特 集

ロボット溶接の
キーテクノロジー(その2)

⑤ 最新の溶接材料による溶接プロセスの 高能率化・高品質化*

菅 哲 男**

Increasing Efficiency and Qualifying of Welding Process by New Welding Materials*

by Tetsuo Suga**

キーワード：マグ・ミグ溶接，ソリッドワイヤ，フラックス入りワイヤ，シールドガス，高能率，品質向上，環境改善

1. はじめに

アーク溶接材料の発展をみると、「高能率」，「品質向上」などを大きなテーマとして，種々の製品が開発，実用化されてきている。一方，溶接の自動化・ロボット化の進展に呼応して，マグ（含む CO_2 ）・ミグ溶接材料がアーク溶接材料の主役として拡大している。ここでは，マグ・ミグ溶接材料について，その使用動向及び高能率化・高品質化などの技術状況について概説する。

2. 使用動向

溶接材料の全生産量は，経済情勢に呼応して，1987年の約29万トン／年を底として回復基調にあったが，1991年の約42万トン／年を境に減少傾向にある。品種構成については，ここ10年間では被覆アーク溶接棒が半減し，これに代わりマグ溶接（炭酸ガス溶接を含む）ワイヤが2倍近く増大している。また，ワイヤの中では，フラックス入りワイヤ（以下FCW）が伸びており，現在ではサブマージアーク溶接材料を追い越している。なお，日本におけるマグ・ミグ溶接ワイヤの割合は，約65%である。ワイヤが伸長したのは，その高能率性と溶接の自動化の進展によるものであり，ロボットの普及がこの発展に拍車をかけている。マグ・ミグ溶接ワイヤの増加傾向は，今後とも同様と見込まれる。

次に，マグ・ミグ溶接用のシールドガスについてであるが，現状では CO_2 が約75%と多く，次いで $\text{Ar}-\text{CO}_2$ が約17%と多い¹⁾。将来的には現状と大差ないものの， CO_2 より $\text{Ar}-\text{CO}_2$ への若干の変更が予想されている。全体的には，日本におけるマグ・ミグ溶接のシールドガスは当面 CO_2 が主流であろう。

3. 技術状況

マグ・ミグ溶接の開発要望についての調査例（日溶協・溶接棒部会データ¹⁾）によると，ソリッドワイヤでは「スパッタ低減」の要望が強く，次いで「ビード外観改善」，「耐気孔性改善」，「高能率・高速性」の要求が多い。FCWでは，「ヒューム低減」，「耐気孔性改善」などの要望が出ている。なお，溶接ロボットを用いる場合のワイヤに対するニーズは，「スパッタ低減」，「高能率・高速性」などがクローズアップされている。以上のような能率向上，品質向上などの要求に応える，マグ・ミグ溶接ワイヤの開発・実用化が種々に行われている²⁾。以下にその技術状況について述べる。

3.1 スパッタの低減

炭酸ガスアーク溶接ではスパッタの問題が根強く残っており，これに関する研究・開発も多い³⁾。スパッタの低減などを目的として $\text{Ar}-\text{CO}_2$ 混合ガス溶接は拡大しつつあり，パルス電源との組合せによってその良が見直されている。ソリッドワイヤによる炭酸ガス溶接において，ワイヤ成分の調整（低C，高Si，高Mn系）により従来ワイヤの約1/5にスパッタを減少させた低電流域用の“低スパッタ・ソ

*原稿受付 平成7年6月21日

**正 員 (株)神戸製鋼所 溶接事業部 Member
Kobe Steel, LTD., Welding Division

図1 低スパッタ・ソリッドワイヤ (YGW 12) のスパッタ発生量⁴⁾

リッドワイヤ (YGW 12)”が開発されている⁴⁾ (図1)。自動車、電機などの薄板業界での評価が待たれる。一般に、スパッタはワイヤ中の Si, Ti, Mn の増加, C, Al の減少により、短絡時のスパッタが抑制されて減少するとされている⁵⁾。また、自動車などの薄板高速溶接の低スパッタ化を図った“低スパッタ・パルスマグ溶接ソリッドワイヤ”などもみられる⁶⁾。

