

D社の連載講座「亜鉛めっき鋼板の溶接」も第4回を迎え、この回で終了となります。前話では気孔発生メカニズムと溶接材料の影響と題して、神戸製鋼所殿との協同のもとにワイヤ成分と溶融池形成現象、およびワイヤ成分とアーク力の関連について究明され、わかりやすく説明がなされ大変参考になりました。

さて本話では以下に示す目次に従って、亜鉛めっき鋼板の溶接に関し、①シールドガスによる気孔低減 ②電流波形制御による気孔低減効果の検証 ③ワイヤ径の細径化による効果などについて、文献より引用し紹介をします。

連載講座 第4回 亜鉛めっき鋼板の溶接 シールドガスと溶接波形制御の影響とスパッタ低減方法
塩崎 秀男 (株)ダイヘン溶接機事業部 溶接技術誌 2013年12月号 P115～119

- | | |
|------------------------|---|
| 1 はじめに | |
| 2 シールドガスによる気孔低減方法 | 2.1 炭酸ガス濃度の違いによる気孔発生の検証 |
| 3 電流波形制御による気孔低減効果の検証 | 3.1 低周波重畳パルス溶接法と気孔発生数の関係 |
| 4 亜鉛めっき鋼板の溶接におけるスパッタ低減 | 4.1 炭酸ガス濃度上昇によるスパッタ増加の原因
4.2 溶滴移行の最適化
4.3 ワイヤ径の小径化によるスパッタ低減方法
4.4 スパッタ発生量の検証 |
| 5 おわりに | |

1. シールドガスによる気孔低減方法

前話では、アーク直下の露出を促し、亜鉛蒸気を積極的に排出し、かつ溶融金属に混入させないことが重要であることを学んだ。

ここでは、炭酸ガス濃度を高めてアーク直下の露出を促進することで、ブローホール低減効果について調査した研究例を紹介する。

1- ① 炭酸ガス濃度の違いによる気孔発生の検証

<検証条件>

- * シールドガス条件 ; Ar+20%CO₂ と Ar+30%CO₂ の2種類で溶接部に発生する気孔の調査
- * 母材 ; t=2.3mm GA材 重ねすみ肉（ギャップ0mm）
- * 溶接法 ; 低周波重畳パルスマグ溶接法（パルスパラメータは図276-1参照）
- * 評価方法 ; 溶接部に発生する0.5mm以上の気孔の発生数で比較
- * 溶接条件 ; 下表に示す

表 276-1 溶接条件

Base metal	Galvanized steel sheet (Zinc amount : 45g/min ²)
Joint type	Lap fillet joint (Gap : 0mm)
Wire	YGW-15 (1.2mmφ)
Gas flow rate	20 L/min
Welding process	Pulsed MAG Welding
CTWT (*)	15mm
Welding speed	100cm/min
Wire feed rate	7.3m/min
Arc voltage	23.5～24V

* : Contact tube to work distance

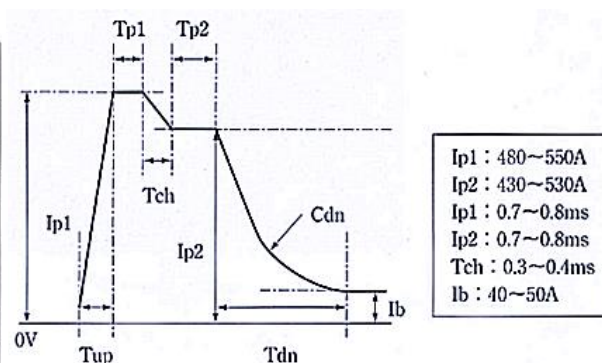


図 276-1 パルスパラメータ

<検証結果>

図 276-2 に示す高速度カメラシステムを用いて溶融池を撮影し、観察。アーク直下の露出を観察するために、撮影方向は溶接方向の前方斜め上からとした。

図 276-3 は、溶接ビード 200mm の間に発生したシールドガスと気孔発生数の関係を表わしたグラフである。2 種類のシールドガスを比較すると、Ar+20%CO₂ では、98 個であったのに対し、Ar+30%CO₂ では 11 個と 30%CO₂ の方が気孔の発生数が大幅に減少している事実が分かった。

