純マグネシウムおよび AZ31 マグネシウム合金レーザ溶接継手の スモールパンチ試験

日大生産工(院) 須田隆 誉日大生産工 朝比奈 敏 勝

1.緒 言

マグネシウム合金は地球環境の保全を考慮した軽量化を計る部品に用いられており、その需要は増加傾向にある 1).特に薄板材は携帯型電子機器の筐体等に適している.このようなマグネシウム合金材の破壊特性を知る必要がある.スモールの破壊特性を知る必要がある.スモールパンチ試験は延性から脆性への遷移温を調べるために開発された試験法であるが、小型試験片を用いるため薄板の破壊特性を得ることに適していると考える.

本研究は昨年度設計試作したスモールパンチ試験機²⁾を用いてパルス YAG レーザ溶接した純マグネシウムおよび AZ31マグネシウム合金の変形および破壊挙動を検討した.

2.供試材および実験方法

供試材は,板厚 1.0mm の市販の純マグネシウムおよび AZ31 マグネシウム合金圧延材(以下それぞれ,Pure Mg および AZ31 と称す)を使用した.供試材の機械的性質をTable 1 に示す.

溶接装置には最大平均出力 550W のパルス YAG レーザ装置を使用した.溶接は溶加材を使用せずにルート間隔無しの I 型突合せ溶接とし, Table 2 に示す条件で溶接を行った.焦点距離 80mm の集光レンズを用いて,焦点を供試材表面とした.アシストガスおよびバックシールドガスともに Ar ガスを用いた.マグネシウムの突

Table 1 Mechanical properties of base metals.

Materials	0.2% proof stress	Elongation	Hardness
	(MPa)	(%)	(HK0.05)
Pure Mg	101.8	10.8	38
AZ31	143.4	24.5	58

Table 2 Laser welding conditions.

Laser output		Q	(W)	300, 500
Pulse width		W	(ms)	2.5, 5.0
Pulse frequency		f	(Hz)	20
Welding speed		٧	(mm/min)	420
Head angle		θ	(deg.)	20
Gas flow	Assist	Ga	(l/min)	30
rate	Backing	G _b	(l/min)	20

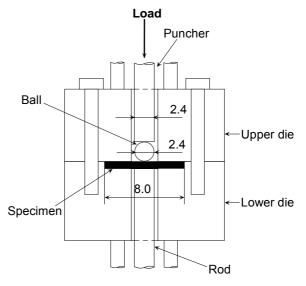


Fig.1 Appearance of SP test machine.

合せ溶接継手に後熱処理を行うと伸びが向上するという報告 3)から溶接継手の後熱処理を 623(K), 2 時間,空冷で行った. 母材および溶接継手は 8.0mm の円盤に打ち抜き,両面をエメリーペーパーで研磨,ブタノンで脱脂洗浄し実験に供した.

試作したスモールパンチ (以下 SP と称 す) 試験の概略図を Fig.1 に示す.試験片 は上部および下部ダイスの間に固定した. 荷重は,アルミナ球(2.4mm)をパンチャ ー(2.4mm)で加圧して試験片上面に一定 荷重を負荷した.試験片の変位は,試験片 下面と接触するロッドの変位をひずみゲ ージ式変換器によって計測した.SP試験条 件を、Table 3に示す、試験温度は常温およ び母材の再結晶温度の10,20,30(%)すなわ ち,268,338,403 および 468(K)に設定し た.SP 試験にて負荷した荷重は Pure Mg の 0.2%耐力をアルミナ球の断面積で乗じた 値を基準とし、それぞれ 0.2% 耐力の 43(200N),65(300N),87(400N)および 108 (500N)(%)とした.

3.実験結果および考察

継手は後熱処理をした試験片を用いた.また,試験温度 268(K)および 338(K)では、Pure Mg,AZ31 ともほぼ同様の結果を示し,403(K)および 468(K)では,全負荷荷重とも短時間で破断した.このため以下は,試験温度 338(K)について述べる.

Pure Mg の変位-時間曲線を Fig.2 に示す. 荷重 200N では,負荷荷重が小さいため,荷 重を負荷した約 60s 後の変位(以下,初期変 位と称す)が 0.03mm であった.さらに,86ks における変位が 0.06mm と変位量は小さか った.荷重 300N,400N では,それぞれの初期 変位が 0.21mm,0.48mm で 86ks における変位 が 0.54mm,1.18mm であり,荷重 200N と比較 して変位量が増加した.初期変位から 86ks における変位までの変位の増加割合は,荷 重 200N,300N,400N では,試験開始から初期

Table 3 SP test conditions.

Items		Conditions	
Material		Pure Mg, Az31	
Load	(N)	200, 300, 400, 500	
Temperature	(K)	268, 338,403, 468	
Time	(ks)	86	
Ball		Al ₂ O ₃	

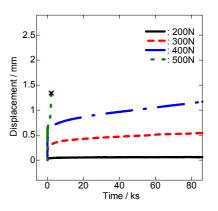


Fig.2 Displacement-Time curves of Pure Mg.(338K)

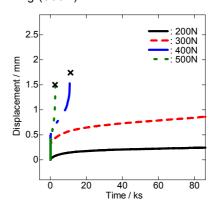


Fig.3 Displacement-Time curves of Pure Mg welded joints.(338K)

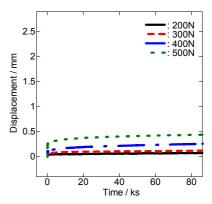


Fig.4 Displacement-Time curves of AZ31. (338K)

変位までの変位の増加割合に比較して減少した.荷重 500N では,初期変位は 0.36mm であり,荷重 400N と同等の値であった.しかし,負荷荷重が大きいため初期変位後の変位量の増加は,急激であり,2124s と短時間で破断した.

