

レーザー溶接によるテーラードblank材のプレス製品への適用に関する研究(第1報)

異厚blank材の突合せ溶接

池田哲宏, 安部重毅, 田邊栄司, 森下勇樹

Study for application to press products of Laser Welding in Tailored Blank Sheets (1st Report)

Butt-welding of different thickness Blank Steel Sheets

IKEDA Tetsuhiro, ABE Shigeki, TANABE Eishi, MORISHITA Yuki

In butt-welding between 0.6 mm and 1.2 mm thickness zinc-coated steel sheets using high power CW-YAG laser, the influences of welding parameters on the bead appearance, the penetration shape and mechanical properties were investigated. The following results have been obtained. 1) Sound weld beads were obtained and the bead width of laser-irradiated side was about 1 mm. As the welding speed was increased, the bead width of reverse side decreased. 2) The penetration shape was good and the inside defects of welded metal were not observed. Vickers hardness of the welded metal was about twice higher than that of base metal. 3) The tensile strength of laser welded metal at welding speed 6m/min, laser power 3500W was stronger than that of base metal. At a butt-gap distance of 0.3 mm, the weld area was too small to provide sufficient strength.

キーワード：テーラードblank, レーザ溶接, 突合せ溶接, 亜鉛めっき鋼板, 溶込み形状

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blank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において関心が高く,注目されている^{2,3)}。

従来,プレス前の鉄鋼素材(blank材)の溶接法として装置コストの安価なマッシュシーム溶接が普及しているが,成形性,耐食性及び疲労特性においてより優れているレーザー溶接に対する期待が大きい^{4,5)}。

最近,高品質な大出力 YAG レーザ発振器が開発され,徐々に普及しつつあるが,blank材のレーザー溶接に関する詳細な加工データはほとんど見当たらない。

本研究では,レーザー照射条件等の溶接パラメータがビード外観,溶込み形状,機械的性質等の溶接品質に及ぼす基本的特性を明らかにし,板厚の異なるblank材の突合せ溶接に適する高速・高品質加工条件について検討した。

2 実験方法

本実験では, YAG レーザ発振器 MW4000 (住友重機械工業株)より出たビームが光ファイバ(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集光レンズを介して試料固定台に取り付けられた試料(亜鉛めっき鋼板,目付量 30g/m²,100×250×t1.2 及び t0.6)に照射される。実験条件を表1に,実験装置を図1に示す。試料は,被溶接

部をフライス仕上げした後,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せ間隙を設定後,固定した。シールドガスは,レーザー光と同軸に取り付けたノズル(20mm)よりアルゴンを圧力 0.4MPa で試料表面に供給した。加工後,表裏面のビード幅は,万能投影機で測定した。溶込み形状は,溶融部を切断・研磨後,5%ナイトール酸で腐食し,顕微鏡で観察した。溶接部の機械的強度は,レーザー溶接した1試料よりJIS定形5号試験片を2試料打抜いて作製し,精密万能試験機で溶接方向と直角に引張試験を行った。また,溶接部の硬さ分布はマイクロビッカース硬さ試験機で測定した。

表1 実験条件

| レーザー出力 (W) | 3500 |
|--------------|-------------------|
| 溶接速度 (m/min) | 4, 6, 8, 10 |
| 焦点位置 (mm) | 0, 2, 4, 6 |
| 狙い位置 (mm) | 0, 0.2, 0.4 |
| 突合せ間隙 (mm) | 0 ~ 0.3 (0.05 間隔) |

