

(財) 産業創造研究所 ○佐藤俊一

高橋邦充

ブレント・メーメトリ

Weldability of aluminum alloys with a pulsed CO₂ laser beam

by Shunichi Sato, Kunimitsu Takahashi, and Bülent Mehmetli

1. はじめに 近年、アルミニウム合金のレーザー溶接に関する研究が大変活発化しているが、特に深溶け込み溶接の場合、最適な溶接条件が十分に解明されているとは言い難い。深溶け込み溶接用として用いられているレーザー発振器は主としてCO₂レーザーであるが、その多くはCW（連続発振）の出力ビームによるものであり、パルスビームの適用例は非常に少ない。今回筆者らは、各種パルス条件下で市販アルミニウム合金の溶融性、欠陥の発生状況等につき調べたので報告する。

2. 実験方法 実験には5 kW級高速軸流型CO₂レーザー（川崎重工業AF5L-Mk2）をパルス動作させて用いた。パルス波形はFig. 1に示したように、パルス幅1 msの場合を除きほぼ矩形形状である。ビームモードをTEM₀₁*モードに設定し、出力ビームはf = 250 mmの放物面ミラーにより集光し、焦点外し距離-6 mm（A6N01材のみ-2 mm）の条件下で下記試料に照射した。平均出力2 kWまたはピーク出力4 kW一定の条件下で、パルス幅、デューティ比を種々変化させ、ビードオンプレート溶接試験を行った。試験片はA5083, A5182, A6N01, A7N01の4種のアルミニウム合金板（100 mm×100 mm×t 6 mm, A5182のみt 7 mm）で、試料表面はワイヤブラッシング後アセトン脱脂した。溶接ノズルとして口径6 mmのスカート付き同軸ノズルを用い、流量40 l/minのArガスをシールドガスとして供給した。得られた溶融ビードにつき断面マクロ観察、X線透過試験、硬度測定等を行い、溶融特性、溶接品質の評価を行った。

3. 実験結果 Fig. 2に平均出力一定（2 kW）条件における溶融特性を、またFig. 3にピーク出力一定（4 kW）条件における溶融特性を示す。これらより溶け込み深さは、平均出力よりもピーク出力に大きく依存すること、またパルス条件により溶融形状（アスペクト比）がある程度制御可能であることがわかる。溶接品質に関しては、パルス幅が短くなるに従いビード表面が荒れる傾向があること、またCW条件に近づくに従いポロシティーが増加する傾向があることが分かった。割れの評価結果をTable 1に示す（カッコ内の数値はラップ率）。これよりA6N01材を除き、ラップ率が50%以上の条件においては割れはほとんど発生していないことがわかる。

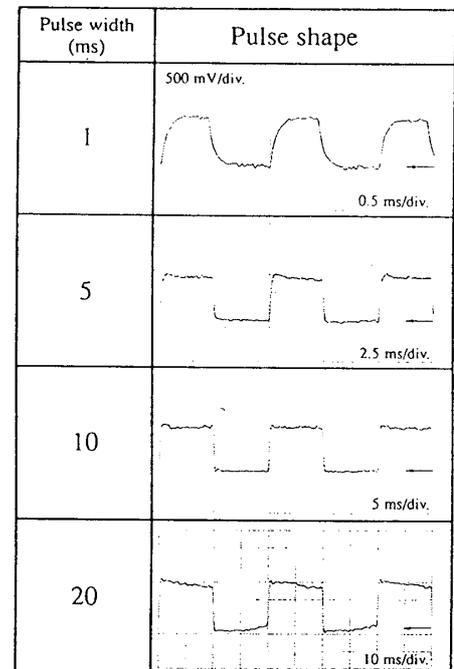


Fig. 1 Pulse shape for various operating pulse width. The laser peak power is 4 kW and the pulse duty is 50%.

