

亜鉛めっき鋼板の溶接に関する研究 (I)

炭酸ガスアーク溶接による亜鉛めっき鋼板の溶接

Study on the Weldability of Zinc Coated
Steel Plates

尾 形 素 臣

Motoomi OGATA

近年亜鉛めっき鋼板の使用が増加し、その溶接が大きな研究課題となっている。本研究は亜鉛めっき鋼板に炭酸ガスアーク溶接（以下 CO_2 溶接と略す）を適用した場合の溶接性を実験によって検討したものである。

1 序

最近、鋼材の利用合理化に伴ない、鉄骨系プレハブ住宅などの主要構造部材に亜鉛めっきを施した軽量形鋼を用い、これをアーク溶接を用いて接合しようとする傾向が増加している。

亜鉛めっき鋼材の溶接は、薄鋼板加工業界においては古くから広く実施されており、研究および経験から、不用意に溶接すると溶接部にブローホールなどの欠陥が生じやすく、また溶接作業中に中毒性のあるガスが発生するので作業者の保健上適当な施設を必要とするなどの点が指摘されている。

本研究はこれらの各種の問題のうち、 CO_2 アーク溶接を亜鉛めっき鋼板の溶接に適用した場合の溶接性について検討したものであり、亜鉛めっき鋼板としては連続亜鉛めっき鋼板（ $\text{Zn } 190\text{g}/\text{m}^2$ ）および溶融亜鉛めっき鋼板（ $\text{Zn } 600\text{g}/\text{m}^2$ ）の2種を使用した。

なお、本研究は（社）鋼材倶楽部、亜鉛めっき鋼材の溶接手引作成委員会（委員長、早稲田大学名誉教授 鶴田明博士）において、新日本製鉄（株）、（株）神戸製鋼所の協力を得て行なわれたものの一部である。

2 試験概要

溶接性に関する試験はその溶接機、溶接棒などの溶接条件によって異なるので、2つのシリーズに分けて行った。鋼板はすべてSS41である。

2.1 Aシリーズ

板厚3.2mm($\text{Zn } 190\text{g}/\text{m}^2$) および板厚3.2mm(Zn

$600\text{g}/\text{m}^2$)の亜鉛めっき鋼板と比較のための裸鋼板を用い、各種の溶接条件における溶接性を検討した。

亜鉛付着量

3種	0	g/m^2
	190	g/m^2
	600	g/m^2

溶接ワイヤ1.2mm

2種	YM25 (YCW2相当品)
	YM26 (YCW1相当品)

シールドガス 15ℓ/min

3種	100% CO_2
	70% Ar + 30% CO_2
	90% Ar + 10% CO_2

継手形状 (図-1)

2種	I型突合せギャップ約1.6mm
	水平すみ肉

溶接電流、電圧、その他

190A (19.5V) 40cm/min (I型突合せ継手)

200A (19.5V) 35cm/min (水平すみ肉)

トーチ角度 20° 前進角

ショートアーク溶接

以上の組合せによって合計36種類となる。これらの試験片について次の試験を行った。

外観 (ビード形状、ピット数)

X線 (欠陥点数、ピット数)

引張り、曲げ (I型突合せ)

十字引張り (T型すみ肉)

断面マクロ

2.2 Bシリーズ

CO₂ 溶接の作業性を検討したものであり、板厚3.2mm (Zn190g/m²および比較のため裸鋼板) を用いた。各種の溶接条件は次のとおりである。

亜鉛付着量

2種 { 0 g/m²
190 g/m²

溶接ワイヤ 1.2mm

YCW2 (MG50T)

シールドガス

100% CO₂

継手形状 (図-1)