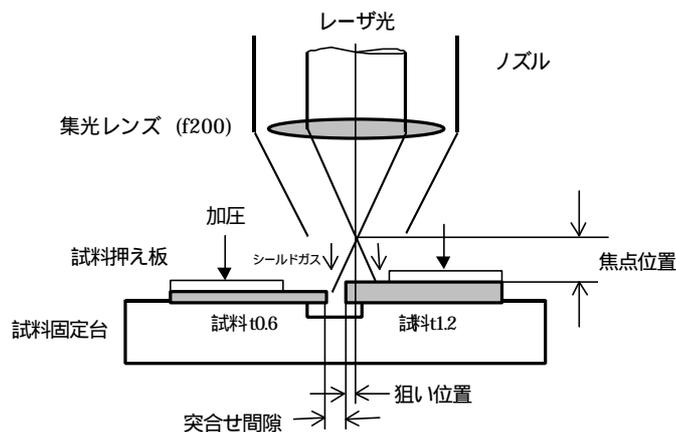


図1 実験装置

3 実験結果および考察

レーザ出力 3500W におけるレーザ照射面（表面）ビード幅，裏面ビード幅及びその差を図2に示す。表面ビード幅は，低速域において焦点位置の増大に伴いスポット径に依存して大きくなるが，溶接速度の影響をほとんど受けない。裏面では，速度の上昇及び焦点位置の増大に伴い，ビード幅は小さくなる傾向にある。焦点位置 2mm 以内におけるビード幅はほぼ同じ傾向を示しており，溶接速度 5 ~ 6 m/min で表面と裏面のビード幅の差はほとんどないが，溶接速度の上昇に伴い，表面ビード幅が裏面より大きくなっている。

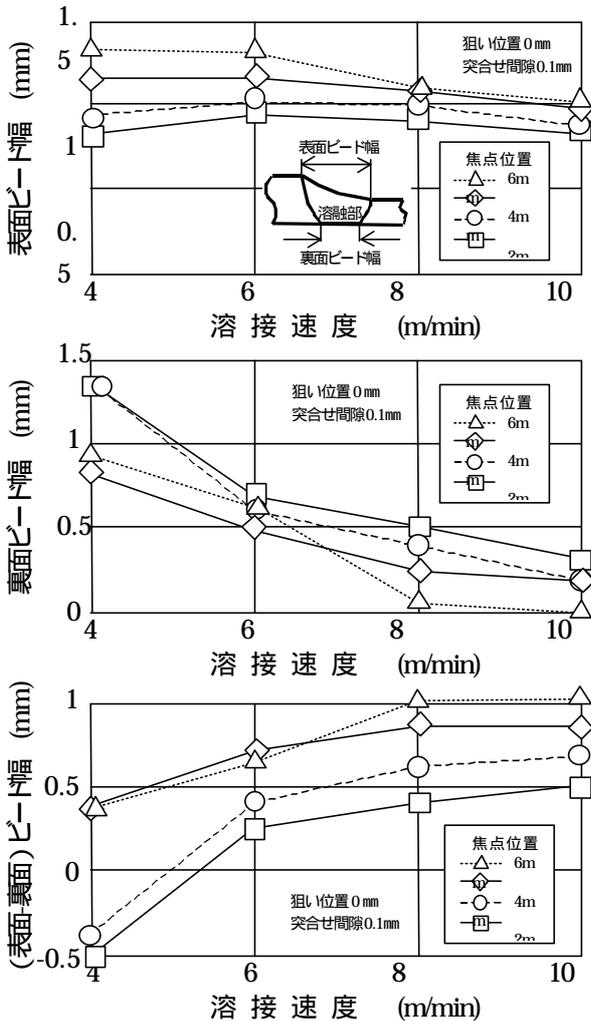


図2 ビード幅

図5は，各種の加工条件が溶接の継手強度に及ぼす影響を引張試験による破断形態で示した結果である。塗りつぶし部分は薄板母材で破断した領域で，十分な継手強度を示している。一般的に溶接速度及び焦点位置の増大に伴う照射エネルギー密度の低下，あるいは突合せ間隙及び狙い位置の増大に伴う被溶接部へのエネルギー供給効率の低下による溶込み不良により継手強度が低下する。狙い位置 0.2mm，突合せ間隙 0.3mm，

焦点位置 0mm において母材以上の継手強度が得られているのは，試料 t1.2 の熔融金属が突合せ間隙に流れ込み，溶接部を形成したものと推定される。また，ビームスポット径は 0.6mm であるにもかかわらず，狙い位置 0.4mm において十分な強度が得られたのは，試料 t1.2 に照射されたビームエネルギーの熱伝導により効率よく溶接されたものと考えられる。

図5より狙い位置 0.2mm 以下，突合せ間隙 0.25mm 以下，焦点位置 4mm 以下の条件において，溶接速度 6 m/min で十分な継手強度が得られていることが分かる。

