

マグネシウム合金のパルス発振レーザ溶接に及ぼす 連続発振レーザ重畳の効果

大川正巳^{*1}, 坂村勝, 中田一博^{*2}

Effect of continuous wave laser superimposed to pulse wave laser welding of magnesium alloy

OHKAWA Masami, SAKAMURA Masaru and NAKATA Kazuhiro

When the magnesium alloy is welded by the pulse wave laser, this material cracks easily. In this study, the continuous wave laser was superimposed to the pulse wave laser, and the effect on the crack and the penetration depth was investigated. As a result, the crack decreased greatly, and the penetration depth increased.

マグネシウム合金をパルス発振レーザで溶接すると割れが発生しやすいという問題がある。本研究では、対策としてパルス発振レーザに連続発振レーザを重畳させ、割れと溶込み深さに対する効果を検討した。その結果、割れは大幅に低減し、溶込み深さは増大した。

キーワード：マグネシウム, レーザ, 溶接

キーワード：レーザ, 溶接, マグネシウム

1. 緒 言

マグネシウム(以下Mg)合金は実用合金中で最も軽量であり、比強度、振動減衰性、耐くぼみ性などに優れていることから輸送機器や電気・電子製品などを中心に適用が広がっている。特に電子機器では小型軽量化が進んでおり、精密溶接に対する期待が高まっている。

レーザ溶接は精密溶接を最も得意とするが、Mg合金のレーザ溶接についての報告は少ない。そのほとんどが連続発振(以下CW)レーザによるものであり¹⁻³⁾パルス発振(以下PW)レーザによるものはさらに数少ない⁴⁻⁶⁾。

PWレーザはCWレーザと比較して、同じエネルギー投入量で深い溶け込みが得られる反面、割れが発生しやすいという問題がある。Mg合金の中で最も代表的なAZ31でもPWレーザ溶接をすると割れが発生しやすいという問題があり、低減策として予熱処理の効果が報告されている⁵⁾。アルミニウム合金では割れの低減法としてCWレーザを重畳させる方法が報告されている⁷⁾。CWレーザを重畳させることは割れを低減するだけでなく、溶込み深さの増大と工数低減も期待できる。

本研究では、まず始めにパルス発振 YAG レーザを用いて Mg 合金 AZ31 の溶接特性を調査した。次に連続発振の半導体レーザ(以下LD)を重畳させ、割れと溶込み深さに対する効果について検討した。

2. 実験方法

板厚 0.8mm の Mg 合金 AZ31 を供試材としアセトンで脱脂後、ビードオンプレート試験を実施した。LD 励起 PW 型 YAG レーザに CW の LD を同軸で重畳できる大阪大学接合科学研究所所有のハイブリッド型 LDYAG レーザ(株式会社製作所製, KLY-HP300α)を使用した。

表 1 に PW 型 YAG レーザの溶接特性を把握するために試験した溶接条件を示す。最大出力とパルス幅を固定し、パルス周波数と送り速度を変化させた。表 2 に LD 重畳の効果を調べるために採用した溶接条件を示す。YAG レーザの条件を固定し、LD 出力を変化させた。

ビード表面の外観検査はルーペで行った。割れについては長さで評価し、ビード長さ 60mm の範囲にある全て

表 1 YAG レーザ溶接条件

最大出力(W)	500
パルス幅(μs)	350
スポット径(μm)	300
パルス周波数(Hz)	100~400
送り速度(mm/min)	100~4000
Ar シールドガス(l/min)	30

表 2 LD 重畳溶接条件

LD 出力(W)	0~25
YAG パルス周波数(Hz)	300
送り速度(mm/min)	750

2004.5.31 受理 材料技術部

*1 応用加工技術部

*2 大阪大学 接合科学研究所

の割れの長さの合計とした。

内部欠陥については一部の試料について調査した。オーバーラップ率 (OL 率) 約 80 と 60% のものについて横断面を 5 断面切り出し、マクロ組織観察をして内部欠陥の有無を確認した。

