高性能銅めっきなしマグ溶接 ソリッドワイヤの開発

黒川剛志¹⁾ 興石房樹¹⁾ 清水弘之¹⁾
伊藤崇明^{*} 横田泰之^{*}

1. 開発の背景

マグ溶接ソリッドワイヤは、鉄骨・自動車・建機など各種産業の主力溶接材料として幅広く適用されており、国内の溶接材料構成比の約半分を占めている。マグ溶接ソリッドワイヤに対して最も求められるワイヤ品質は、「ワイヤ送給性」や「アーク安定性」である。最近では溶接材料に対して、ISO 14000シリーズやグリーン調達に代表されるように、環境に対する要求が強くなりつつある。したがって、これからの溶接材料の技術発展を考えた場合には、「高品質」と「環境」という2つのキーワードが重要となってくる。

従来のマグ溶接ソリッドワイヤでは銅めっきを施すことが常識となっている。元来、銅めっきは給電チップでの通電を容易にすることや製造工程での伸線性確保の観点から施されている⁽¹⁾。しかしながら、ワイヤ品質面において、溶接中に発生する銅めっき屑がワイヤ送給性を劣化させる一因となっているとともに、銅めっき工程は廃液処理やエネルギー消費など環境対応の面から省略したい工程である。

このような状況の中で、究極的な高品質化と環境負荷低減を目指した「高性能銅めっきなしマグ溶接ソリッドワイヤ/SE(Smooth & Ecology)ワイヤ」の開発に取り組んだ⁽²⁾。SEワイヤは、銅めっきなしをベースとしてワイヤ表面の均一化を追求し、さらに最適なワイヤ表面処理により、高性能な特性を実現したマグ溶接ソリッドワイヤである。

2. SEワイヤの基本特性

(1) 優れた給電特性

図1に従来の銅めっきワイヤ表面の光学顕微鏡観察の一例

を示すが、めっき層の裂け目や鉄地の露出が観察されており、ミクロ的には均一な表面とは言えない。

図2に従来の銅めっきワイヤとSEワイヤのワイヤ表面長手方向に対しての接触電気抵抗の測定結果を示す。銅めっきワイヤの抵抗値の分布は低値と高値が混在しており、これは鉄地の露出部分などでワイヤ表面の電気抵抗が不均一になっているためである。一方SEワイヤの抵抗値は高位で安定しており、この均一性が給電安定性のベースとなっている。

次に実際の溶接における給電チップ内部の電流の流れ方について調査するために、図3に示すような3層給電銅板を

図1 銅めっきワイヤ(φ1.2 mm)表面の光学顕微鏡写真。

図2 ワイヤ表面の接触電気抵抗測定結果。

^{*} 株式会社神戸製鋼所溶接カンパニー技術開発部

1) 主任研究員

Development of Top Quality Non-copper-coated Solid Wire for MAG Welding; Tsuyoshi Kurokawa, Fusaki Koshiishi, Hiroyuki Shimizu, Takaaki Ito, Yasuyuki Yokota (Kobe Steel, Ltd)

2000年10月23日受理

図3 3層給電銅板による分流状態測定要領。

図4 3層給電銅板による分流状態測定結果(φ1.2 mm, Ar+20%CO₂, 300 A)。

用いて分流状態の測定を行った。図4に、測定した分流状態の一例を示すが、銅めっきワイヤは各給電銅板からワイヤに流入する電流の変動が大きいのに対して、SEワイヤは分流状態が非常に安定している。この優れた給電特性が後述する優れたワイヤ送給性とアーク安定性を生み出している。

(2) 優れたワイヤ送給性

ワイヤの送給性について、図5に示す測定装置を用いた評価を実施した。すなわち、溶接時の全送給抵抗(Fr)と、給電チップにおける抵抗(Tr)を、それぞれロードセルを使用することで個別に測定した。図6に銅めっきワイヤとSEワイヤの Fr と Tr の測定結果を示すが、SEワイヤの方が Tr が小さく、それと同期して Fr も小さくなっている。つまり、銅めっきワイヤでは給電不安定から給電チップで融着現象が起こっていると推測され、SEワイヤではその融着現象が抑えられ、優れたワイヤ送給性が得られていると考えられる。