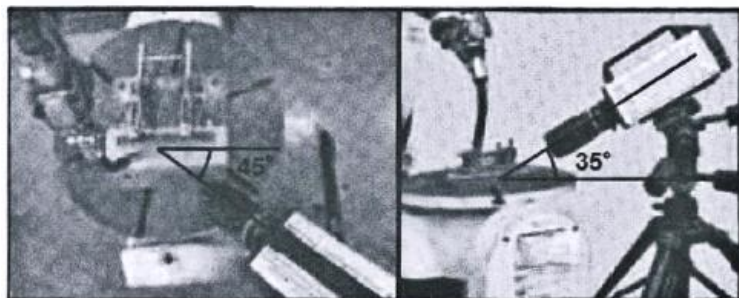


図 276-2 高速度カメラシステム

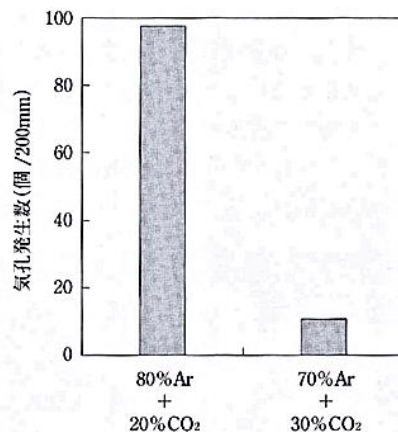
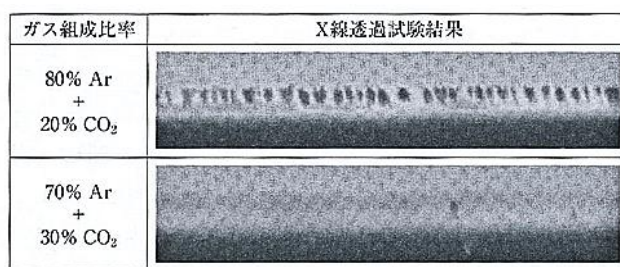


図 276-3 シールドガスとブローホール発生数の比較

図 276-4 は図 276-3 で溶接した時の X 線撮影を示す。20%CO₂ では、連続的にブローホールが発生しているが、30%CO₂ ではブローホールの数が大幅に低減、そのサイズも小さいことがわかる。

図 276-5 は、高速度カメラで撮影したアーク直下の溶融池の代表的な状態を示す。30%CO₂ の方が溶融池の凹み幅が大きくなっていることがわかる。また、動画観察では 20%CO₂ は溶融池の凹みの開閉状態が不規則であることが確認できた。一方、30%CO₂ では、溶融池の凹み幅が広く凹みの状態がより安定していた。



