

AZ31 および AZ61 マグネシウム合金薄板溶接継手の成形性

日大生産工（院） ○ 中 松 隆 一
日大生産工 朝比奈 敏 勝
茨城県工業技術センター 行 武 栄太郎

1．緒言

マグネシウム合金は実用金属中で最も比重が小さいため，比強度，比耐力が良好で，寸法安定性，耐くぼみ性および減衰能などに優れる．さらに被削性および高温での加工性が良いという特性を有している．

特にマグネシウム合金薄板構造材は携帯型電子機器筐体に適している．マグネシウム合金の用途を拡大するためには，異なる板厚および材質の板材を接合して一体化した素材であるテーラードブランク材の適用が考えられる．

レーザ溶接は高いエネルギー密度を容易に制御することができることより，高速かつ精密な溶接が可能である．さらに，パルスYAGレーザは断続的に供試材を加熱することから，連続発振のレーザに比べて溶落ちが少なく薄板の接合に適している．

マグネシウムは稠密六方晶であるために，常温におけるすべり変形は臨界せん断応力の低い底面(0001)に頼ることになり，常温において他の金属に比べ著しく成形性が劣ることが知られている．

そこで，本研究はマグネシウム合金薄板の突合せ溶接継手の成形性を検討した．また，マグネシウム合金の溶接および成形性の研究は主にAZ31マグネシウム合金についての研究報告が多く，AZ61マグネシウム合金についての報告は少な

い．AZ61マグネシウム合金は成形性ではAZ31マグネシウム合金に劣るものの¹⁾，強度はAZ31マグネシウム合金に比べて高いという特徴があるので，今回の実験では主にAZ61マグネシウム合金溶接継手の成形性評価を行うことを目的とした．

2．供試材および実験方法

供試材には板厚 1.0mm の AZ31 マグネシウム合金および板厚 0.6mm の AZ61 マグネシウム合金を幅 50mm，長さ 200mm に機械加工し，溶接直前に供試材の表面および突合せ面を研磨後，ブタノンで脱脂洗浄して実験に供した．供試材の機械的性質

Table 1 Mechanical properties of base metals.

Materials	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HK0.05)
AZ31	267.2	25.2	78.4
AZ61	278.4	8.0	50.9

Table 2 Laser welding conditions.

Laser output		Q (W)	200,500
Pulse width		PW (ms)	5.0
Pulse frequency		f (Hz)	20
Welding speed		V (mm/min)	420
Gas flow rate	Assist	Ga (ℓ/min)	30
	Backing	Gb (ℓ/min)	20

Table 3 Plasma welding conditions.

Welding current		I (A)	25
Welding speed		V (mm/min)	1000
Plasma gas flow rate		G _p (ℓ/min)	0.5
Shielding gas flow rate	Surface	G _s (ℓ/min)	10
	Stand off	L (mm)	1.2

Formability of Welded AZ31 and AZ61 Magnesium Alloy Sheet.

Ryuichi NAKAMATSU, Toshikatsu ASAHINA and Eitarou YUKUTAKE

を Table 1 に示す .

溶接には最大平均出力 550W (最大パルスエネルギー 70 J) のパルス YAG レーザ装置および交流プラズマ溶接機を使用し , ルート間隔無しの I 型突合せ溶接を圧延方向に対して直角に行った . シールドガスには Ar ガスを用いた . 予備実験により良好な継手を得ることができたパルス YAG レーザ溶接 , プラズマ溶接の溶接条件をそれぞれ Table 2, Table 3 に示す . ただし , AZ31 マグネシウム合金のプラズマ溶接継手はブローホールが多く発生して良好な継手が得られなかったため , 今回の実験からは除いた . AZ31 マグネシウム合金レーザ継手の絞り試験は直径 55mm ~ 65mm の範囲でブランクを作成した . その後 , 溶接残留応力の除去を目的とし 623K で 1hr. の焼鈍を行い , 大気中で冷却をした試験片と溶接のままの試験片の絞り加工を室温で行った . 絞り加工はポンチ直径 40mm , ポンチ速度は 7.5mm/min , 15mm/min , 22.5mm/min の 3 通りとした .

AZ61 マグネシウム合金は直径 70mm のブランクを作成し , 室温で溶接のままおよび焼鈍した試験片の試験を行い , 溶接のまま材のみ , 更に 373K , 423K , 473K , 523K , 573K で温間加工を行った . 絞り加工はポンチ直径 50mm , ポンチ速度 6mm/min とした .

