

自動車の軽量化を実現するために必要な新接合プロセスの開発（第2報）

1 1 亜鉛めっき鋼板重ねレーザー溶接時のレーザー加熱変形前処理技術の開発（I）

門 格史, 大川正巳, 森下勇樹, 大石 郁*, 坂村 勝*, 岩谷 稔*, 太田耕平*, 篠崎賢二**, 山本元道**, 門井浩太**

Development of new welding process for automotive lightening (2nd Report)
Development of deformation preprocessing technology by laser heating for lap laser welding on galvanized steel sheets(I)

KADO Tadashi, OHKAWA Masami, MOROSHITA Yuki, OHISHI Kaoru, SAKAMURA Masaru, IWATANI Minoru, OHTA Kouhei, SHINOZAKI Kenji, YAMAMOTO Motomichi, and KADOI Kota

Recently, the remote laser has come to be used in the automobile manufacture. Because the remote laser can be high-speed welded, the manufacturing time of the car can be shortened. However, it is known to cause the welding defect by vapor of galvanized layer in lap laser welding on galvanized steel sheets. It is known that the welding defect decreases by making the sheet gap in lap laser welding on galvanized steel sheets. It developed the laser welding method for galvanized steel sheets of lap joint by using deformation preprocess by laser heating in order to make the sheet gap. As a result, it has been understood that the weldability of lap welding joint of galvanized steel sheets is improved by using this preprocess.

キーワード：亜鉛めっき鋼板, レーザ溶接, 重ね溶接

1 緒 言

近年、自動車の製造に多く用いられているスポット溶接に代わる方法として、リモートレーザーによる溶接が注目されている。リモートレーザーは、ガルバノミラーと呼ばれる光学系を使用し、ミラーの角度を可変することでレーザー光を高速移動させることが可能となる。特に溶接に用いた場合は、従来の溶接と比較して溶接時間が大幅に短縮でき、自動車の製造においては時間短縮が可能となる¹⁾。しかし、自動車用鋼板には防錆のため表面にめっきが施された亜鉛めっき鋼板が多く使用されており、その重ねレーザー溶接では、溶接時に、重ね面に発生する亜鉛めっき蒸気によりピットやポロシティ等の溶接欠陥が発生するという課題がある。この解決方法として、鋼板間の重ね部に間隙を設けると欠陥抑制に効果があることが知られている²⁾。ある文献によると欠陥抑制に効果がある間隙範囲は0.06~0.4mmと報告されている³⁾。しかし、その範囲は非常に狭いため、実際の製造現場で間隙をその範囲内に管理するのは難しい。仮に管理しようとすると周辺機器が複雑となりコストの増加が問題となる。そこで本研究では、この解決方法として、周辺機器が複雑にならず、リモートレーザーの特徴を生かしたレーザー加熱による変形前処理技術について検討したので報告する。

* 広島県立総合技術研究所東部工業技術センター

** 広島大学大学院工学研究科

2 実験方法

2.1 レーザ加熱による変形前処理技術

本研究ではリモートレーザーを想定し、効率的に溶接が行えるレーザー加熱による変形前処理技術について検討した。図1に本研究で検討した手法について示す。鋼板間に適切な間隙を設けると欠陥抑制に効果があることから、前処理としてレーザーを照射することにより、亜鉛めっき鋼板に熱変形を施し、鋼板間に間隙を生じさせる方法について検討した。まず2枚の鋼板を重ねた状態でレーザー照射により上板の一部のみを熔融させ、熱変形を利用し重ね部に間隙を生じさせる。その後、その直上に本溶接を行う。本手法は、レーザーを用いて前処理工程を行うため、前処理と本溶接工程は連続でレーザー照射が可能であり、また、鋼板は拘束したままでよく、特別な治具や鋼板の交換等が不要であることから周辺機器が複雑にならないこと等が特徴である。また、前処理工程が一つ増えるという欠点も挙げられるが、前処理工程に要する時間は少ないため、高速化を妨げることなく、溶接欠陥の発生しない重ねレーザー溶接が可能となる。