※ X線透過試験結果は、溶接ビード50mm部分を示す。

図 276-4 X線透過試験結果

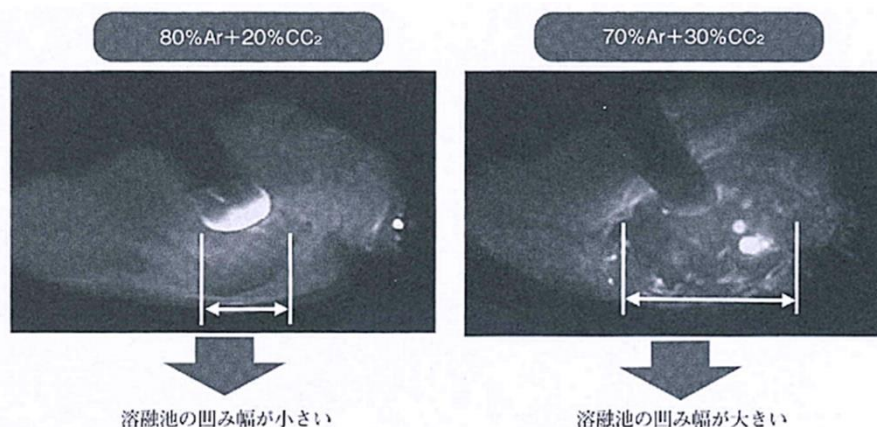


図 276-5 溶融池形状の比較

このように、シールドガス中の CO₂ 濃度の増加によってアーク直下の露出を促進させることがわかった。これは、CO₂ の解離熱によってアークが緊縮することで、電流密度が上昇し、アーク力が上昇する。アーク力が上昇すると溶融金属を押し広げるため、溶融金属を押し広げ安定した凹みが維持されると考えられる。したがって、CO₂ の解離熱によるアークの緊縮がアークの硬直性を向上させるという従来知見のみならず、アーク力も増加させることによってアーク直下の露出を促進させ、亜鉛蒸気が溶融池に混入することを防いでいると考えられる。

2. 電流波形制御による気孔低減効果の検証

2-① 低周波重畳パルス溶接法と気孔発生数の関係

低周波重畳パルス溶接法を用いる効果はすでに一般的な知見となっているが図 276-6 の結果からもみるように切り換え周波数を 10Hz ~20Hz にすることによりブローホール低減効果が期待できるという結果を得たとしている。

ここまでは亜鉛めっき鋼板における気孔低減について述べてきた。しかし、亜鉛めっき鋼板の溶接におけるもう一つの課題は、スパッタが大量に発生することである。

前述した 30%CO₂ 条件を用いた気孔低減方法においては、パルスマグ溶接法を用いても 1 パルス 1 溶滴を実現することができず、スパッタ発生量がより多くなる。本連載の最終回をむかえるにあたり、スパッタが発生しやすい状態であっても気孔発生数の低減効果が期待できる実用例について以下に紹介する。

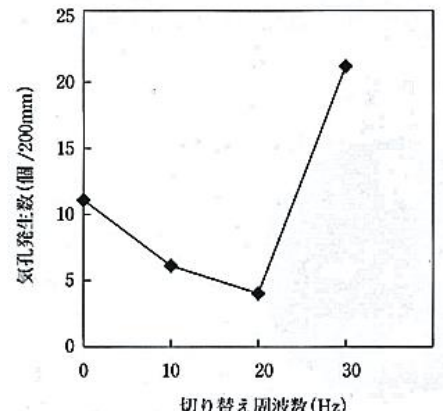


図 276-6 低周波重畳パルスと気孔発生数の関係

3. 亜鉛めっき鋼板の溶接におけるスパッタ低減

3-① 炭酸ガス濃度上昇によるスパッタ増加の原因

図 276-7 にスパッタ発生量増加の原因を示す。CO₂ 比率が増加するとアークの這い上がりが高くなり下がり、その結果溶滴切断性が低下。一方、アーク直下で噴出した亜鉛蒸気の吹き上げによって溶滴が飛散しやすくなり、それがスパッタ発生量の増加原因になる。

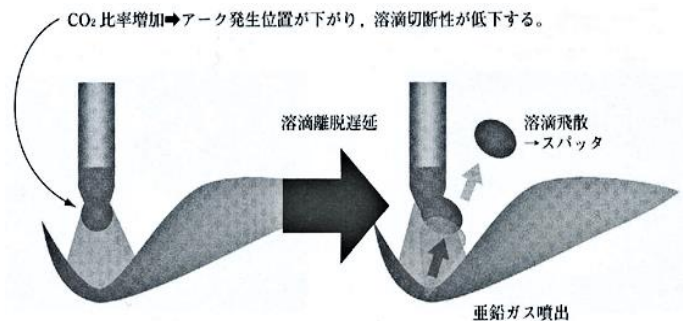


図 276-7 スパッタ発生量が増加する原因

3-② 溶滴移行の最適化

CO₂ 比率が 20%を超えるパルスマグ溶接において溶滴移行を安定させる方法として、パルスピーク電流を 2 段階に変化させる方法（以下 2 段パルス波形と示す）が開発されている。従来から使用されている矩形の溶接電流波形と合せて図 276-8 に示す。