2種 I型突合せ

水平すみ肉

溶接電流、電圧、その他

亜鉛めっき鋼板

100A (19V) 35cm/min

120A (19V) 28cm/min

裸鋼板

100A (19V) 35cm/min

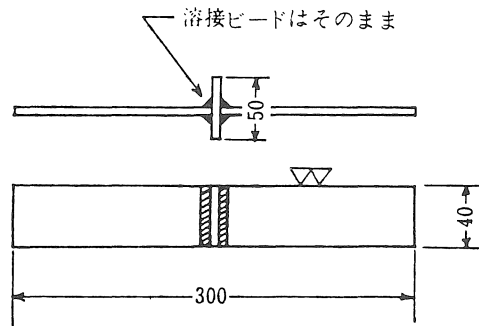
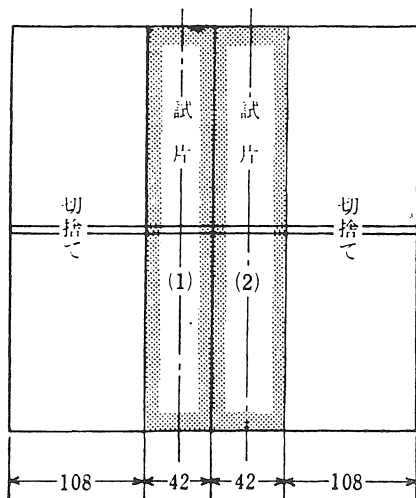
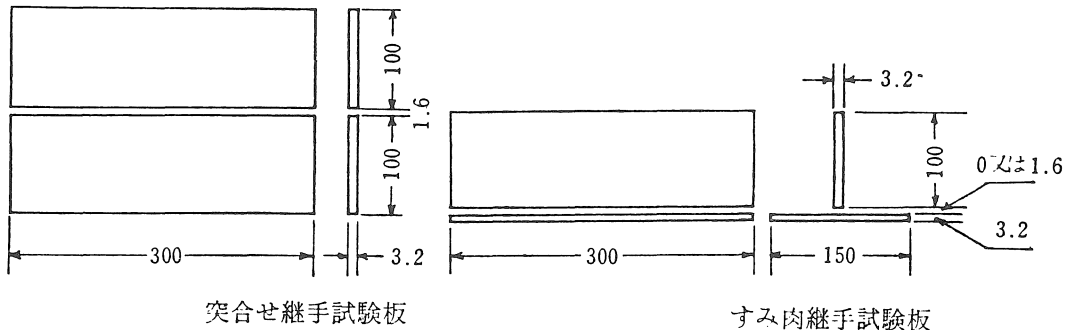
トーチ角度 15° 前進角

ショートアーク溶接

3 試験結果

3.1 Aシリーズ試験結果

ビード外観は亜鉛量とともにスパッタが増加し、亜鉛めっき部の損傷が被覆アーク溶接に比べ非常に少ない。突合せ溶接では亜鉛量600g/m²のものは若干困難性を増すが、すみ肉溶接ほどの差はなく外観は特に問題はない。亜鉛付着量はすみ肉溶接の断面形状に大きな影響を与える。100%CO₂の時はビードが中高であるが、Arガスが入るとビードが広がっている。また、亜鉛めっきとともにブローホールその他の欠陥が増加してゆく。図-2は外観ピット数を図示したものであるが、YM26の方が特に亜鉛付着量が190g/m²の時にピットが少く、しかも第一層の方が第二層よりも少ない。600g/m²の時はピットは少ないがビードがくずれている。こ



十字すみ肉継手引張試験片 (板厚3.2mm)

図-1 試験片形状 (単位 mm)

表-1 T型すみ肉溶接外観形状

亜鉛付着量	ガス組成	YM25	YM26
0g/m ²	100% CO ₂ 70% Ar + 30% CO ₂ 90% Ar + 10% CO ₂	めっき量と共に溶着金属がのりにくい感じ ○ 波細くなる ◎ 波細くなる ◎ 波細くなる	めっき量と共に溶着金属がのりにくい感じ ○ 波細くなる ◎ 波細くなる ◎ 波細くなる
190g/m ²	100% CO ₂ 70% Ar + 30% CO ₂ 90% Ar + 10% CO ₂	○ 外観ややきれい × スパッター発生 × ピット発生 × ピット多し	○ 外観ややきれい × スパッター発生 × ピット発生
600g/m ²	100% CO ₂ 70% Ar + 30% CO ₂ 90% Ar + 10% CO ₂	△ ビードあれ △ ビードあれ × ビード発生, ビード不良	△ ビードあれ △ ビードあれ × ビード発生, ビード不良

これらの結果を表-1に示す。図-3, 図-4は亜鉛めっき鋼板のX線検査結果を示したもので裸鋼板では欠陥は認められない。亜鉛めっき鋼板では表面に露出しないピットが多く認められる。突合せ溶接については600g/m², 90% Ar+10% CO₂のものに微細なピットが認められたが他の溶接条件ではあまり認められなかった。図-5に突合せ溶接の引張試験結果を、図-6に十字