2.2 供試材料および試験片形状

本実験の供試材料には、440MPa級合金化溶融亜鉛めっき鋼板 GA60 (めっき付着量 55g/m², 板厚 t=1mm) を用いた。その化学組成および機械的性質は表1に示す。また、試験片は、幅 100mm×長さ 66mm のサイズに切断して実験に使用した。

2.3 実験方法

実験は、定格出力 3kW のファイバーレーザー (YLR-3000S IPG 社製) を使用して行った。実験条件は、レーザー前処理条件を表2、溶接条件を表3に示す。実験工程は、レーザー前処理ビードを鋼板の中央部に照射して、その直上に溶接を行った。前処理ビードと溶接ビードの位置関係については図2に示す。試験片の拘束は、4隅を拘束する4点支持拘束方法を用いた。その拘束間の距離は60mm および90mm とした。

2.4 溶込率とビード幅について

レーザー出力を 3kW(固定)として、溶込率と照射速度およびその溶込率におけるビード幅と照射速度の関係を導出した。溶込量およびビード幅については、図3に示すとおりである。なお、溶込率は板厚 1mm に対しての溶込量の割合とした。溶込率を 20%, 30%, 50%, 70%を条件とし、その際の照射速度の関係を導出した。また、溶込率におけるビード幅の導出も併せて行った。

2.5 熱変形計測方法およびその評価

レーザー前処理による鋼板全体の熱変形について非接触三次元測定機 (NH-3 三鷹光器 (株) 製) を用いて測定した。測定範囲は図4に示すとおり、拘束間距離 60mm では、58×64mm、拘束間距離 90mm では、88×64mm、測定ピッチは 1mm とした。鋼板変形は、2枚の鋼板を治具に拘束した状態で、上下板それぞれの測定範囲での変位量をレーザー照射前後にレーザー変位計を用いて測定し、レーザー照射前後の差から、上下板の変位量を算出した。算出した上板と下板の変形量の差を鋼板間の間隙量とした。代表的な鋼板間の間隙量の分布を図5に示す。この結果から間隙量 0.06mm および 0.02mm 以上となる面積量を算出した。熱変形と実験条件の関係では間隙量 0.06mm 以上の面積量で評価した。また、熱変形と溶接性との関係では、間隙量 0.02mm 以上となる面積量で評価した。

2.6 溶接部の評価

本手法における溶接部の評価は、引張せん断試験で行った。試験片は中央部分 30mm を切断して作製した。試験は万能試験機 (AG-I 250N (株) 島津製作所製) を使用して行った。

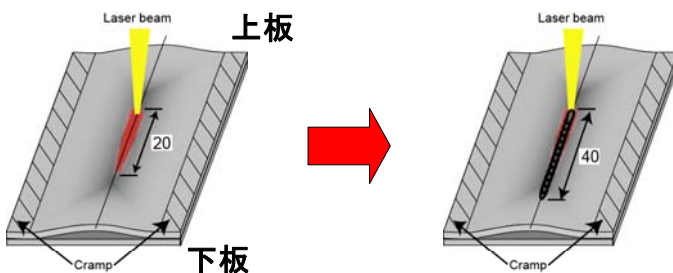


図1 レーザ加熱による変形前処理技術の模式図

表1 供試材料の化学組成および機械的特性

化学組成%						機械的特性		
C	Si	Mn	P	S	Fe	Y.P. (MPa)	T.S. (MPa)	El. (%)
0.15	0.01	0.99	0.019	0.004	Bal.	314	466	34.0

表2 実験条件 (レーザー前処理条件)

レーザー出力 (kW)	3.0	
スポット径 (mm)	5	9
照射速度 (m/min)	3.0	1.0
	~4.8	~2.0
クランプ間距離 (mm)	60, 90	
溶込率 (%)	20, 30, 50, 70	
ビード長さ (mm)	20	

表3 実験条件 (溶接条件)