(3) 優れたアーク安定性

溶接時のアーク安定性を評価するため、溶滴移行特性の観察を行った。図7に高速度カメラによる溶滴移行観察結果を示すが、SEワイヤの溶滴移行は細かく安定していることがわかる。さらに溶滴移行を定量的に評価するために、分光法により鉄の発光スペクトルの強度変化の測定ならびに周波数解析を行った。その結果を図8に示すが、SEワイヤは溶滴移行周波数が高く、かつ極めて規則的であることが明らかとなった。

図5 ワイヤ送給性測定装置概要。

図6 ワイヤ送給性測定結果(φ1.2 mm, Ar+20%CO₂, 300 A)。

図7 高速度カメラによる溶滴移行特性観察。(φ1.2 mm, Ar+20%CO₂, 260 A)。

3. SE ワイヤの商品特性

表1に示すように、SEワイヤのラインナップとして現状は、軟鋼および490 N/mm²級高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤの汎用4品種・SE-50, SE-50T, SEA-50S, SEA-50を揃えている。

すべてのワイヤとも優れたワイヤ送給性とアーク安定性を有しているが、ここでは代表として、SEA-50S(YGW15)についての商品特性を紹介する。

図9に、SEA-50Sの適用電流範囲を示すが、従来ワイヤと比較して適用電流範囲が著しく広がっている。低電流域は

図8 分光法による溶滴移行特性測定結果。
(鉄の発光スペクトル観察, $\phi 1.2$ mm, Ar+20%CO₂, 260 A).

表1 SE ワイヤのラインナップ.

品 種	該当規格 (JIS Z3312)	シールドガス	用 途
SE-50	YGW11	CO ₂ ガス	高電流用
SE-50T	YGW12	CO ₂ ガス	低電流用
SEA-50S	YGW15	Ar+CO ₂ 混合ガス	高電流用
SEA-50	YGW16	Ar+CO ₂ 混合ガス	低電流用

アーク安定性の面から、高電流域はワイヤ送給性の面から適用範囲が広がる。このことより、種々の溶接への適用が可能となるとともに、溶接の高能率化が達成できる。

図10に、溶接時のスパッタ発生量とヒューム発生量を示すが、どちらも従来ワイヤと比較して低減化が図れている。これらの特性も優れたアーク安定性から得られており、溶接の作業環境改善に貢献する。

4. 地球環境への対応

環境への負荷を、原料の調達・製造・使用・廃棄に至るすべてのプロセスにおいて定量的に評価する方法として、LCA (Life Cycle Assessment) という手法がある。図11に、LCA をSE ワイヤと銅めっきワイヤで比較評価した結果の一例を示す。SE ワイヤのLCAの値は、銅めっきワイヤに対して、固形廃棄物、CO₂ 排出、エネルギー消費のいずれの点においても低く、環境への負荷が非常に小さいマグ溶接ソリッドワイヤといえる。他の溶接材料と比較した場合でも、溶接スラグを固形廃棄物として考慮すると、被覆アーク溶接棒やフラックス入りワイヤでは、廃棄物の点でLCAの値が劣ってくることになる。SE ワイヤは全溶接材料の中で、総合的に見て最も地球環境に優しい溶接材料といえる。

5. お わ り に

SE ワイヤは、すでに鉄骨・建機・自動車などの各種産業において実用化されている。その中で、特に近年増加しているロボット溶接への適用性の高さが評価されている。つま

図9 適用電流・電圧範囲(YGW15/SEA-50S).

図10 スパッタ発生量とヒューム発生量(YGW15/SEA-50S).

図11 LCA(ライフサイクルアセスメント)の一例。

り、低スパッタ性に加え、銅めっき屑に起因するトラブルが解消されることにより、ロボット溶接稼働率の著しい向上が果たされている。

SE ワイヤは、高性能な商品特性から溶接トータルのコストダウンが図れるとともに、溶接の作業環境改善も含めた地球環境対応型の溶接材料として、将来的に広く適用されることが期待される。なお特許に関しては、国内外併せて10件以上の関連特許を出願済みである。

文 献

- (1) R. C. Shutt: Weld. J., 58-11(1979), 30.
- (2) 清水弘之: 神戸製鋼技報, 50-2(2000), 15.