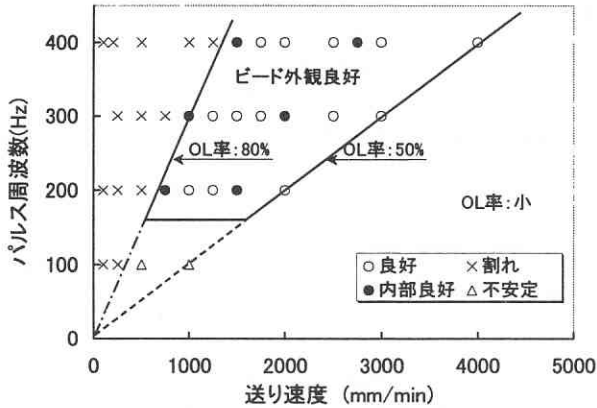


図1 ビードオンプレート外観検査

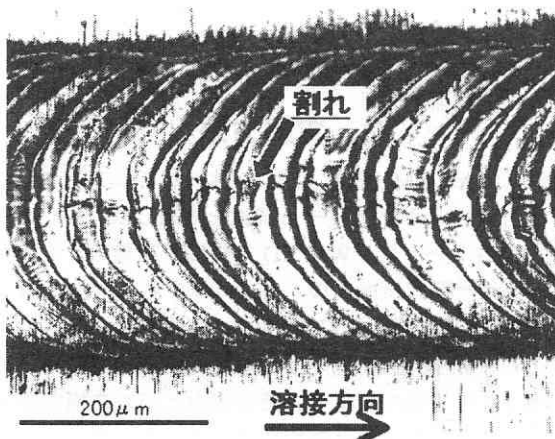


図2 ビード中央部の割れ
(周波数:300Hz 送り速度:750mm/min)

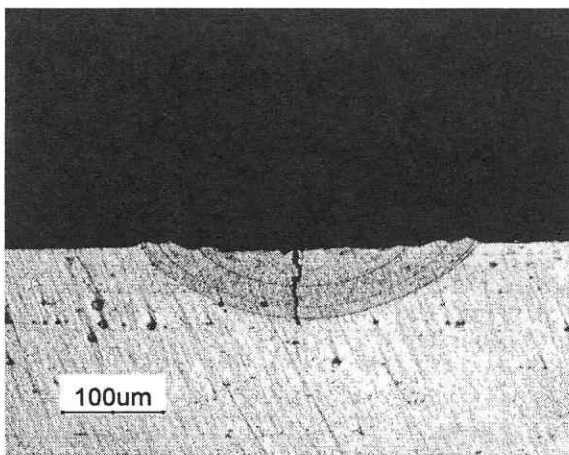


図3 割れが発生した横断面
(周波数:300Hz 送り速度:750mm/min)

OL 率とはビームスポットの重なり程度のことであり次式で定義した。

$$OL = (1 - V / (d \times R \times 60)) \times 100 \quad (\%)$$

V: 溶接速度(mm/min)

d: ビームスポット径(mm)

R: パルス周波数(Hz)

3. 結果及び考察

3.1 パルス発振 YAG レーザによる溶接特性

図1に溶接条件(パルス周波数と送り速度)とビード外観の相関を示す。実線の範囲の条件ではビード外観は良好であった。

溶込み深さは送り速度が小さくなるにつれ深くなるが、ある限界値を過ぎると図2に示すようにビード中央部に割れが発生し、その長さも長くなった。

OL 率で整理すると原点を通る直線上の条件は同じ OL 率となる。割れが発生しない OL 率は約 80% 以下となった。また、同じ OL 率では周波数が高いほど溶込みが深

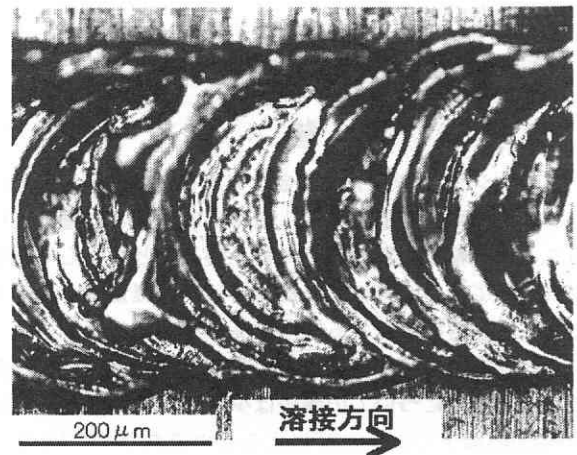


図4 凹凸の激しいビード
出力 750W
(周波数:200Hz 送り速度:1000mm/min)