写真2は，焦点位置 0mm，狙い位置 0mm における溶込み形状を示す。溶接速度の上昇に伴い溶融部は小さくなり，特に裏面側への影響が顕著になっている。また，突合せ間隙の増大に伴い，溶融母材が突合せ間隙に流入し，ビード面の凹みが大きくなる傾向にある。

以上の実験結果より高品質加工が可能である溶接速度 6m/min において，フライス仕上げレスのブランク材で突合せ溶接を行った。図3は，各ブランク材の被溶接部の形状を触針式輪郭形状測定機で測定後，溶接前の板厚及び突合せ間隙を基準に組み合わせて校正した突合せ断面形状を示す。触針の先端半径補正は行っていない。だれ，剪断面，破断面等，突合わせ面における間隙の形状精度は 0.1mm 程度である。写真1は，溶接後の断面マクロ組織とビッカース硬さ試験機で測定した位置を，その測定結果を図4に示す。小入熱溶接により溶融部における硬化幅は 1mm 程度と狭いが，急速な冷却により硬さの最高値は母材の 2 倍程度まで硬化していることが分かる。なお，X線透過法による検査では，ポロシティ等の内部欠陥は見られなかった。



図3 断面形状

写真1 断面マクロと硬さ測定位置

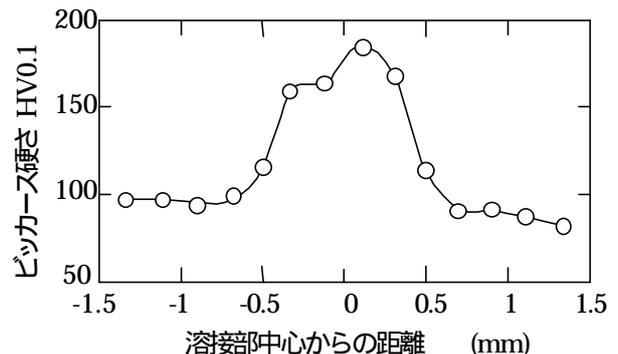


図4 溶接部の硬さ分布

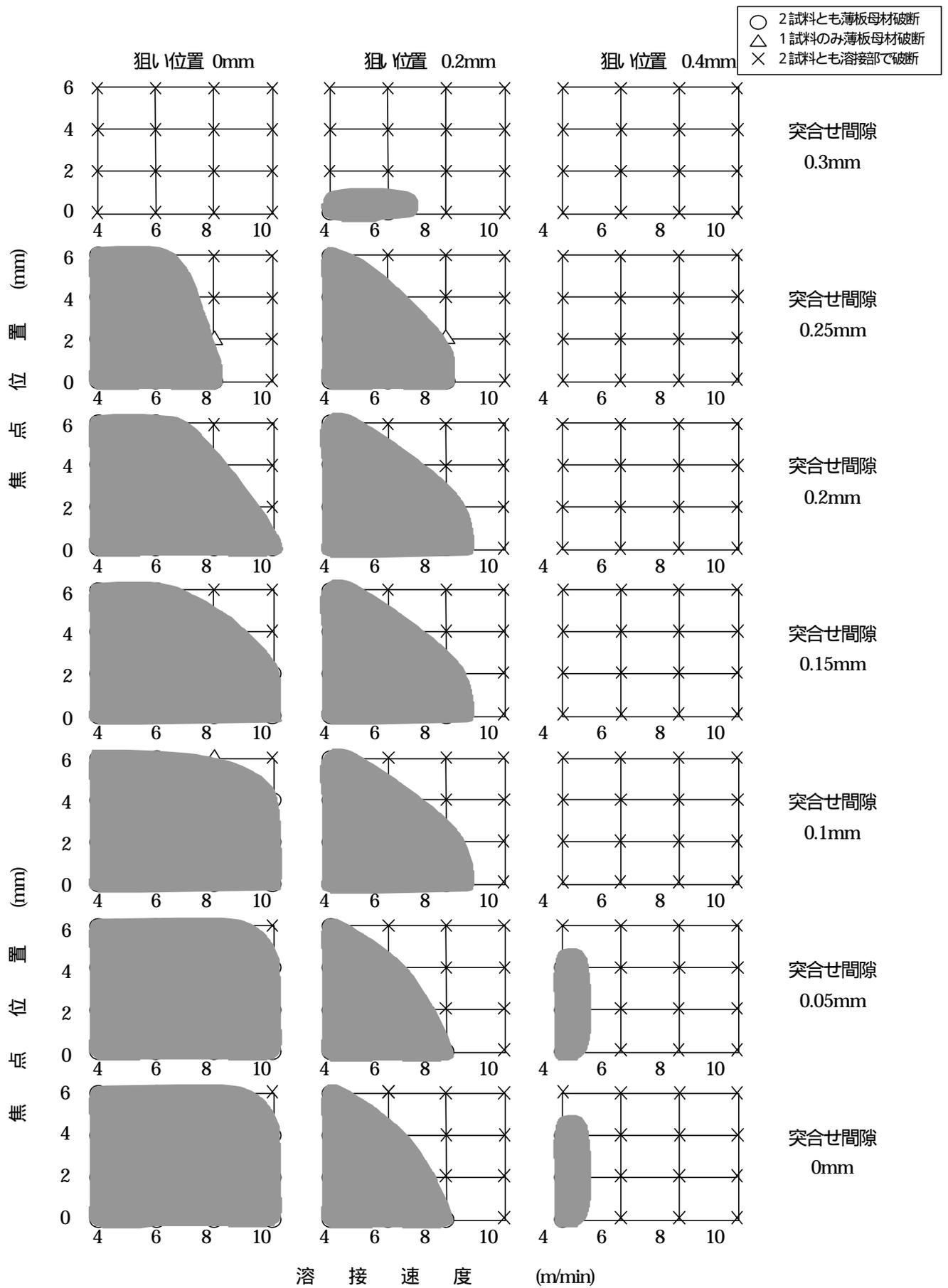


図5 引張試験による破断形態

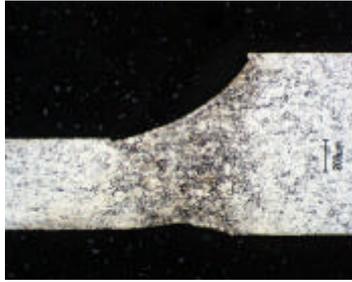
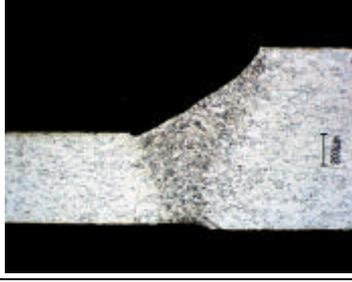
| 溶接速度 | 突合せ間隙 0 mm | 突合せ間隙 0.1 mm | 突合せ間隙 0.2 mm |
