

(レーザ溶接によるテーラードブランク材のプレス製品への適用に関する研究)

13 ツインスポット光学系を用いた異厚ブランク材の突合せ自由曲線溶接

門 格史, 田邊栄司, 森下勇樹

(Study for application to press products of Laser Welding in Tailored Blanks)

Free-form curve welding of different thickness Tailored Blanks using CW-YAG laser with twin spot optics

KADO Tadashi, TANABE Eishi and MORISHITA Yuki

In free-form curve welding for butt (between 0.6 mm and 1.2 mm thickness zinc-coated steel sheets) using CW-YAG laser with twin spot optics, the influences of welding parameters on the bead appearance, the penetration shape and mechanical properties were investigated. The forms of free-form curve welding line are only straight and straight-curved. The following results have been obtained.

- (1) Both the free-form curve welding lines can be welded using CW-YAG laser with twin spot optics to a butt-gap distance of max 0.2mm under the welding conditions, which are 3500W laser power and welding speed 4m/min.
- (2) The weld length of 750mm can be welded using CW-YAG laser with twin spot optics under the welding conditions, which are 3500W laser power and welding speed 4m/min.

キーワード：テーラードブランク，レーザ溶接，ツインスポット光学系，亜鉛めっき鋼板，自由曲線溶接

1 緒 言

近年，自動車に対する衝突安全性の向上と軽量化は重要課題であり，国際的なプロジェクトにおいてもこの課題を達成するために種々の提案が行われている¹⁾。

その代表的な技術の一つがテーラードブランク（以下 TB）で，プレス部品の一体化によるコスト低減と品質の向上，板厚と強度の最適配置による軽量化という観点から自動車ボディーにおいて関心が高く，注目されている²⁾³⁾。しかし，TB 材の接合に用いられているレーザ溶接は，継手を高精度に加工しなければ，溶接不良がおこる原因となり，問題となっている。この問題を解消するため，一昨年度は，シングルスロット光学系における溶接条件，GAP 裕度について⁴⁾，昨年度は，ツインスポット光学系を用いて，直線溶接による TB について，シングルスロット光学系よりも GAP（間隙）裕度が拡大することなどの結果を得た⁵⁾。今年度は，板厚と強度の最適配置による自動車の軽量化実現のため，また，レーザ溶接の更なる用途拡大を目的として昨年同様，ツインスポット光学系を用い，直線溶接よりも突合せ精度が低下することが予想される自由曲線形状におけるレーザ溶接の確立を図った。

2 実験方法

今回実験に使用するツインスポット光学系の機構⁶⁾⁷⁾を図1に示す。ツインスポット光学系の機構は，ツインスポット光学系に付属しているダイヤルを回すことにより，コリメントレンズと集光レンズとの間にあるプリズムが移動する。そのことにより，レーザ光が屈折してエネルギー比率が変わるというものである。ダイヤルでプリズムを0～20mmまで移動させると，エネルギー比率0.5:0.5～1:0まで変化する