なお、FCW の使用は、炭酸ガスアーク溶接の低スパッタ化に有効であることは言うまでもない。FCW は、中厚板業種の造船、橋梁などで広く使用されており、特に鉄骨、産機などの分野では、スラグ発生量がソリッドワイヤと同等である“中厚板用メタル系ワイヤ”の普及が進んでいる⁷⁾。

3.2 耐気孔性の向上

造船、橋梁などのペイント塗布鋼板すみ肉溶接での気孔（ピット、ガス溝など）発生は、古くて新しい問題である。

ここ数年、造船、橋梁などではプライマー（無機ジンク系）鋼板での耐気孔性が良好な“すみ肉用メタル系 FCW”が普及している。図2に示すごとく、従来ワイヤに比較して耐気孔性が良好で高速化も可能である。本メタル系ワイヤでは、気孔源となるガス（H₂, CO など）の浮上を容易にするために、スラグ粘度の減少などの工夫がなされている。すみ肉用メタル系 FCW は、小組立ロボット、簡易自動機など

図2 すみ肉用メタル系 FCW の耐気孔性

図3 すみ肉用メタル系 FCW の適用例 (造船)

図4 亜鉛メッキ鋼板用ソリッドワイヤの耐気孔性

の組合せで用いられて、ペイント塗布鋼板すみ肉溶接の品質改善に役立っている (図3)。また、造船、橋梁などの多電極ラインウェルダでは、耐気孔性に優れる専用メタル系下 FCW と組み合わせて、ツ

図5 各種マグ溶接法の能率性比較

インタンデム溶接を行う「2電極1プールCO₂溶接法」の採用が増えてきている²⁾。なお、橋梁などを対象としたウオッシュプライマー塗布鋼板用ワイヤ（高水素タイプ）の開発もみられる⁷⁾。

次に、薄板分野では、耐食性の向上を目的として亜鉛メッキ鋼板の使用が急増しているが、これの溶接では亜鉛蒸気に起因して気孔（ピット、ブローホール）発生の問題がある。これに対して、パルスマグ溶接で用いる“亜鉛メッキ鋼板用ソリッドワイヤ”が開発されている。図4は、耐気孔性の一例を示す。ワイヤ組成は、高Mn・SiのYGW17系で、溶融池の粘度を増加させることにより、亜鉛蒸気による気孔の成長、浮上を抑制するように設計されている。気孔発生が少ないと共にスパッタ量も少ないので、自動車、住宅などの薄板分野での溶接品質の向上に寄与している。

3.3 能率性の向上

鉄骨、建機などの厚板溶接の高効率化は、最近の入手不足の問題もあって重要な問題である。

これに対して、“厚板・大入熱用メタル系FCW”が開発されている^{2,8)}。本ワイヤの溶着速度は、同一、同一電流でソリッドワイヤより20%大きい。さらに、高速度ワイヤ送給装置を備えた大容量電源(600 A)との組合せで500 A前後の大電流にて行くと、従来のマグ溶接の約2倍(約200 g/min)の溶着速度が得られる(図5)。本ワイヤでは大入熱用にワイヤ成

図6 高効率・立向溶接スラグ系FCWの適用例(造船)

分の調整(Moの添加など)がなされているため、大入熱用及び高パス間温度での継手性能に優れている。なお、ソリッドワイヤでも、Ar-He-CO₂-O₂系の混合ガスを用いて大電流で溶接を行う“大電流マグ溶接用ワイヤ”が開発されている⁹⁾。

次に、造船、压力容器などの大型構造物の溶接では、立向や上向姿勢が多く、全姿勢用スラグ系FCWが広く用いられている。ここに紹介する“高効率・立向溶接スラグ系FCW”は、全姿勢用ワイヤであるが、特に立向上進溶接でのビードの垂れと耐ギャップ性が改善されている。最大300 Aの溶接電流が使用可能で(従来は最大250 A)、約20~30%の溶接高効率化が図れる。このFCWでは、スラグ成分の凝固

図7 各種マグ溶接法の耐溶落ち性比較

(a) Metal-cored Wire for Thin Plate

(b) Solid Wire

図8 耐溶落ち性の比較 (1.2mmφ, 100A, 2mmt)

