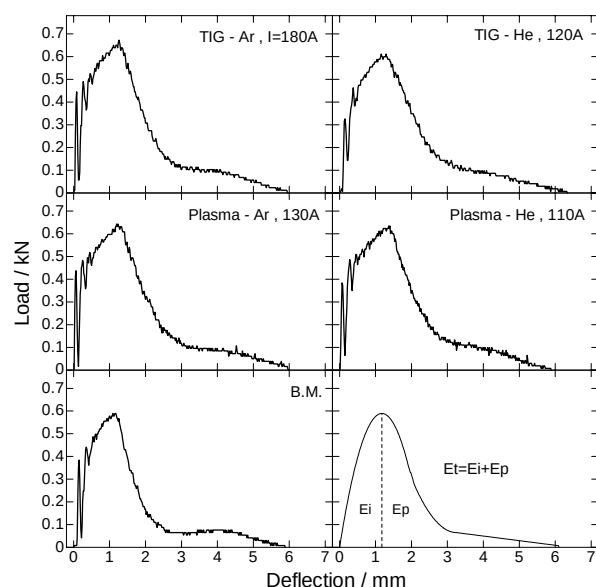


Fig.9 Load-deflection curves by Charpy impact test.

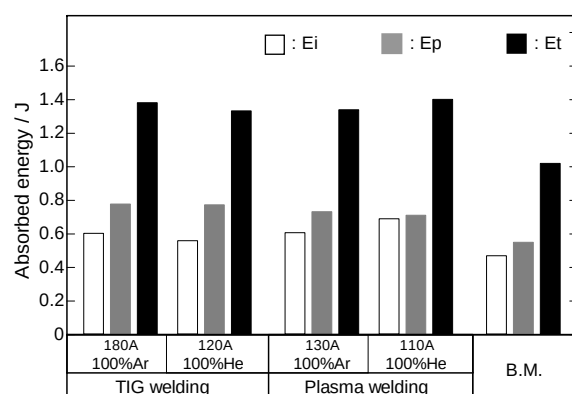


Fig.10 Absorbed energy of welded joints and base metal. (Notch located on F.Z.)