引張試験結果を示す。突合せ溶接では亜鉛付着量が多くと母材破断であり、十字引張試験では母材破断のものが多く、溶接状況のよくないものは強さの低下を示したものがあ。なお、溶接作業に当たってスパッターの発生により、ノズルの目づまりが起るのでノズルの静掃をたびたび行う必要がある。

以上の結果よりほぼ次のようなことが明らかになった。

1) 亜鉛めっき鋼板のCO₂溶接はシールドガスとしては100%CO₂がよく、Arガスを添加する必要はない。

2) 溶接条件については裸鋼板とほぼ同様でよいと思われる。特にすみ肉溶接の場合X線検査によってピットが多数発見される。亜鉛付着量がふえるとビード外観はくずれてくる。

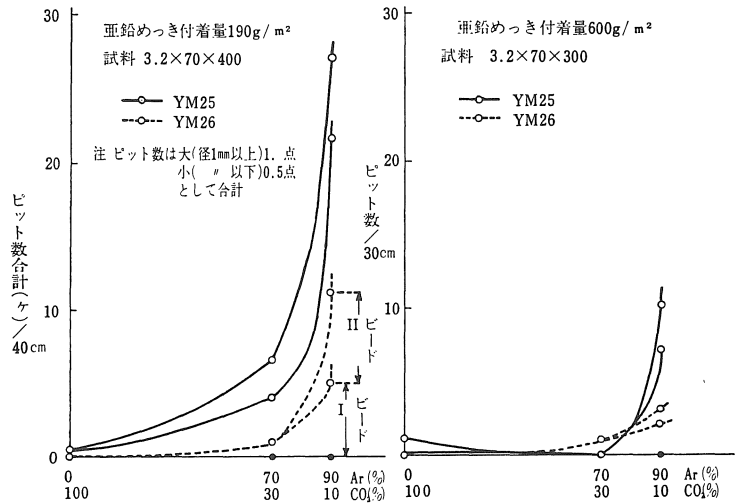


図-2 すみ肉溶接外観ピット数

3) 強度については十字引張試験では溶接不良のものが強さの低下を示した。

4) 亜鉛めっき層があるとスパッターの発生が著しく、特に厚めっきのものに甚だしくノズルの清掃がたびたび必要である。

3.2 Bシリーズ試験結果

表-2に下向突合せ溶接の作業性を示す。亜鉛めっき鋼板の溶接では裸鋼板に比べ、溶込がやや減少する。このための溶接速度も低下する。スパッターの増加、アークの不安定化についてはその傾向が小さく、溶接部の外観は裸鋼板と同様であった。しかし、溶接ヒュームは亜鉛めっきの存在により著しく増加した。