4. まとめ パルスCO₂レーザによるアルミニウム合金の溶融性について調べた。その結果、溶け込み深さは平均出力よりもピーク出力に大きく依存すること、またパルス条件により溶接品質の向上を図ることが明らかになった。

本研究は（社）軽金属溶接構造協会が主催するレーザー溶接法研究プロジェクトの一環として行われた。

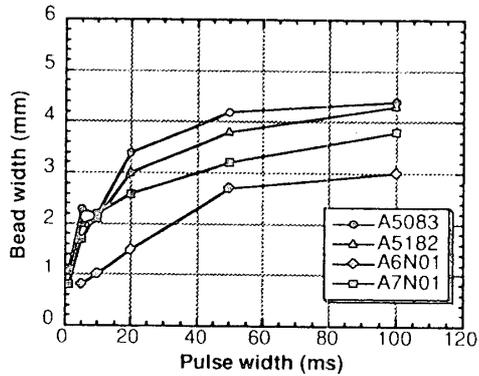
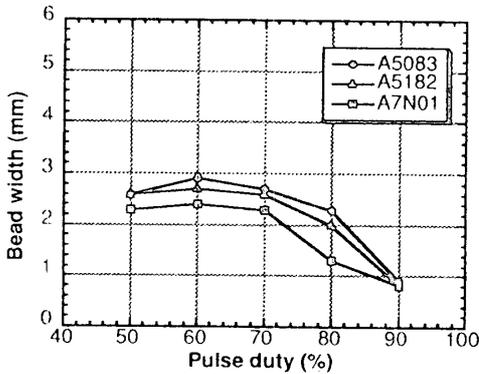
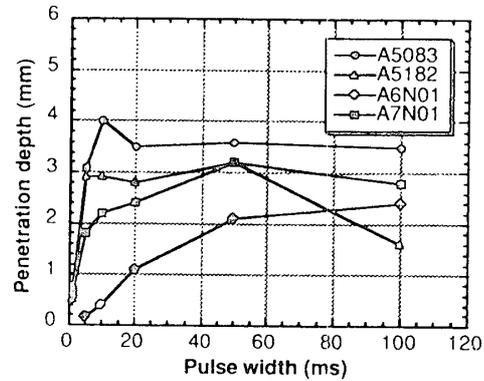
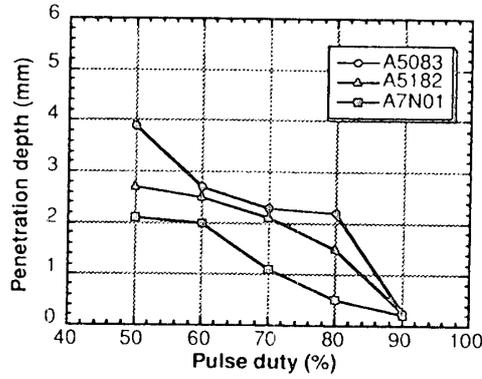


Fig. 2 Dependence of penetration depth and bead width on pulse duty at the constant average power of 2 kW. The pulse width is 10 ms and the welding speed is 1.5 m/min.

Fig. 3 Dependence of penetration depth and bead width on pulse width at the constant peak power of 4 kW. The pulse duty is 50% and the welding speed is 1.5 m/min.

Table 1 Evaluation of cracking under the various pulsing conditions. The laser peak power is 4 kW. The welding speeds are 1.5 m/min for 50 ms and 3 m/min for 20 ms. The values in parentheses indicate spot overlap ratio.

material	Pulse width (ms)	Pulse duty (%)					
		50	60	70	80	90	CW
A5182	20	凝固割れ (21%)	○ (37%)	○ (52%)	○ (59%)	○ (66%)	○
	50	凝固割れ (35%)	凝固割れ (49%)	凝固割れ (57%)	○ (65%)	○ (69%)	○
A6N01	20	凝固割れ 液化割れ (22%)	凝固割れ 液化割れ (35%)	凝固割れ 液化割れ (48%)	液化割れ (59%)	液化割れ (66%)	液化割れ
	50	凝固割れ 液化割れ (23%)	凝固割れ 液化割れ (43%)	液化割れ (53%)	液化割れ (57%)	液化割れ (67%)	液化割れ
A7N01	20	凝固割れ 液化割れ (17%)	凝固割れ 液化割れ (34%)	凝固割れ (49%)	○ (55%)	○ (64%)	○
	50	凝固割れ 液化割れ (29%)	凝固割れ 液化割れ (41%)	○ (52%)	○ (60%)	○ (66%)	○

○ : No cracking