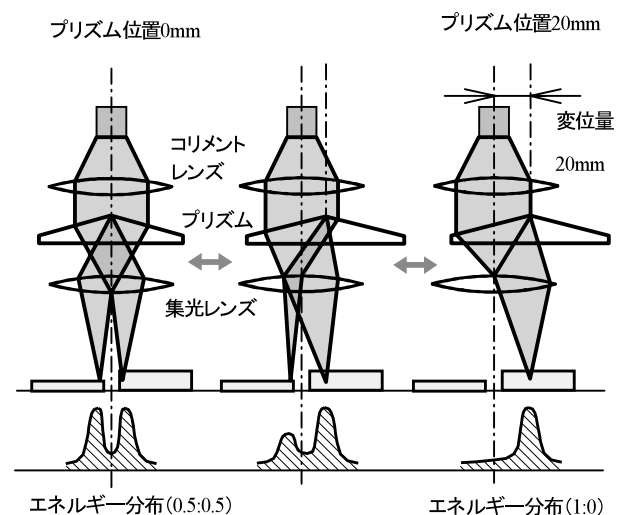


図1 ツインスポット光学系の機構

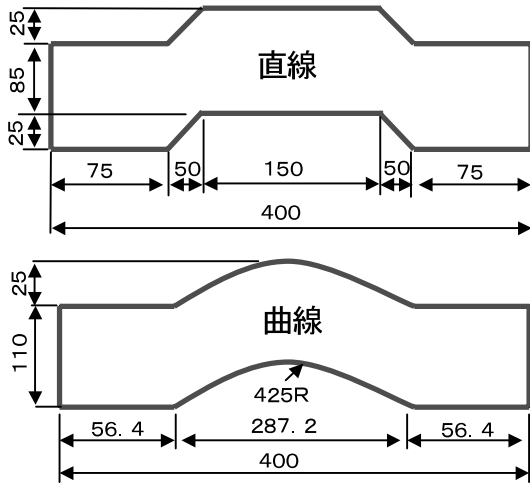


図2 試験片の形状

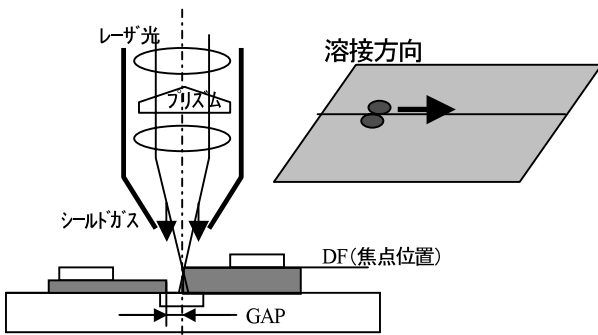


図3 実験装置およびレーザー光の位置関係と溶接方向

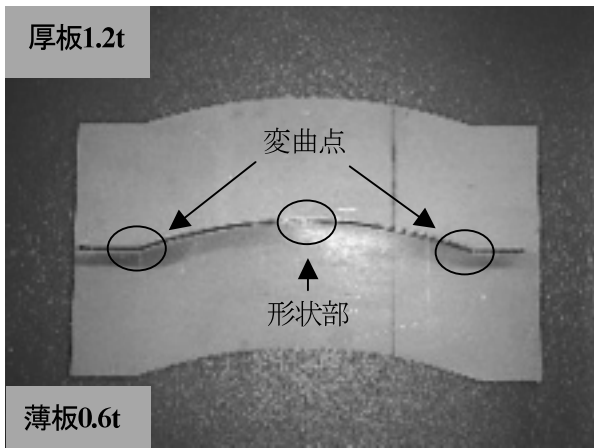


図4 自由曲線形状のTB材及び引張、エリクセン試験の試料採取箇所

る。本実験では、大出力 YAG レーザ発振器 MW4000 (住友重機械工業(株)製) より出たレーザー光が光ファイバ (SI 形, コア径 0.6mm, 長さ 15m) 及び垂直多関節型ロボット (6 軸) のアーム先端部に装着されたツインスポット光学系 (住友重機械工業(株)製), 集光レンズを介して試料固定台に取り付けられた垂鉛めっき鋼板 (t1.2 及び t0.6) に照射される。今回の研究のポ

イントである自由曲線形状は、図2に示すように直線の組合せ (以下直線), 直線と曲線の組合せ (以下曲線) と2種類の形状, サイズはどちらの形状においても 135 (縦) × 400 (横) mm とした。自由曲線形状の作製については, 突合せ精度を考慮して, 炭酸ガスレーザーにより垂鉛めっき鋼板を切断し, また, その際, 酸化防止のため窒素ガスをアシストガスとして使用した。レーザー溶接に使用した実験装置及びレーザー光の位置関係と溶接方向について図3に示す。レーザー光は, GAP 裕度拡大に有効であると考えられる溶接線に対してツインスポットが垂直に広がる方向とした。自由曲線形状の溝加工がされた試料固定台に取り付けられた位置決めピンと隙間ゲージで加工位置と突合間隙を設定後, ねじ止めにて固定した。シールドガスは, レーザ光と同軸に取り付けたノズル (φ20mm) より試料表面にアルゴンガスを供給した。まず, 目視による溶接外観検査で, プリズム位置, 溶接速度等の最適条件を求めた。その後, 溶込形状は, 溶融部を切断・研磨後, 5% ナイタル酸で腐食し, 顕微鏡で観察した。溶接部の機械的強度は, レーザ溶接した試料から JIS 定形 5 号試験片を図4に示す箇所で打抜いて作製し, 精密万能試験機 (オートグラフ AG-I 250kN (株) 島津製作所製) で溶接方向と直角に引張試験を行った。また, エリクセン試験についても, 引張試験と同様の箇所において 3 試料を作成し, 薄板試験器 (USM-200 D JT トーシ (株) 製) で実施した。溶接部の硬さ分布はマイクロピッカース硬さ試験機 (MVK-H 3 (株) アカシ製) で測定した。溶接部の内部欠陥は X 線 CT 試験装置 (MMT-225 (株) 島津製作所製) を用いて実施した。

