

第 274 話～第 276 話にわたって、D 社殿執筆の 4 回シリーズの連載講座「亜鉛めっき鋼板の溶接」について紹介してきました。1 回目、2 回目は施工の基本部分や溶接機進化による気孔抑制方法が紹介され、3 回目、4 回目は自動車部品に多く使用される薄鋼板の溶接に対して、最新の研究や実用例を交えながらの気孔低減方法やスパッタ低減方法について紹介がなされた。

とくに後半の実用例においては、以下のようにまとめられている (4 回目)。

・・・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。・・・

しかし、本連載で紹介した気孔低減方法がすべてではない。・・・安定した溶接施工を実現する一助として本連載がお役にたてば幸いである、とも述べられている。

以上を踏まえて、筆者が大同特殊鋼勤務時に多少なりとも、亜鉛めっき鋼板の溶接技術に係わってきたものとして、1990 年代に力点を置いた考え方の一部を以下に述べさせていただきます。

1) シールドガス中に O₂ ガスの添加により ZnO として Zn 蒸気生成を抑制し、無害化するという考え方

* 亜鉛めっき鋼板の溶接における考え方の冒頭で、筆者が常にコメントしていることは、亜鉛めっき層を多く溶かし、亜鉛蒸気を沢山生成させてから、それらを抑制、排出するというのでは手遅れ。めっき層をむやみに溶かさないうか、もしくは酸化亜鉛 (ZnO) にして無害化させるという考えが必要と、常に強調してきました。

関連文献*¹⁾ のひとつを示し、関連の記述部分を以下に引用します。

.....

5. 亜鉛の気化抑制方法 (p479～481 より抜粋)

.....亜鉛の化合物の中で、酸化亜鉛は鉄の融点よりはるかに高い昇華温度を持ち常圧下では 1720℃ で昇華し、加圧下では 2000℃～2250℃の融点を持つ。そこで、比較的容易に実行可能な手段として、シールドガスに酸素を添加して、溶接中に亜鉛の酸化を促進する方法について検討した。

5.1 亜鉛酸化の効果

図 277-01 は MAG 溶接において、シールドガスに酸素を添加した場合の、ブローホール発生量に与える影響を示している。ブローホールの計数は 0.5mm 以上の大きさのものについて行った。ここでは重ね継手の間隙の影響を考慮しなくて済むように平板を用い、母板の傾斜角を変えて横向ビードオンプレート溶接を行った。母材が水平に置かれている場合、通常はブローホールが形成されることはないが、傾斜されることによって溶融池

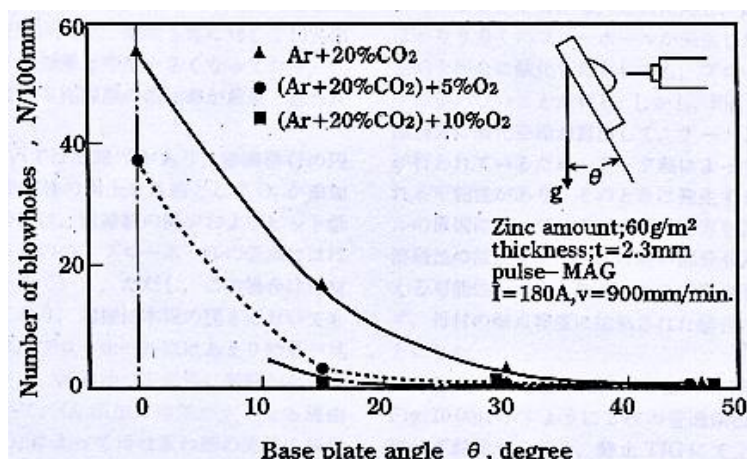


図 277-01 ビードオンプレートによる添加酸素の効果

が垂れ下がり、下側の溶融池止端部がオーバーラップ状態となって、めっき層を覆うようになる。溶融金属に覆われた部分で気化した亜鉛の一部は、溶融池の中に残留すると考えられ、母材が鉛直に近づくほどブローホールは増加する。図は酸素が添加されることによって、ブローホールが減少することを示しており、亜鉛の酸化が促進されて気化が抑制されたものと考えられる。

重ねすみ肉溶接における酸素混合の効果を図 277-02 に示した。重ねすみ肉継手の場合は、板合わせ部の間隙の有無がブローホール発生量に大きく影響する。したがって横軸には板合わせ部の間隙をとって整理した。なお、溶接中には熱歪みによって間隙が変動するため、その影響を避けるよう考慮する必要がある。そのため、ブローホールの発生状況が安定している部分で、ブローホール数を測定するとともに、その部分毎に 2 ヶ所を切断して溶接後の間隙を測定し、その平均値を横軸の値とした。