レーザー出力 (kW)	3.0
スポット径 (mm)	0.4
照射速度 (m/min)	2.0
クランプ間距離 (mm)	60, 90

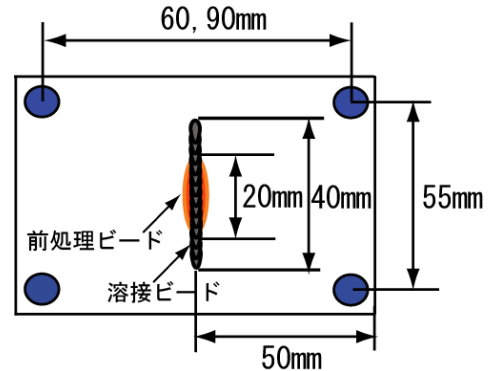
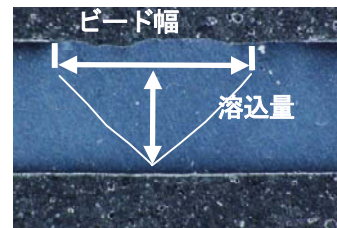


図2 前処理ビードと溶接ビードの位置関係



※溶込率 (%) = 溶込量 (mm) / 板厚 (mm) × 100

図3 溶込量とビード幅について

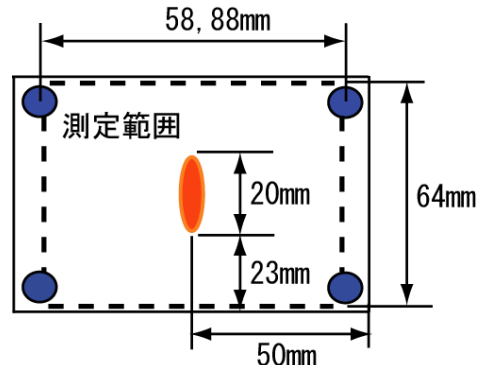


図4 熱変形量の測定範囲

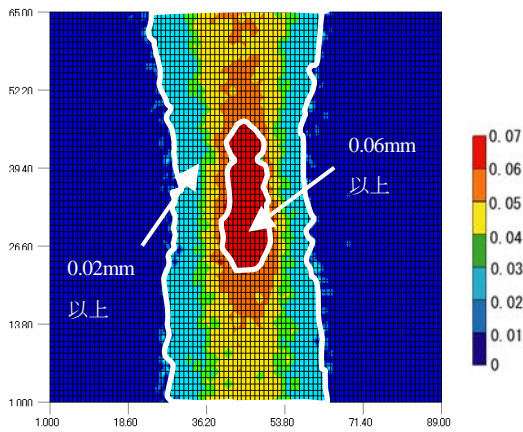


図5 代表的な鋼板間の隙間量の分布

3 実験結果および考察

3.1 レーザ照射速度と溶込率およびビード幅の関係

レーザー照射速度と溶込率およびビード幅について検討を行った。溶込率とレーザー照射速度の関係を図6、ビード幅とレーザー照射速度の関係を図7に示す。溶込率20～70%でのレーザー照射速度は、スポット径9mmでは1.0～2.0m/min、スポット径5mmでは3.0～4.8m/minの範囲となり、どちらのスポット径においても溶込率とレーザー照射速度はほぼ線形の関係となった。溶込率20～70%におけるビード幅は、スポット径9mmでは5～6mm、スポット径5mmでは3～4mmの範囲となった。

3.2 熱変形についての検討

レーザー前処理条件と鋼板間の隙間量の関係として、拘束間距離90mmにおけるアスペクト比と隙間量0.06mm以上取得できる面積の関係を図8に示す。アスペクト比は、溶込量をビード幅で除して算出した。スポット径5mmでは、溶込率30,50%では変形が生じず、取得面積はほとんどないが、70%では変形が生じて、約100mm²となった。スポット径9mmでは、溶込率20,30%は変形が生じず、取得面積はほとんどないが、50%では大きく変形し、約300mm²となった。この結果から、適切な条件でレーザー前処理を行うことにより鋼板間に隙間が形成されることを確認した。また、図中のスポット径5mmで溶込量70%とスポット径9mmで溶込量50%について、隙間量0.06mm以上となる面積と比較した。なお、断面観察により溶融面積を計測した結果から同一溶融量であることを確認している。その結果、スポット径9mmの方が取得面積は広いことから、鋼板間の隙間を形成させやすいことがわかった。このことから、投入熱量が同じ場合、効率よく変形させるレーザー前処理としては、スポット径の大きい条件が有効であった。

