How to 溶接！

フラックス入りワイヤを知っていますか？*

佐藤 正晴**, 須田 一師***, 長崎 肇****

How to Weld Using Flux-Cored Wires*

by Masaharu Sato**, Kazutoshi Suda***, Hajime Nagasaki****

キーワード：フラックス入りワイヤ，マグ溶接，フラックス，ルチール系，メタル系，
溶着速度，ステンレス鋼，炭素鋼

佐藤 正晴

須田 一師

長崎 肇

1. はじめに

平成7年度の日本の溶接材料の出荷量は約35.3万トンとなり，ここ数年の経済不況による減少傾向に歯止めがかかって増加に転じました。この内，ガスシールドアーク溶接用のワイヤは全溶接材料の約66%を占めていますが，中でもフラックス入りワイヤは前年度に比べて15.1%も出荷量が増えました。実はこのワイヤは，これまでの不況の中にあっても唯一増加し続けていた品種なのです。

最近ではフラックス入りワイヤの種類も増え，半自動溶接だけでなくロボットでの溶接にも適用が広がっています，そして今やフラックス入りワイヤは溶接材料全体の中でソリッドワイヤに次いで2番目の量を占めるようになりました。

従って本稿のタイトルに対しては当然「知っている！」と答えられる読者が大部分かと思います。そこで本レポートでは，単にフラックス入りワイヤの性能紹介ではなく，その特徴とは何か，なぜその特徴がうまれるのか，そしてどのような所に使用されているのかなどについて解説してみました。

2. フラックス入りワイヤとは

2.1 フラックス入りワイヤの種類

フラックス入りワイヤは，その名の示す通り，鋼製のシース（鞘）の中にスラグ形成剤，脱酸剤，合金剤，鉄粉などがフラックスとして充填されているワイヤで，図

1に示すようにさまざまな種類のものがあります。これらは炭酸ガスなどを流しながら溶接するマグ溶接用ワイヤが大部分で，他にシールドガスが不要なセルフシールドアーク溶接用ワイヤやエレクトロガスアーク溶接用ワイヤなどがあります。

フラックスに含まれるスラグ形成剤というのはルチール，珪砂と呼ばれる酸化物やフッ化物などですが，このスラグ形成剤の有無，性質などによってフラックス入りワイヤをスラグ系とメタル系とに大別することができ，またスラグ系はルチール系（チタニヤ系とも呼ぶ），塩基性系（ライム系とも呼ぶ）などに分類されます。分類されたそれぞれのワイヤの特徴については第4.1項で述べます。

2.2 フラックス入りワイヤの特徴

フラックス入りワイヤによる溶接の特徴は大きく分けて三つあります。

一つは溶接する構造物の種類や要求される継手の性

図1 フラックス入りワイヤの断面構造例

*原稿受付 平成8年6月14日

**正 員 (株)神戸製鋼所 Member, Kobe Steel, Ltd.

***正 員 日鐵溶接工業(株) Member, Nippon Steel Welding Products & Engineering Co., Ltd.

****正 員 日鐵溶接工業(株) Member, Nippon Steel Welding Products & Engineering Co., Ltd.

能、溶接姿勢などに応じて、様々な性能を引き出すことができるということです。フラックスの配合いかんで機械的性能を向上させたり、ビードの形状や溶接の作業性を変えたりすることができます。この特徴については「フラックス入りワイヤのなぜ？」の最も重要なポイントなので後でさらに説明します。

二つめはソリッドワイヤの溶接に比べて能率が上がるということがあります。

通常、フラックス入りワイヤによるマグ溶接では定電圧特性電源と呼ばれる溶接機を使用します。この溶接機のリモコンで溶接電流を調整したりするのですが、リモコンの「つまみ」は電流値そのものではなく、ワイヤの送り速度を設定しているのです。溶接電流はそのときのワイヤの溶けやすさの度合いで決まります。従って、つまみの位置を同じにして溶接すると、フラックス入りワイヤでもソリッドワイヤでも同じ速さで送給されますが、薄い鋼のシースでできているフラックス入りワイヤの方が溶けやすいために、溶接機の電流メータは低めに出てしまいます。