間隙の拡大とともに、何れの場合もブローホールは減少している。その理由は、間隙の拡大に伴って、界面張力による溶融金属のへこみ抑制作用は弱くなり、ブローホール形成に必要なガス圧は低下するものの、一方では未溶融部の板間へガスが流れる抵抗はそれ以上に著しく低下するためと考えられる。

また、間隙増大の効果に加えて酸素が添加されることによって、ブローホールが減少することがわかる。その効果は間隙がゼロの場合には僅かしか認められないものの、間隙が大きくなると効果の割合が大きくなり、特に 0.2mm~0.4mm の場合に著しい。また、酸素 5% に対して 10% 添加された場合には、その効果はやや小さくなっており、10% 以下の範囲ではおよそ 5% 程度の添加率が最適と思われる。

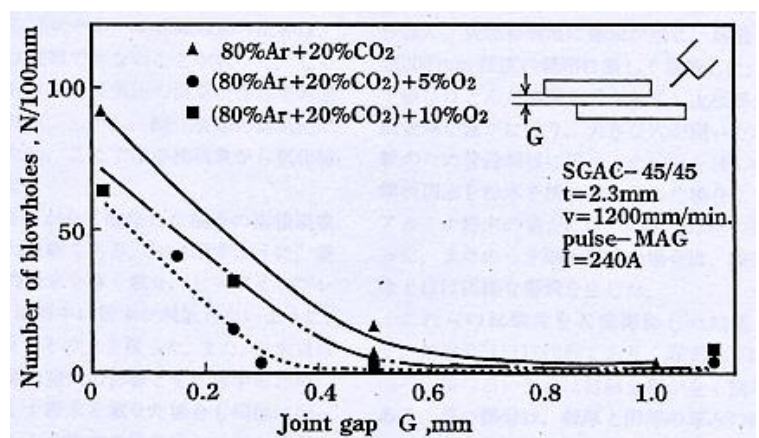


図 277-02 重ねすみ肉溶接における添加酸素の効果

本報において、溶融池の安定性に影響がない程度の僅かな間隙において、O₂ 添加の効果が大きくなる理由は、間隙に流れ込む O₂ によって母材重ね部の亜鉛の酸化が促進され、気化が抑制されたためと考えられる。

2) 亜鉛めっき鋼板の溶接における三元ガス (Ar+20%CO₂+5%O₂) の適用・評価例

一般的に亜鉛めっき鋼板の溶接はパルスマグ溶接が適用されることが多い。必然的に溶接速度 (cm/min) は少なくとも 70cm/min 以上となる。いわゆる高速溶接性が求められる。

また、パルスマグ亜鉛めっき鋼板の溶接部要求特性は、D 社の連載講座で示された耐ブローホール性およびスパッタの抑制の他にビード幅、ビード形状を含めたビード外観がある。