3.3 溶接性についての検討

レーザー前処理条件と溶接性の結果として、引張強度と

隙間量0.02mm以上取得できる面積の関係を図9に示す。なお、図中には母材破断となる引張強度(14kN)を破線で示している。この結果から、隙間量0.02mm以上取得できる面積が約110mm²以上となる条件では、ほぼ母材破断となる引張強度が得られた。拘束間距離60mmおよび90mmにおけるスポット径とレーザー照射速度との関係およびその溶接性について図10に示す。図中の●印は隙間量0.02mm以上取得できる面積が110mm²以上、○印はそれ以下を示す。また、矢印で示す位置は引張試験結果で母材破断する領域である。スポット径5mmにおいて、拘束間距離60mmおよび90mmでは、それぞれ溶込率70%のみ母材破断となり、それ以外の溶込率ではすべて溶接部破断となった。スポット径9mmにおいて、拘束間距離60mmでは、溶込率20%のみ溶接部破断して、それ以外では母材破断となった。また、拘束間距離90mmでは、どの溶込率においても母材破断となった。これらと比較すると、スポット径9mmの方が、良好な溶接が可能となるレーザー前処理条件の範囲が広いことがわかった。

4 結 言

本研究では、亜鉛めっき鋼板重ねレーザー溶接の課題解決方法としてレーザー加熱による変形前処理技術について検討した。その結果について以下に示す。

- (1) 同一溶融量の場合、効率よく変形させるレーザー前処理としては、スポット径の大きい条件が有効であった。
- (2) 隙間量0.02mm以上取得できる面積が110mm²以上となると、良好な溶接が行えることがわかった。
- (3) 本手法は、亜鉛めっき鋼板の重ねレーザー溶接において良好な溶接が可能となることがわかった。

文 献

- 1) 森他：溶接学会誌，77-3(2008)，11-15
- 2) 小野：レーザー加工学会講演論文集，68(2007)，71-81
- 3) 篠崎他：溶接学会全国大会講演概要，85，(2009)，154-155