30%CO₂ ガスを使用し、2 段パルス波形と従来の矩形パルス波形で溶滴移行の状態を比較した様子を図 276-9 に示す。従来の矩形パルス波形ではアーク発生位置が低いため、ワイヤ溶融部全体に電磁ピンチ力が働かず溶滴移行が不安定になる。そのため、亜鉛蒸気の吹き上げの影響を受けて溶融池以外の場所へ飛散したり、溶滴移行ができずに過大な成長をした溶滴が母材と短絡したりして、スパッタとなることが確認できた。

一方、2 段パルス波形ではアーク発生位置が高く、溶滴の成長、離脱ともに安定しており、スパッタの発生が少なくなることが確認できた。

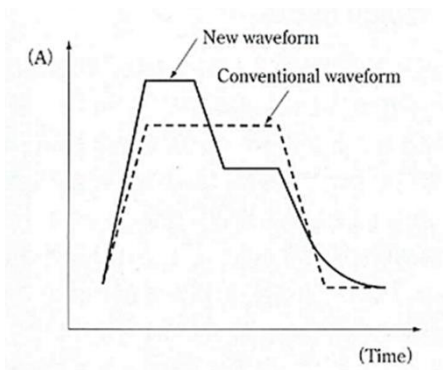


図 276-8 パルス電流波形

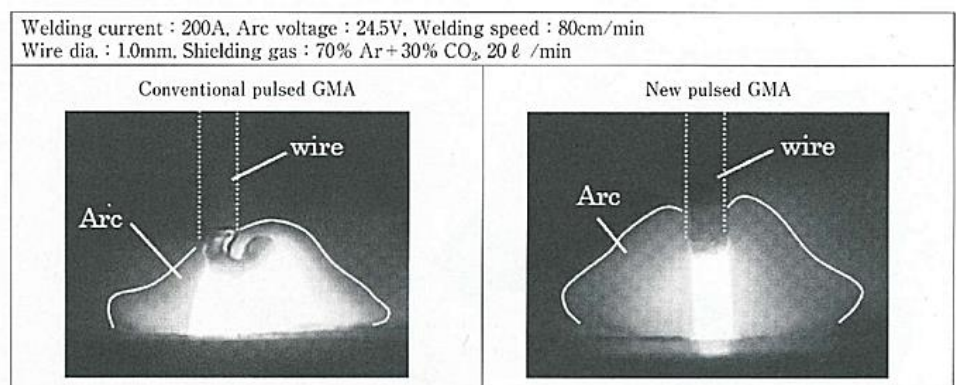


図 276-9 パルス電流波形が溶滴移行に及ぼす影響の比較

3-③ ワイヤ径の小径化によるスパッタ低減の方法

図 276-10 にみるように、ワイヤ径の小径化による効果は大きく、スパッタ低減を図ることができる。

3-④ スパッタ発生量の検証

<検証条件>

- * シールドガス；20%CO₂ と 30%CO₂
- * 溶接法；2 段パルス波形の低周波重畳パルスマグ溶接法
- * ワイヤ径；1.0mm と 1.2mm
- * 適用ワイヤ；前話の表 275-1 で示した気孔低減効果の
の低い低 S，低 Mn 成分のワイヤを適用
- * 溶接継手；重ねすみ肉継手
- * その他の条件；表 276-2 参照

表 276-2 溶接条件

Base metal	Galvanized steel sheet (Zinc amount : 45g/min ²)
Wire	Development wire 1.0mm dia, 1.2mm dia
Shielding gas	80% Ar+20% CO ₂ 70% Ar+30% CO ₂
Wire feed rate	10.4m/min, 7.3m/min
Welding current	200A
Arc Voltage	24.5V

スパッタ発生量の比較を図 276-11 に示す。20%CO₂ 条件では約 1.5g/min に対し 30%CO₂ 条件では 2.3g/min と増加。一方、ワイヤ径 1.0mm でのスパッタ発生量は 30%CO₂ 条件でも約 0.3g/min であり、ワイヤ径 1.2mm と比較して大幅なスパッタ低減効果を示した。