引張試験は Fig.1 に示す JIS 6 号試験片を使用し , 溶接部を引張方向と直角とした Type A および溶接部を引張方向と直角に平行とした Type B の 2 種類を行った .

3 . 実験結果および考察

3.1 AZ31 マグネシウム合金溶接継手の成形性

著者らが行ったパルス周波数を 20Hz に固定した実験において最も高い引張強さを示した溶接条件 (Q=500W) で溶接した試験片の絞り試験結果を Table 4 に示す . 直径 60mm , 65mm のブランクでは全てのポン

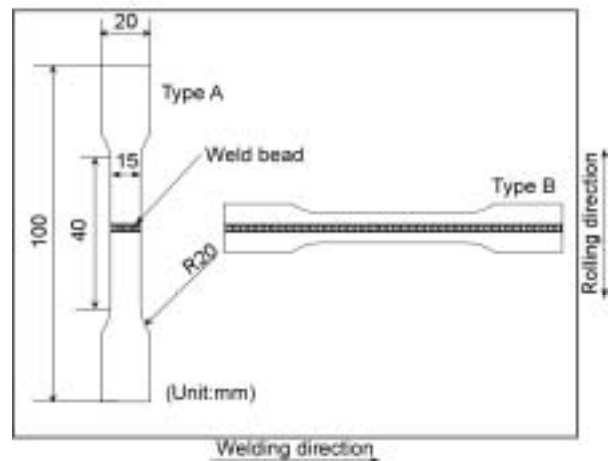


Fig.1 Size and shape of tensile test specimen.

Table 4 Results of drawing test of laser welded joints.

	7.5mm/min	15mm/min	22.5mm/min
φ 55mm	△	×	×
φ 60mm	×	×	×
φ 65mm	×	×	×

: Cracked × : Could not draw

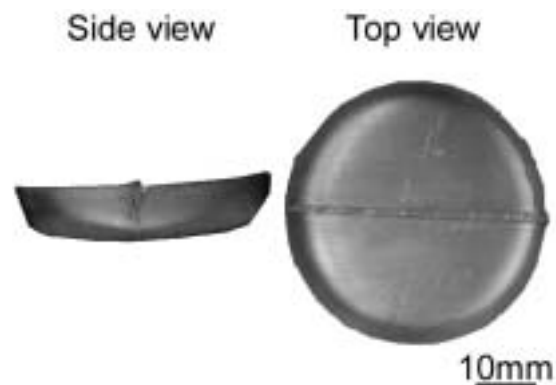


Fig.2 Appearances of drawing test specimen of laser welded joints. (AZ31)

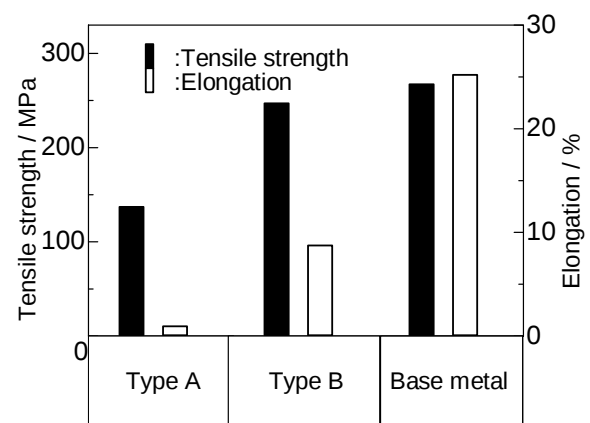


Fig.3 Results of tensile test of laser welded joints. (AZ31)

チ速度で絞り試験開始直後に熔融凝固部から割れが発生した。直径 55mm のblankでもポンチ速度 15mm/min, 22.5mm/minでは同様に試験開始直後に割れが発生した。しかし, Fig.2 に示したポンチ速度 7.5 mm/min の条件では熔融凝固部割れおよび肩部での割れが若干認められるものの十分絞りが可能であった。

Fig.3 に AZ31 マグネシウム合金継手の引張試験結果を示す。Type A では、母材と比較して引張強さ、伸びともに大きく低下したが、Type B では伸びは減少したものの引張強さはほぼ同程度の値となった。

Fig.4 に AZ31 マグネシウム合金の継手横断面板厚中央部のヌープ硬さ測定結果を示す。熱影響部に比べて熔融凝固部は若干硬化した。AZ31 マグネシウム合金溶接継手の絞り加工性が悪いことは、溶接欠陥であるアンダーフィルの発生ばかりでなく、伸びの低下および溶接部の硬化も原因であると考えられる。