3 実験結果および考察

3.1 レーザ溶接条件

昨年度得られた結果⁵⁾を基にした実験条件を表1に示す。まず, 目視による溶接外観検査により最大 GAP が溶接可能な適正条件を求めた。実験結果を図5に示す。プリズム位置 0mm (エネルギー - 比率

表1 実験条件

レーザー出力 (W)	3500 (発振器)
溶接速度 (m/min)	4, 5, 6
焦点位置 (mm)	0 (厚板側)
プリズム位置	0, 5, 20mm
シールドガス	アルゴン
材 料	1.2mm, 0.6mm 垂鉛めっき鋼板
被溶接部形状	直線, 曲線

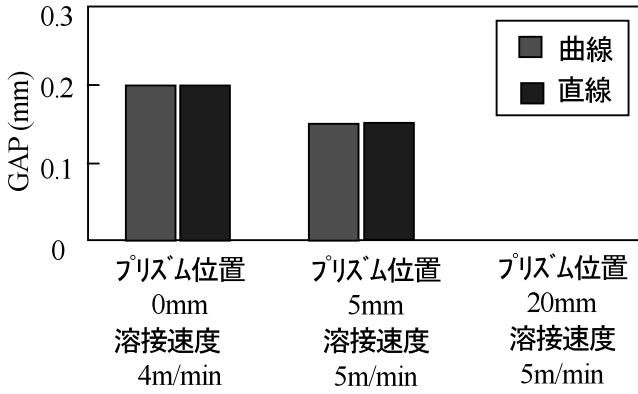
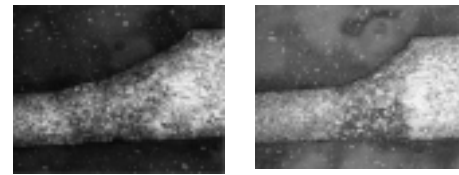


図5 自由曲線形状と GAP 裕度との関係

0.5 : 0.5)において、溶接速度 4 m/min, 最大 GAP 0.2mm の溶接が可能であった。同様に、プリズム位置 5 mm において、溶接速度 5 m/min, 最大 GAP 0.15mm の溶接が可能であった。同様にプリズム位置 20mm (エネルギー比率 1 : 0) においては、溶接速度 5 m/min で GAP 0 mm が溶接可能であった。昨年度よりも GAP 裕度が低下したが、これらの理由として、突合せ精度が形状部 0.1mm 以下、変曲点において 0.1mm 程度であることが原因と考えられる。また、シングルスポットに相当するプリズム位置 20mm においては、昨年度の結果⁵⁾やプリズム位置 0 mm, 5 mm と比べて GAP 裕度、溶接速度においても、低下している。これは先程述べた、突合せ精度によるものと考えられるが、自由曲線溶接において、ツインスポットを用いることで GAP 裕度拡大に対して有効であることがわかった。また、被溶接部形状 (直線, 曲線) による GAP 裕度の違いは特になかった。