|---------|---|--|---|
| 4m/min |  |  |  |
| 6m/min |  |  |  |
| 8m/min |  |  |  |
| 10m/min |  |  |  |

写真2 溶込み形状

4 結 言

板厚 1.2mm と 0.6mm の亜鉛めっき鋼板の突合せ溶接に YAG レーザを適用し、連続出力 3500W における溶接速度、焦点位置、突合せ間隙等の加工条件がビード外観、溶込み形状及び機械的性質に及ぼす影響を検討した結果、以下ようになった。

- (1) ビード外観は良好で、焦点位置 2mm 以下において、表面ビード幅は 1mm 程度の一定値を示すが、裏面ビード幅は溶接速度の上昇に伴って減少し、1.4mm から 0mm まで変化した。表面と裏面のビード幅がほぼ等しい溶接速度は 5 ~ 6 m/min 程度であった。
- (2) 溶込み形状は良好で、内部欠陥は観察されないが、溶接速度の上昇に伴い溶込み領域は狭くなり、突合せ間隙の増加に伴い表面ビードの形状に若干の

凹みが発生した。溶込み部のビッカース硬さは母材の 2 倍程度高くなった。

- (3) 引張試験では、溶接速度 6 m/min において焦点位置 4mm 以下、狙い位置 0.2mm 以下、突合せ間隙 0.25 mm 以下の条件で母材以上の継手強度が得られた。

さらに、今後は突合せ間隙における裕度の向上を図る手法について検討を行う必要がある。

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) 福井清之：溶接学会誌, **68** (1999) 4, 305
- 5) 森清和：日産技法, **45** (1999), 45