3.2 AZ61 マグネシウム合金溶接継手の成形性

得られたビード外観を Fig.5 に示す。レーザ溶接継手表面にはパルスの重なりを示すリップル線が観察された。プラズマ溶接では表ビードに比べて裏ビードの幅に差が認められた。

両溶接法による継手の横断面マクロ組織を Fig.6 に示す。どちらの溶接法による継手でもブローホールが若干観察された。

Fig.7 に引張試験結果を示す。Type A, Type B ともにプラズマ溶接に比べてレーザ溶接の方が引張強さ、伸びにおいて高い値を示した。特にレーザ溶接の Type B では、継手効率 87%と高い値を示した。

Fig.8 に AZ61 マグネシウム合金の継手横断面板厚中央部のヌープ硬さ測定結果を示す。レーザ溶接継手、プラズマ溶接継手ともに熔融凝固部が硬化した。このこ

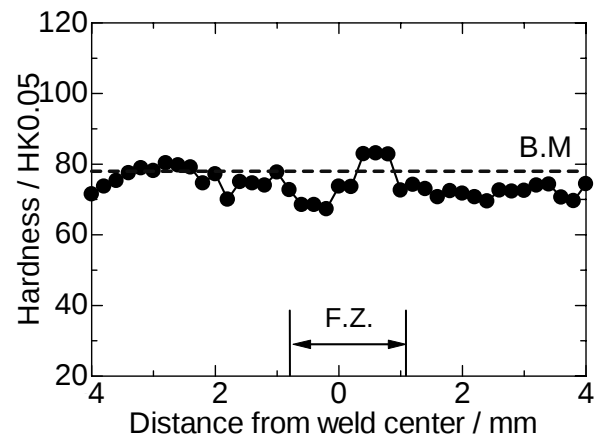


Fig.4 Results of hardness test of laser welded joints. (AZ31)

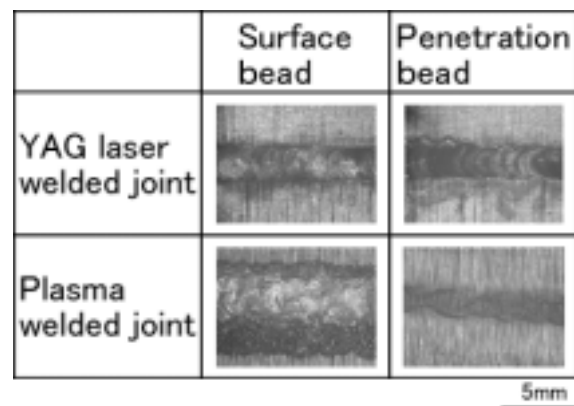


Fig.5 Appearance of bead. (AZ61)



Fig.6 Macrostructures of welded joints. (AZ61)

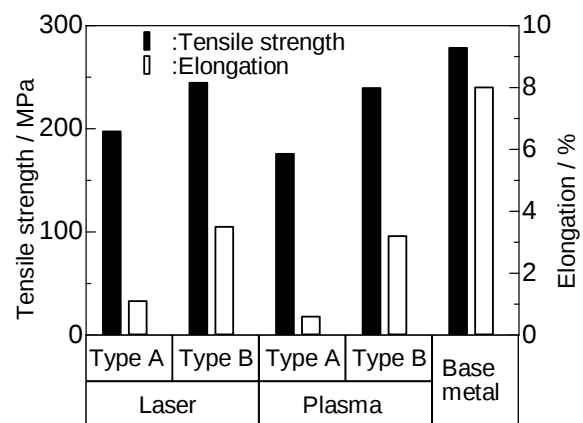


Fig.7 Results of tensile test. (AZ61)

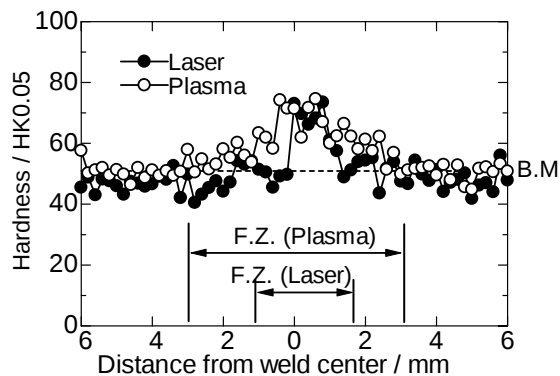


Fig.8 Results of hardness test. (AZ61)