3.2 溶接部の評価

3.1で得られた最適条件で作製した TB 材の溶接部の評価をおこなった。まず、溶接部の溶込形状を図6に示す。プリズム位置 0 mm, 20mm におけるものがあるが、昨年と同様にツインスポットを用いることにより、試料の表ビード幅が広がっていることがわかる。このことがシングルスポットよりも GAP 裕度が拡大した要因である。特に自由曲線溶接においては、突合せ精度低下があるが、その影響を受けにくい要因であると考えられる。引張試験の結果を図7に示す。図に示す TB 材については、最大 GAP が得られた最適条件 (レーザー出力 3500W, プリズム位置 0 mm, 溶接速度 4 m/min) で作製したものである。まず、試験片はすべて母材 (薄板 0.6t) で破断して、十分な継手強度が得られた。引張強度に関しては昨年度研究による直線溶接⁵⁾や素板 (0.6t) と比べても同等の引張強度が得られた。エリクセン試験についてもすべて母材



プリズム位置 0mm 溶接速度 4m/min
プリズム位置 20mm 溶接速度 5m/min

図6 溶込形状

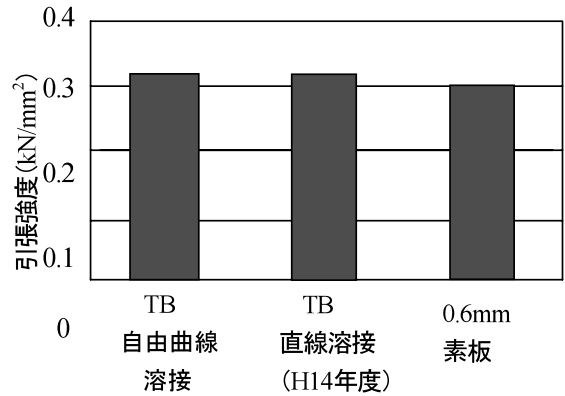


図7 自由曲線形状 TB 材の引張強度と比較

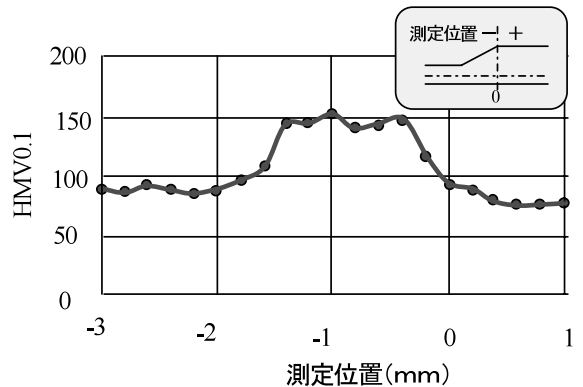


図8 溶融部の硬さ分布 (プリズム位置 0 mm, 溶接速度 4 m/min, 曲線形状)

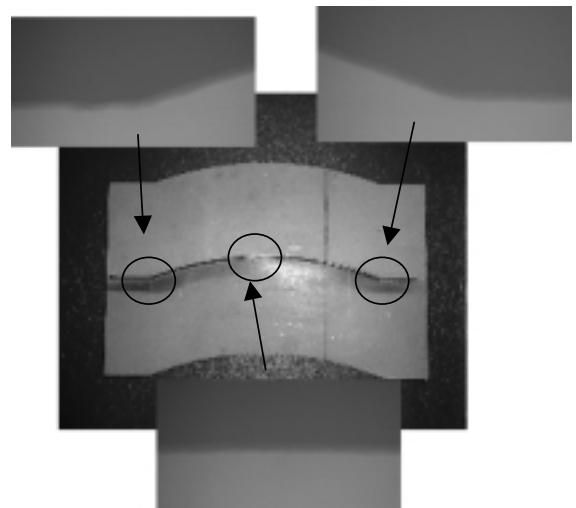


図9 自由曲線形状の X 線透過試験

(薄板0.6t)で破断して、十分な継手強度が得られた。硬さ試験は図8に示す。溶接条件は曲線形状、プリズム位置0mm、溶接速度4m/minにおいてであるが、溶融部の硬度は母材の2倍くらいとなっている。X線透過試験については結果を代表して曲線について図9に示すが、直線、曲線形状のどちらにおいてもピット、ブローホールなどの内部欠陥はなかった。昨年と同様の結果が得られ、TBのような突合せによるレーザー溶接ではピット、ブローホール等が比較的にくいものと考えられる。