シールドガスに 30%CO₂ を使用した時のそれぞれのワイヤ径のビード外観，X線透過試験，溶接中に飛散するスパッタの様子を図 276-12 に示す。それぞれのワイヤ径にてビード外観を比較すると，1.2mm の場合はビード近傍のスパッタ痕が多量に見られ，溶接中の写真にも大粒のスパッタが飛散している様子が捉えられている。それに対し，1.0mm の場合では，ビード近傍にスパッタ痕は殆ど認められず，また溶接中の写真からも分かるように大粒のスパッタが殆ど発生していないことも確認できる。このビードの X線透過試験を行ったところ，ブローホールの発生数が極めて少ないことも確認できた。

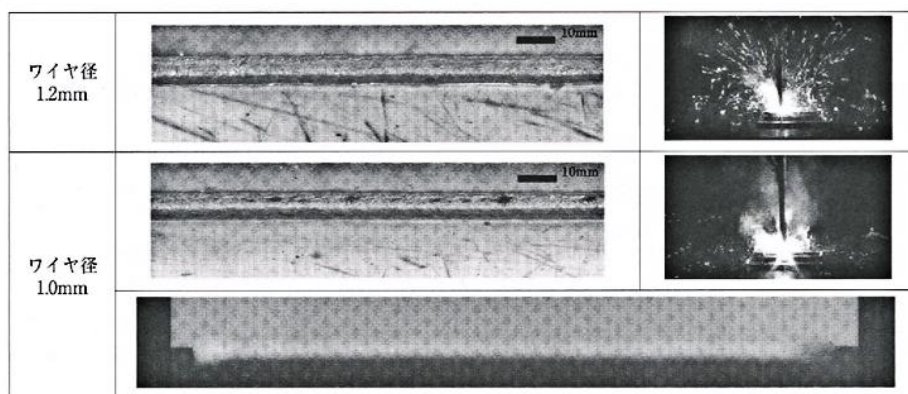


図 276-12 ビード外観と
スパッタ量の写真比較

以上より，ワイヤ材質とシールドガスの最適化および 2 段パルス波形と低周波重畳パルス溶接法を組み合わせ，さらにワイヤ径 1.0mm を用いることで，亜鉛めっき鋼板の溶接で課題となる気孔低減とスパッタ低減の両立が可能となる。

以上，4 回にわたった D 社の連載講座「亜鉛めっき鋼板の溶接」の紹介はこれで終了としますが，次話では，筆者の感想を少々述べさせていただく予定とします。了解下さい。

以上。

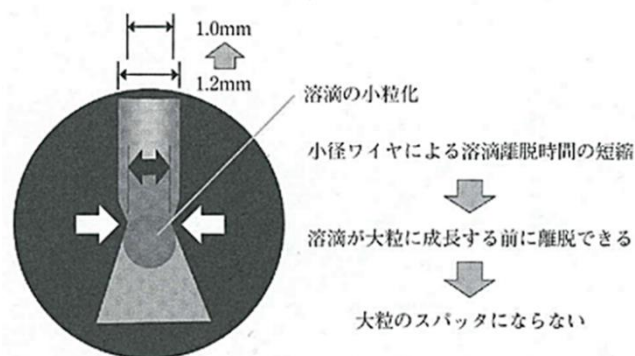


図 276-10 ワイヤ径の小径化の効果

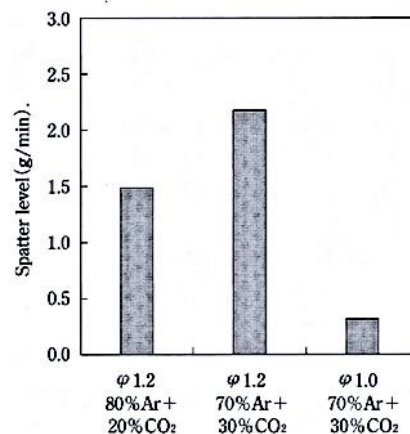


図 276-11 スパッタの発生量の比較