とは、AZ31 マグネシウム合金に比較して溶接による急加熱および急冷却の影響が大きいと考えられる。

パルス YAG レーザ溶接継手を用いた絞り試験後の試験片外観を Fig.9 に示す。室温では、溶接のまま材、焼鈍材ともに割れが発生して絞ることができなかった。温間加工では 373K では溶融凝固部や母材肩部で割れが確認された。423K では横壁での溶融凝固部の割れが目立った。473K 以降では一部に割れが認められたものの良好な成形性を示した。図には示さないが、プラズマ溶接継手の絞り試験もほぼ同様の結果となった。

4. 結言

AZ31 マグネシウム合金溶接継手の室温での成形性は焼鈍することによって、ある程度改善された。AZ31 マグネシウム合金溶接継手に比べて成形性に劣るとされる AZ61 マグネシウム合金溶接継手の室温での成形性は焼鈍を行ってもあまり改善されなかった。しかし、473K 以上での温間加工では成形性は飛躍的に向上した。

参考文献

- 1) 古閑 伸裕, ラッチャニー パイサーン, 石原 直剛, 渡利 久規, 羽賀 俊雄: 双ロールキャストにより作製したマグネシウム合金板の深絞り成形性 軽金属, 57 pp.141-145 (2007) .

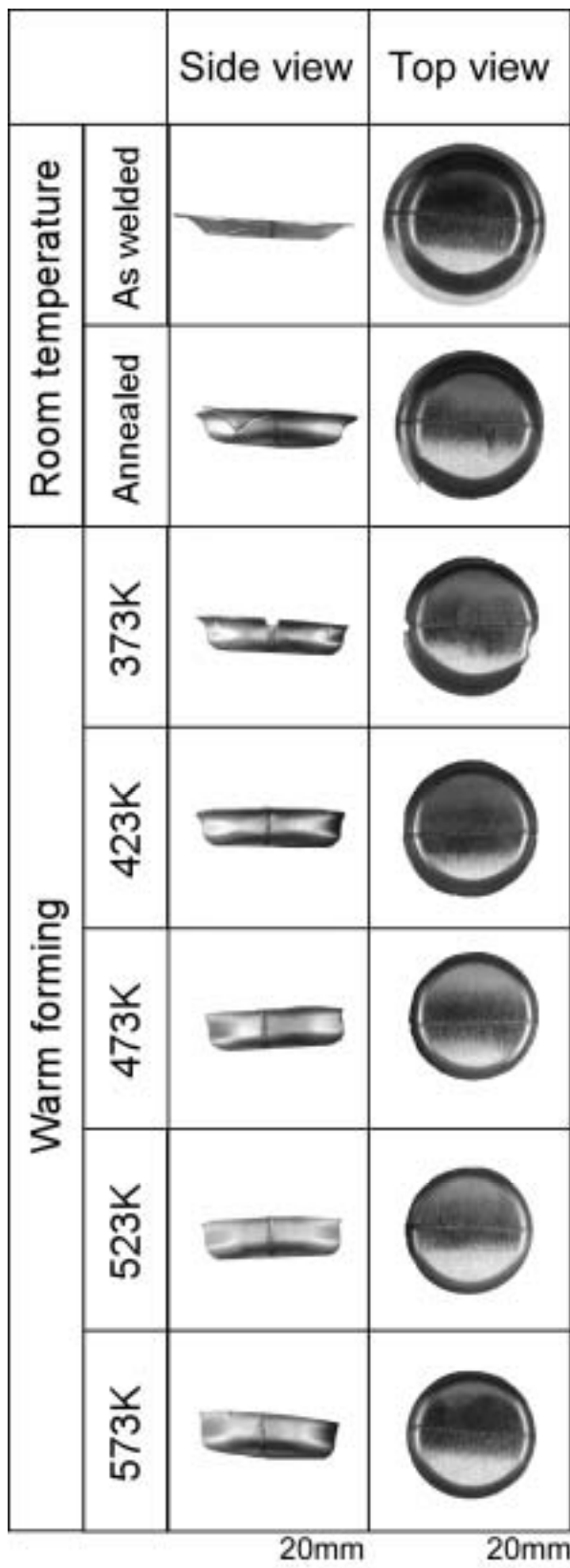


Fig.9 Appearances of drawing test specimen of laser welded joint. (AZ61)