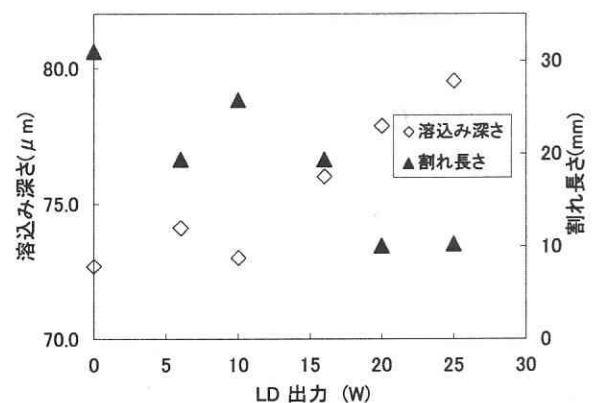


図5 溶込み深さと割れに対する LD 重量の効果
(周波数:300Hz 送り速度:750mm/min)

くなった。100Hz の割れが発生しない条件では、安定した溶融ができておらずビード形成が不安定であった。右下の領域は OL 率が 50%以下と小さいため実験を実施しなかった。

図1の●印は外観良好かつ内部欠陥を調査した試料であり、割れ、ポロシティなどの欠陥は認められなかった。

図3に割れが発生した試料の横断面の例を示す。割れは母材部まで達している。割れが発生する原因は2つ考えられる。1つは冷却速度が速いため非平衡凝固となり、合金元素の固溶限の低下と共晶温度の低下をもたらし、最終凝固部に脆いβ相(Mg₁₇Al₁₂)が共晶として晶出するため⁸⁾。もう1つは急熱急冷によりもたらされる熱応力によるため。割れが発生した試料の破面を EDX 分析したところ合金元素の偏析は見られなかったことから、割れの原因は伊藤らの報告⁹⁾と同様に単に熱応力によるものと考えられる。

深い溶込みを得るためにパルス出力を上げての実験も試みたが、Mg の沸点が低いためスパッタ、ポロシティが容易に発生し、またビード表面の凹凸が激しくなり綺麗なリップパターンが形成できなかった(図4)。

3.2 連続発振 LD 重畳効果

図5に溶込み深さと割れに対する CW の LD 重畳の効果を示す。溶込み深さは出力の増加にともない大きくなり、25W では溶込み深さが約 110%に増加した。割れ長さは出力の増加にともない短くなり、25W では約 1/3 にまで低減できた。割れ低減の要因は、CW レーザを重畳させることにより急熱急冷が緩和され、熱応力が低減できたものと考えられる。

LD 出力の制約上 25W までしか重畳しなかったが、LD 出力をさらに増大させれば、溶込み深さを増大させつつ割れ発生を完全に抑えることが可能であると考えられ、パルス YAG レーザの最適条件範囲を広げることが可能になるものと考えられる。

4. 結 言

マグネシウム合金 AZ31 を対象にして、パルス発振 YAG レーザに連続発振 LD を重畳させ、ビードオンプレート試験を行った。

パルス YAG レーザのみでは出力、OL 率を最適化することで欠陥のない溶接が可能であることがわかった。

LD を重畳させることにより、溶込み深さを増大させつつ割れを大幅に低減できることがわかった。

謝 辞

本研究は大阪大学接合科学研究所での共同研究員制度を利用して行ったものである。研究を進めるにあたり、貴重な助言や協力をいただいた大阪大学接合科学研究所エネルギープロセス学研究室各位に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1)中田一博：第 34 回レーザー熱加工研究会論文集, p.141, 1995
- 2)平賀仁：レーザー加工学会誌, 9(3), 241(2002)
- 3)片山聖二, 森田美知太郎, 松縄朗, 日野実：溶接学会全国大会講演概要, 68, 276(2001)
- 4)橋本政靖, 藤井正沸, 石井雅久：福島県ハイテクプラザ試験研究報告, p.110, 2002
- 5)伊藤久敬, 朝比奈敏勝, 時末光：軽金属学会第 104 回春期大会講演概要集, p.359, 2003
- 6)田口成一, 朝比奈敏勝, 時末光：軽金属学会第 105 回春期大会講演概要集, p.85, 2003
- 7)最新レーザー加工技術総覧編集委員会編：最新レーザー加工技術総覧, (株)産業技術サービスセンター, p67, 1994
- 8)中田一博：軽金属溶接, 39(12), 582(2001)