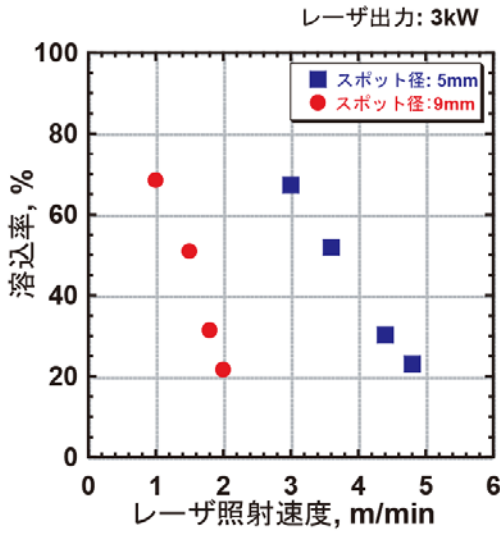


図6 溶込率とレーザ照射速度

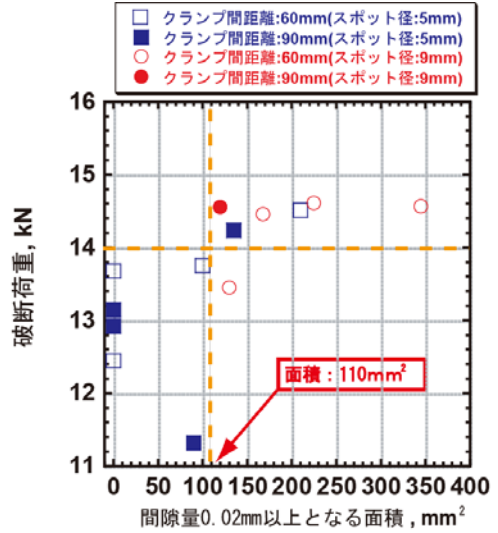


図9 引張試験における破断荷重と間隙量0.02mm以上となる面積

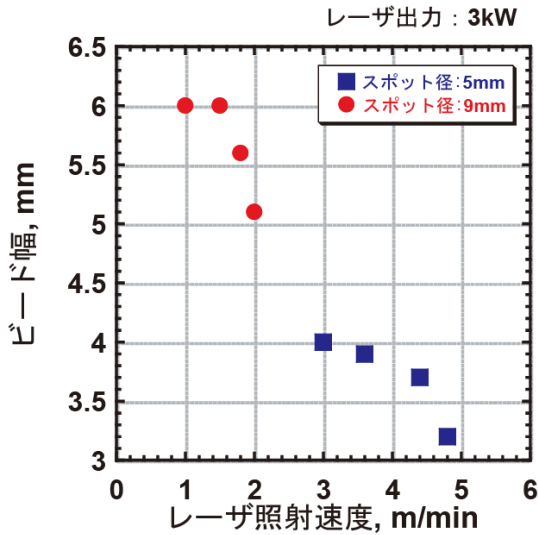
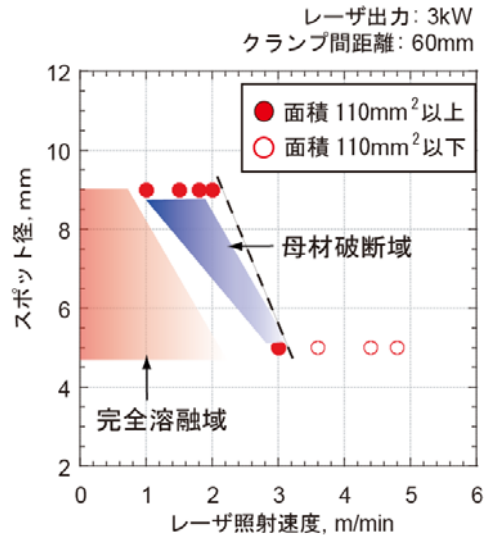


図7 ビード幅とレーザ照射速度



(a) クランプ間距離 60mm

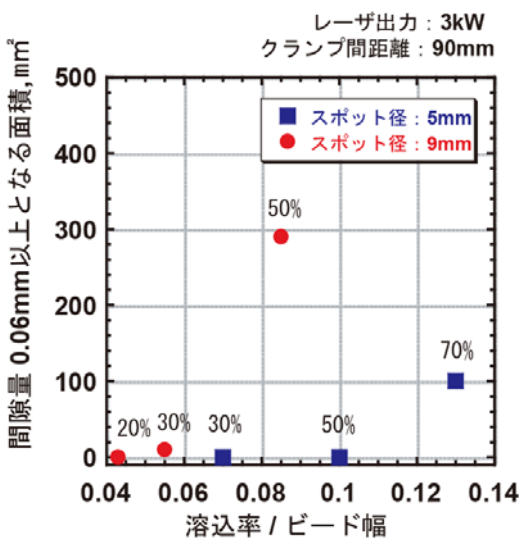
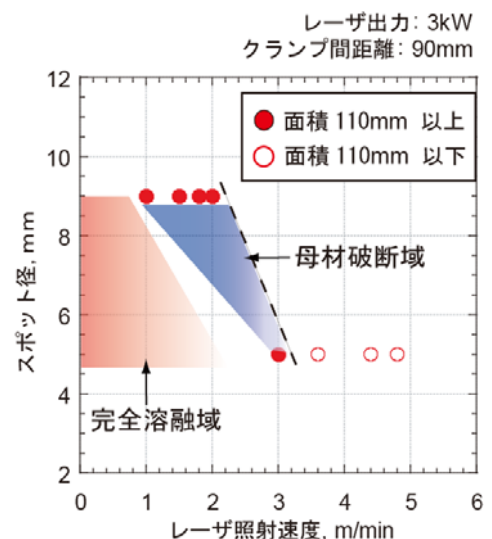


図8 アスペクト比と間隙量0.06mm以上となる面積 (クランプ間距離: 90mm)



(b) クランプ間距離 90mm

図10 母材破断となる溶接施工範囲