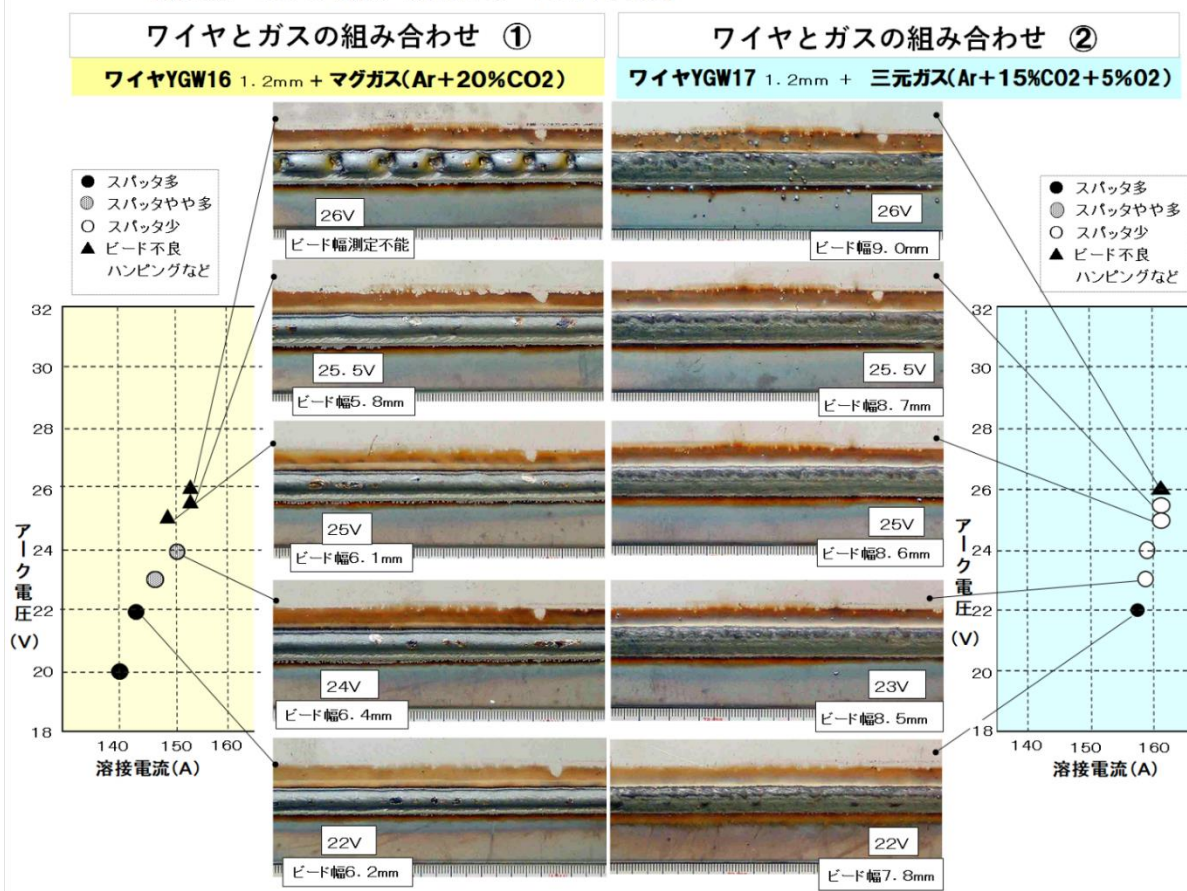
これらの要求特性に対して、三元ガスの適用は効果を発揮し、かつ三元ガスにマッチングする溶接ワイヤ (YGW17 系) を適用すれば満足できる結果を得ることができた、と考えます。

これらの一例を以下に示しておきます。

図 277-03 に示す溶接ワイヤとシールドガスの組み合わせによるビード形状の改善事例をご覧ください。溶接技術だより第 126 話に掲載したものと同じですが、三元ガス中の O₂ の効果を引き出すために、YGW17 の脱酸元素である Si 値の低いことに着目した適用になっています。Si 値が高い場合 (≧0.60%) は添加した O₂ ガスが SiO₂ として喰われ、効果が半減するためです。

図277-03 パルスマグ溶接における溶接ワイヤとシールドガスの組み合わせによるビード形状の改善

固定条件： 2.0 t 45/45亜鉛メッキ鋼板(上板側) + 2.0 t 普通鋼板(下板側) 重ねすみ肉溶接 溶接速度 8 0 cm/min 突き出し長さ15mm
溶接電源：パルスマグ溶接機 溶接方法：アークロボットによる



3) 普通鋼板におけるマグガスと三元ガスの比較事例 (図 277-4)

* 高速溶接時のビード形成性の改善が可能です。

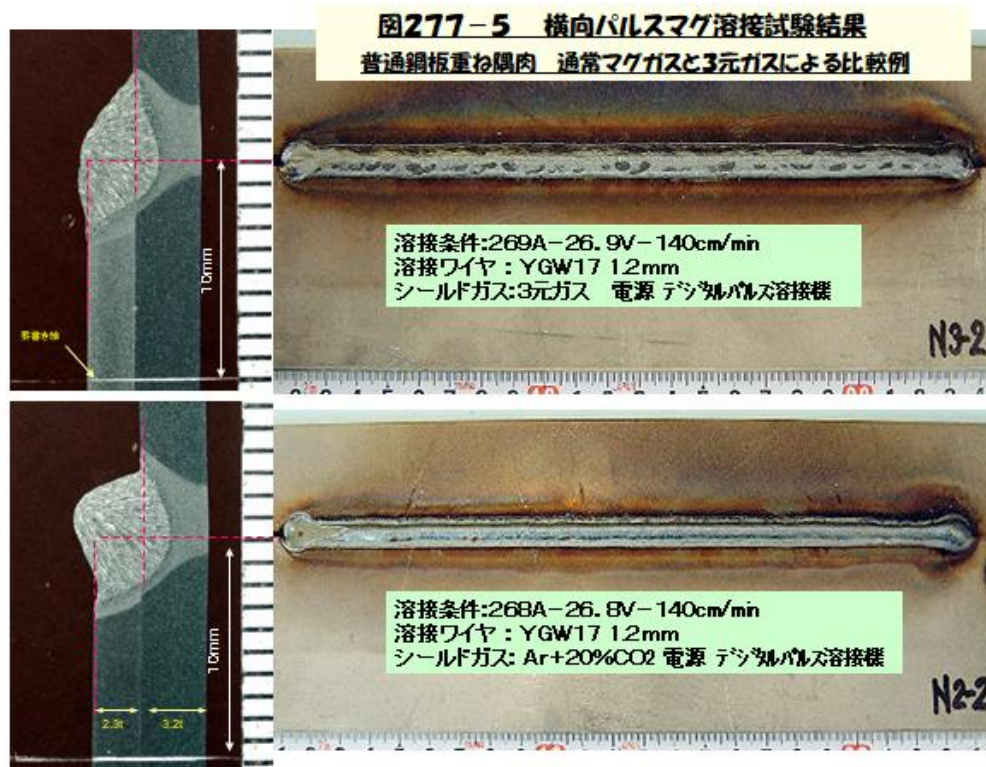
図277-4 パルスマグ溶接における溶接ワイヤと混合ガスとの組み合わせによるビード形状の改善