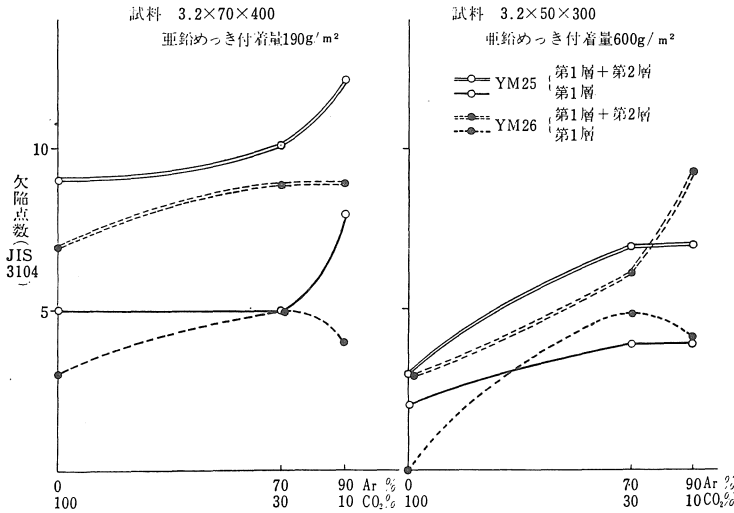


図-3 CO₂ 溶接X線試験結果 I

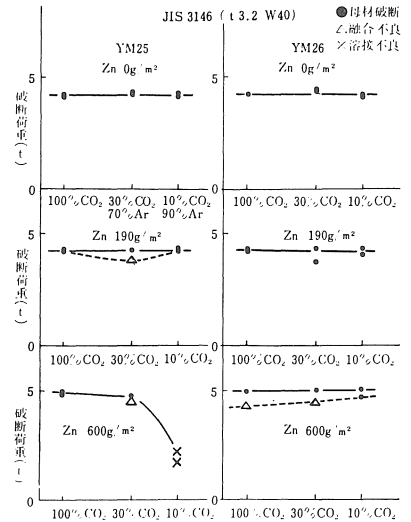


図-5 突合せ溶接（一層）引張試験結果

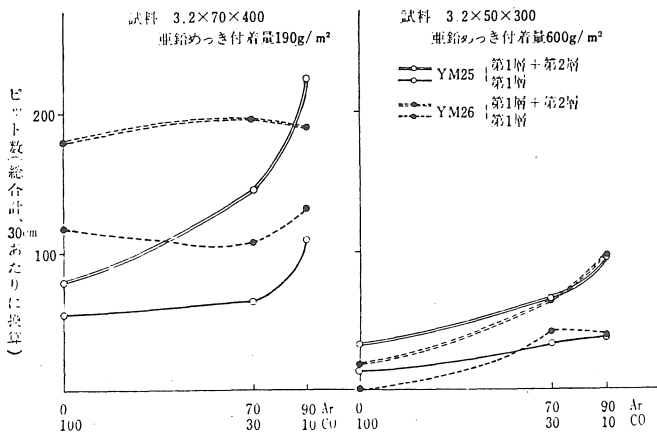


図-4 CO₂ 溶接X線試験結果 II

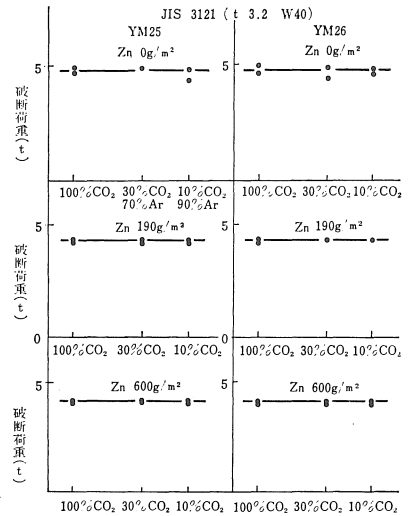


図-6 突合せ溶接（一層）引張試験結果

表-2 下向き突合せ継手の作業性

鋼板	溶接電流-電圧-溶接速度	作業性の特徴
亜鉛めっき鋼板	100 A-19 V-25 cpm	・溶込みがやや浅く、裏波の出方がやや不足気味、欠陥なし。
〃	120 A-19 V-28 cpm	・作業性良好。溶接速度が遅い。
一般鋼板	100 A-19 V-35 cpm	・裏波の出方がやや不足気味。

表-3に下向き肉溶接の作業性を示す。亜鉛めっき鋼板では裸鋼板に比べスパッタの増加、アークの若干の不安定化が認められるものの作業が著しく困難とはいえない。ピットは第2ビード側で2個確認されたが、第1ビード側で表面欠陥は見られなかった。亜鉛によるヒュームの発生は著しかった。

表-4に水平すみ肉溶接の作業性を示す。亜鉛めっき鋼板の場合アークの不安定化によるスパッタの増加があるが、作業性は著しく劣化するとはいえず十分に使用しうる。またルート間隔の増加によりピットの発生が防止された。スパッタは裸鋼板に比べやや大粒となり、母材面に付着し、剥離しにくい場合もある。

表 3 下向きすみ肉継手の作業性

鋼板	溶接電流—電圧—溶接速度	作業性の特徴
亜鉛めっき鋼板 間隙=0	第1ビード側 140A—20V—33cpm	<ul style="list-style-type: none"> スパッタの増加 アークの不安定化
〃	第2ビード側 140A—20V—30cpm	<ul style="list-style-type: none"> 第1ビード側と同一傾向 小さなピット (径0.5mm程度) 2個
一般鋼板 間隙=0	140A—20V—35cpm	

(注) ワイヤ, ガス流量, 溶接方法は表-1 と同一

表 4 水平すみ肉継手の作業性

鋼板	溶接電流—電圧—溶接速度	作業性の特徴
亜鉛めっき鋼板 間隙=0	第1ビード側 110A—20V—22cpm	<ul style="list-style-type: none"> スパッタの増加 アークの不安定化 ピット1個発生
〃	第2ビード側 110A—20V—20cpm	<ul style="list-style-type: none"> ピットの発生なし 第1ビードと同一傾向
亜鉛めっき鋼板 間隙=1.6	第1ビード側 110A—20V—21cpm	<ul style="list-style-type: none"> 間隙=0 よりスパッタ減少 間隙=0 よりアーク安定 ピットなし
〃	第2ビード側 110A—20V—22cpm	<ul style="list-style-type: none"> スパッタ増加 アークやや不安定化 間隙=0 よりやや作業性良好
一般鋼板 間隙=0	110A—19V—23cpm 110A—19V—28cpm 110A—19V—32cpm	