点を高め、スラグによる熔融金属の支持力を増加させるなどが設計上において工夫されている。図6に、造船の大組立工程のロンジ・トランス溶接に適用されている例を示す。

3.4 耐溶落ち性の向上

自動車、電機などの薄板溶接では、溶落ち防止の

問題は溶接の高速性改善の点で重要である。

これに対して、パルスマグ溶接用の“耐溶落ち性良好なソリッドワイヤ”が開発されている。図7に、耐溶落ち性能の一例を示す。Arリッチ(Ar-5% O₂)ガスとの組合せで、従来のパルスマグ溶接に比較して限界ギャップが大幅に増大している。ワイヤ組成は、低Si・MnのYGW17系のもので、熔融池の表面張力を減少させることにより、熔融金属が架橋し易いように設計されている。このワイヤの使用により、溶落ち欠陥の発生は抑制され品質は改善される。

また、“薄板用メタル系FCW”の使用も、耐溶落ち性の改善に有効である(図8)。このワイヤは、ソリッドワイヤにて比較して溶込みが浅く、かつショートアーク溶接でのアーク安定性が良好であるために、溶落ち防止に効果がある。

4. 今後の発展

マグ溶接用ワイヤは将来的にも伸展し、自動化・ロボット化は、従来のソリッドワイヤに加えて今後はFCWによって推進される部分が多くなるであろう。ここで、現在普及しつつある「FCWとロボットの組合せ」は、将来ますます拡大していく傾向にある。前述したごとくマグ・ミグ溶接は、「能率向上」、「品質向上」、「環境改善」など大きな命題として技

図9 低ヒューム・全姿勢用スラグ系FCWのヒューム発生量

術開発が行われているが、今後は低ヒュームなどの「環境改善」がより一層クローズアップされよう。図9に、“低ヒューム・全姿勢用スラグ系FCW”の例を示す¹⁰⁾。この全姿勢用ワイヤでは、アーク安定例の調整、ワイヤの低C化などの工夫により低ヒューム化を達成している。以上のような「クリーンな溶接」を目指す動きは、今後も盛んになるであろう。

次に、マグ・ミグ溶接ワイヤが、ロボットとの組合せて多く用いられることを考えると、溶接ワイヤには特に溶接作業の連続性を維持できることが求められている。再アーク性、アーク安定性などに関連して、ワイヤ送給性・通電性、ワイヤ狙い位置の安定性などへの対応技術がますます必要になってい

う。

5. おわりに

以上、最近のマグ・ミグ溶接用材料を紹介しながら、溶接プロセスの高能率化・高品質化の状況についてその概要を述べた。今後、更にユーザー・ニーズにマッチした新しい用途の溶接材料が次々に開発・実用化されていき、溶接の自動化・ロボット化の発展に大きく寄与していくと思われる。

参考文献

- 1) 日溶協・溶接棒部会：業種別にみた各種溶接材料の現状と今後の動向調査，溶接の研究，3 (1991)，73-121.
- 2) 酒井，菅：最近のマグ・ミグ溶接の動向，溶接技術，41-2 (1993)，62-71.
- 3) 菅：スパッタはどこまで防止できるか“溶接材料からのアプローチ”，本学会誌，59-8 (1990)，17-21.
- 4) 後藤，森川，井上，越智，竹内，小貝，冷水：最近のCO₂高品質サリッドワイヤの動向，第118回溶接法（委）資料，SW-1864-88 (1988).
- 5) 荒井，六条，山田，菅：炭酸ガスアーク溶接におけるスパッタの発生，本会論文集，1-2 (1983)，177-182.
- 6) H. Matsui, H. Suzuki: The Effect of Current Wave Shape and Electrode Wire Contents on Metal Transfer in High Speed Pulsed MAG Welding, IIW Doc., XII-1161-90 (1990).
- 7) Y. Sakai, I. Aida, T. Suga, T. Nakano: Development of Various Flux-cored Wires and Their Application in Japan, IIW Doc., XII-1131-89 (1989).
- 8) 須田：高能率・低コスト溶接法，ジョイテック，12 (1991)，60-65.
- 9) 杉浦，竹内，冷水：大電流MAG溶接の溶滴移行に及ぼすワイヤ成分の影響について，第123回溶接法（委）資料，SW-1941-89 (1989).
- 10) 黒川，長岡，橋本：最近の軟鋼・高張力鋼フラックス入りワイヤの諸特性，神戸製鋼技報，45-1 (1995)，17-20.