Pure Mg の溶接継手の変位-時間曲線をFig.3 に示す.荷重 200N,300N では、母材の変位-時間曲線に比較して,初期変位および86ks における変位量ともやや増加した.しかし,初期変位から86ks までの変位量は、試験開始から初期変位までの変位の増加の割合と比較して減少した.荷重 400N では初期変位が0.41mm であり,約1ks までの変位量は緩やかに増加したが、破断に至る10875s までは急激となった.荷重 500N では、初期変位後の変位量の増加は急激であり,2708s 後に破断した.

AZ31の変位-時間曲線をFig.4に示す. 荷重 200N では Pure Mg と AZ31 の変位には差異が認められなかった. しかし, それ以外の試験片は Pure Mg に比較して, 変位が少なかった. また, 荷重 500N でも破断しなかった.

AZ31の溶接継手の変位-時間曲線を Fig.5 に示す.各荷重の変位は Pure Mg の溶接継手に比較して少なかった.しかし,母材に比較して変位が増大した.

SP 試験での変位-時間曲線は、初期変位から 86ks における変位までの変位の増加割合が,負荷開始から初期変位までの変位の増加割合に比べて減少したことは,試験片の変形によるひずみ硬化と,アルミナ球と試験片の接触面積の増加に伴う応力低下が原因と考えられる.

Pure Mg および AZ31 の溶接継手の試験後の外観写真を Fig.6 に示す. AZ31 マグネシム合金の荷重 200N,300N では,著しく変位量が少なかった.しかし,それ以外での各荷重の試験片は,アルミナ球圧子先端付近が溶接継手に接触している.また,荷重が増加

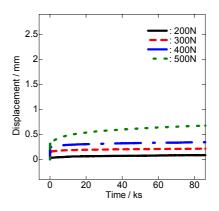


Fig.5 Displacement-Time curves of AZ31 welded joints.(338K)

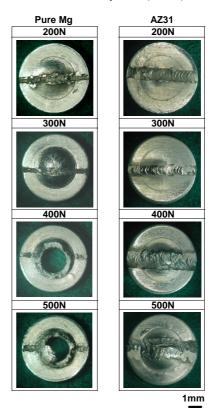
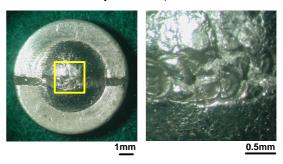


Fig.6 Apperarances of specimens after SP test. (Pure Mg welded joint and AZ31 welded joint,338K)



(a) (b) Fig.7 Surface appearance after SP test. (Pure Mg welded joint ,338K,300N)

するに伴い試験片表面が明瞭に変形することが観察された.

Pure Mg の荷重 300N の試験後の表面を Fig.7 示す.試験片全体(a)からその表面の 一部を拡大した図が(b)である.試験片表面 では亀裂発生が認められず,アルミナ球圧 子先端付近では,塑性変形により生じた変形模様が観察された.この変形模様を詳しく観察すると,表面に凹凸が認められた.これは、結晶粒径に対応していると思われる.

AZ31 の溶接継手の試験後の荷重 300N を 負荷した試験後の様相を Fig.8 に示す.アル ミナ球圧子先端に伴う変形は.変位が少な かったため,明瞭には観察されず,塑性変形 により生じた変形模様は認められなかっ た.

Pure Mg の溶接継手の試験後の各荷重の 横断面を Fig.9 に示す.荷重 200N,300N では、 アルミナ球圧子先端から変形が集中してい る.荷重 400N,500N ではアルミナ球圧子先 端から荷重が集中している部位が変形し、 破断に至った.

AZ31 の溶接継手の試験後の各荷重の横断面を Fig.10 に示す.荷重 200N では,変位量が少ないため,変形が観察されなかった.しかし,荷重 300N では,アルミナ球圧子先端からの変形が認められた.荷重400N,500N では破断に至らなかったが,試験片内部に亀裂が発生した.

このことより,アルミナ球圧子先端から若干溶接熱影響部側に寄った位置から亀裂が発生・成長し破断に至ったとものと考える.

参考文献

- 1) 朝比奈敏勝, 時末光, 軽金属, 45(1995), 70
- 2)須田隆誉,朝比奈敏勝,第 39 回日本大学生産 工学部学術講演会概要集(2006),pp123-124
- 3)田口成一,朝比奈敏勝,時末光,軽金属学会大会講演概,(2004),Vol.107,pp361-362

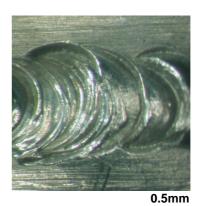


Fig.8 Surface appearance after SP test.

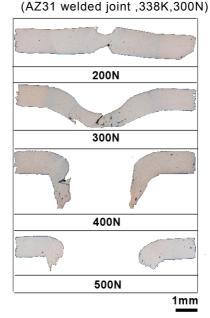


Fig.9 Macrophotographs of specimen after SP test.(Pure Mg welded joint)

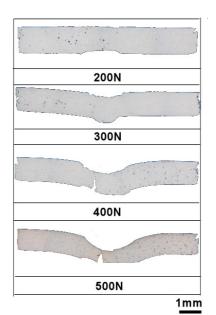


Fig.10 Macrophotographs of specimen after SP test.(AZ31 welded joint)