(注) ワイヤ, ガス量, 溶接方法は表-1 に同じ, ただしトーチ角度は溶接線に対して約75°立て, 板に対して約15~20°

表 5 立向下進すみ肉継手の作業性

鋼板	溶接電流—電圧—溶接速度	作業性の特徴
亜鉛めっき鋼板 間隙=0	第1ビード側 140A—20V—26cpm	<ul style="list-style-type: none"> スパッタが多い アークが荒い ピット5個発生 (径0.7~0.8mm)
〃	第1ビード側 140A—19V—23cpm	<ul style="list-style-type: none"> スパッタが多い アークが荒い
〃	第2ビード側 140A—20V—29cpm	<ul style="list-style-type: none"> 第1ビード側と同一傾向
亜鉛めっき鋼板 間隙=1.6	第1ビード側 140A—19V—29cpm	<ul style="list-style-type: none"> スパッタがやや多い アークがやや荒い ピット2個発生 (径: 1.5mm程度)
〃	第2ビード側 140A—19V—24cpm	<ul style="list-style-type: none"> 第1ビード側と同一傾向 エクステンションの増加によりスパッタの影響は減少 (約15→20mm)
一般鋼板 間隙=0	140A—19V—23cpm 140A—20V—36cpm	

(注) ワイヤ, ガス量は表-1 と同一,
溶接法: ショートアーク溶接, 立向下進溶接, トーチ角度: 70°~75°

表一5に立向すみ肉溶接の作業性を示す。大量のスパッタの発生により、溶接トーチ・チップ部およびトーチ内面にスパッタが堆積し、ワイヤの送給を困難にする場合もみられた。

以上をまとめると次のようになる。

1) 下向突合せ溶接では溶込がやや減少し、溶接速度を減少させる必要があるが、スパッタ、アークの安定性は悪化せず、裸鋼板とほぼ同様の作業性を示す。

2) 下向すみ肉溶接でルート間隔¹⁾が零の場合、作業性が著しく劣化すると海外文献で紹介されているが、第2ビード側で小さなピットの発生をみたものの、劣悪な作業性とはならず、水平すみ肉などの場合とほぼ同程度である。

3) 水平すみ肉溶接では、ルート間隔が零でピットの発生を第1ビード側に見たがルート間隔の増加によりピットは消滅し、スパッタ、アークの荒れもやや改善傾向が生じる。母材面へのスパッタの付着はこの姿勢が最も多かった。

4) 立向下進すみ肉溶接ではルート間隔が0及び1.6mmの場合とも第1ビード側でピットの発生がみられた。また、トーチ内部へのスパッタの堆積が最も多く、ワイヤの送給不良を生じる可能性がある。スパッタの影響は多少のワイヤ・エクステンションの増加により軽減される。

5) すべての姿勢とも亜鉛によるヒュームの発生が著しく、吸引除去装置が必要である。

4 結 び

CO₂アーク溶接による亜鉛めっき鋼板の溶接は基本的には裸材のそれとほぼ同様であるが亜鉛めっきの存在により3.試験結果に示したようないくつかの作業上の注意が必要である。特にシールドガスとして100%CO₂が最も良好な結果を示したことは、今までの研究結果には報告されていない事実であり、高価なArガスを不要とするので溶接コストの低下に極めて有効であろう。今後の研究課題としては溶接ヒュームの人体への影響およびヒューム除去装置などが挙げられる。なお、本研究は亜鉛めっき鋼板の溶接に関する一連の研究の一部であり、今後も継続する予定である。

参 考 文 献

1) E. N. Gregory "CO₂ Shielded Short Circuiting Arc Welding of Galvanized Steel", Welding Journal, June 1967

2) 益本 功, 他, "亜鉛めっき鋼板のアーク溶接", 溶接学会誌 Vol142, No, 12, 1973

3) 鋼材倶楽部 "亜鉛めっき鋼材の溶接手引" 昭和52年1月。