3.3 実製品サイズ TB におけるレーザー溶接

今までの結果を基に、実製品サイズ TB のレーザー溶接を行った。実験条件に関しては、ツインスポット光学系を用い、最大 GAP 裕度を得られる条件を最適条件とした。実験条件を表2に示す。次に、実験装置を図10に示す。取り付け治具に関しては、専用治具を用いて試験片を固定し、レーザー溶接した際に、板間が広がることを防止するため、上部、端部から加圧した。被溶接部形状は、曲線として、溶接長は約750mmとした。レーザー溶接で作製した実製品サイズ TB 材を、図11に示す。ビード外観において、溶け落ちはなく、裏ビードも問題なく出ており、良好な TB 材が得られた。

表2 実製品サイズ TB の実験条件

レーザー出力(W)	3500 (発振器)
溶接速度(m/min)	4
焦点位置(mm)	0 (厚板側)
プリズム位置(mm)	0
シールドガス	アルゴン
材 料	1.2mm, 0.6mm 亜鉛めっき鋼板
被溶接部形状	曲線

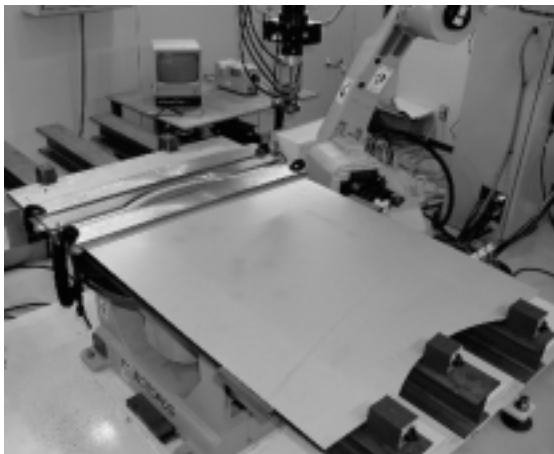


図10 実製品サイズ TB 用実験装置

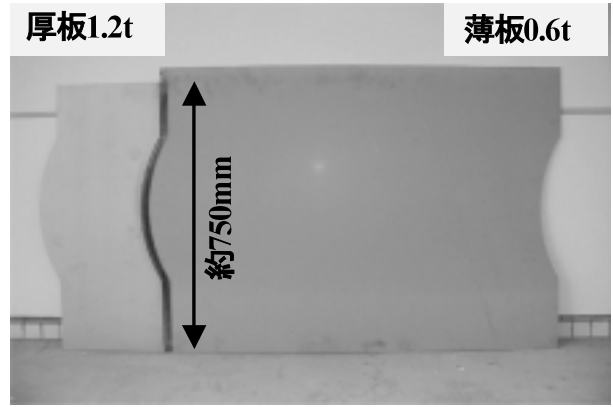


図11 実製品サイズの TB 材

4 結 言

ツインスポット光学系を用いて自由曲線形状のレーザー溶接を行い、以下の結果を得た。

- (1) 1.2mm と0.6mm の突合せ溶接において、レーザー出力3500W、プリズム位置0mm、溶接速度4m/min、被溶接部形状 直線、曲線のどちらにおいても、最大 GAP0.2mm が可能であった。ツインスポットを用いることによって、GAP 裕度拡大に有効であることがわかった。
- (2) 実製品サイズ TB 材 (溶接長約750mm) にツインスポット光学系を用いたレーザー溶接を行い、溶接性において良好な結果が得られた。

文 献

- 1) 栗山幸久：塑性と加工，**39** (1998) 453, 1009
- 2) 高砂俊之：レーザー熱加工研究会誌，**6** (1999) 2, 155
- 3) 高砂俊之：第182回塑性加工シンポジウム，(1998), 27
- 4) 池田他：広島県立西部工技研究報告No**45**(2002), 80~83
- 5) 門他：広島県立西部工技研究報告No**46** (2003), 65~68
- 6) 泰山, 福井, 青木, 木村：溶接学会全国大会講演概要**65** (1999), 232
- 7) 泰山, 福井, 青木, 木村：溶接学会全国大会講演概要**65** (1999), 234