2. 3t普通鋼板の重ねすみ肉高速溶接におけるビード外観観察結果

*** 固定溶接条件 ***
◇ 2. 3t 普通鋼板重ねすみ肉溶接
◇ 突き出し長さ15mm
◇ 溶接電源: デジタル制御パルスマグ溶接機
◇ 溶接方法: アークロボットによる

溶 接 速 度 (cm/min)	YGW16 1.2mm+通常マグガス(Ar+20%CO ₂)	YGW17 1.2mm+三元混合ガス(Ar+15%CO ₂ +5%O ₂)
120	233A-27. 0V-ワイヤExt. 15mm トーチ前後角なし、トーチ傾斜角: 垂直より30°	235A-27. 0V-ワイヤExt. 15mm トーチ前後角なし、トーチ傾斜角: 垂直より30°
150	255A-28. 0V-ワイヤExt. 15mm トーチ前後角なし、トーチ傾斜角: 垂直より30°	270A-28. 0V-ワイヤExt. 15mm トーチ前後角なし、トーチ傾斜角: 垂直より30°
180	280A-28. 0V-ワイヤExt. 15mm トーチ前後角なし、トーチ傾斜角: 垂直より30°	295A-28. 0V-ワイヤExt. 15mm トーチ前後角なし、トーチ傾斜角: 垂直より30°

* 図 277-5 にみるように、横向パルスマグ溶接において溶接ワイヤを YGW17 と同一にしても、シールドガスの種類によってビード形成性が大きく違ってきます。低 Si 系 YGW17 ワイヤと O₂ を 3～5 % 含有した 3 元ガスの組み合わせでは、ビード形成性に効果を発揮できます。



3) ワイヤ径 1.0mm について (筆者コメント)

D社の連載講座のなかで 1.0mm ワイヤの効用が示されていましたが、溶接ワイヤの製造、研究開発に携わってきた筆者にとってはそんなに目新しい事象ではないと感じます。

本溶接技術だよりの過去号にても触れていますが、数百台の溶接設備を抱えるユーザにおいてスパッタ抑制の課題が出された時、頼るべきは溶接ワイヤ径を 1.2Φより 1.0Φに切り換えて達成した事例などを紹介したことがあります。手持ちの溶接電源などは、Welbee 電源が開発されてかと言ってすぐに大幅に更新できるものではありませんが、溶接ワイヤ径の変更によるスパッタ対策は容易な対応のひとつです。

しかし、細かいことを言えば 1.2Φワイヤで統一して購入、適用中のユーザ殿にとっては他の細径ワイヤに切り換えることには、購入管理部門から声があがる場合もあると多く聴いています。

なお、D社連載講座の第 4 回目におけるワイヤ径の小径化によるスパッタ低減方法のなかで、・・・ワイヤ径を 1.0mm とする場合、径がわずか 0.2mm しか変わらないが、・・・と表現されていますが、ワイヤ径と、電流密度、溶融速度などの関係においては二乗で効くため、わずかーしかの考えは当たらず、影響が大きく現れます。

次話ではD社文献紹介の最終として、シンクロフィード GMA 溶接法とその概要について引用し、紹介をさせていただきます。

以上。

***** 文 献 *****

* 1) 溶接学会論文集 第 15 巻 第 3 号 p476-483(1997)

溶融亜鉛めっき薄鋼板の高速アーク溶接における気孔の低減 松井 仁志・鈴木 弘・山田 幹雄