つまり溶接電流を同じにするためには、フラックス入りワイヤの送給速度を上げてやる必要があります。ソリッドワイヤに比べてワイヤがたくさん溶ける、すなわち溶接の能率が上がるということになるのです。図2¹⁾はフラックス入りワイヤの溶着速度がソリッドワイヤに比較して多いことを示しています。特にスラグ量が少く、ワイヤを送給した分だけ溶着金属になるメタル系フラックス入りワイヤの溶着速度が高くなっています。

また、立高溶接や上向溶接ではソリッドワイヤよりも高い電流で溶接することができるので、これも溶接の能率向上につながります。

図2 フラックス入りワイヤの能率性の比較

図3 フラックス入りワイヤの溶接外観例

三つめの特徴として外観の非常に優れた溶接ビードが得られるということがあげられます。溶接部が見える構造物では、スパッタがビードの回りに多く付着していたのでは商品価値がなくなります。フラックスの効果によりスパッタを減らし、また、スラグがビードの表面を覆うことによって滑らかなビードとなります。図3はフラックス入りワイヤによる溶接のきれいなビード外観の一例を示しています。

3. フラックスの働き

アーク溶接の世界でフラックスと言えば、溶接棒の表面に被覆してあるフラックスを思い浮かべるといえます。被覆アーク溶接棒では回りのフラックスより少し奥まった心線からアークが発生するようになります。アークを包み込むような形（いわゆる保護筒）となるフラックスはアークを安定させ、その成分は溶接部の性能を左右します。したがって、初期の研究者（といってもかなり以前のことですが）はフラックスはワイヤの外側になければならないと考え、被覆アーク溶接棒のようなワイヤを考案したこともあります。しかし、その後開発された炭酸ガスシールド溶接法を使うことによって、ワイヤの中に充填されたフラックスだけで多くの特徴を生み出すことができるようになりました。

前にも述べたように、フラックスはスラグ形成剤（ルチールや硅砂などの酸化物、フッ化物など）、脱酸剤（フェロシリコン、フェロマンガなど）、合金用金属粉、鉄粉などからできています。これらのフラックスの種類や配合の仕方はワイヤの性能や特徴を大きく変えるので、ワイヤを作るメーカーの門外不出のノウハウとなっています。ここでは、フラックス入りワイヤの代表的な特性とそれに関わるフラックスの一般的な構成、そしてなぜその特性になるのかについて、その一部を説明したいと思います。

3.1 スパッタが少ない！

炭酸ガスアーク溶接で発生するスパッタは、ワイヤ先端に形成される溶滴と、母材側の溶融池が短絡することや、溶滴が溶融池に移行する前にアークの力で吹き飛ばされることなどが主な原因として挙げられます。このときの溶滴が大粒であればスパッタも大粒となり、ビードの回りに付着してとれなくなります。逆の見方をすれば、溶滴が短絡することなく、小粒のままで溶融池に移ればスパッタは少なくなるということです。

溶滴の移行を左右する因子の一つに、表面張力というものがありますが、フラックスの組成で溶滴の表面張力を変えることができます。スラグ形成剤のルチール、脱酸剤のフェロシリコンなどを増やし、フッ化カルシウムなどを減少させると溶滴が小粒になり、大電流の溶接ではスプレー移行になってスパッタの発生が極めて少なくなります。図4¹⁾に示すように、ソリッドワイヤに比べるとフラックス入りワイヤ（チタニヤ系）でのスパッタ発生量は、ほとんどの溶接電流域で少なくなっていること

図4 炭酸ガスアーク溶接におけるスパッタ発生量の比較

図5 気孔欠陥の発生に及ぼすフラックス (ルチール) の影響

が分かります。

3.2 気孔欠陥(ピット、ブローホール)も少ない！

構造物の製作期間中に錆が発生しないように、鋼板の表面に防錆剤を塗ることがあります。このような鋼板のすみ肉溶接ではピット、ブローホールなどの気孔欠陥が発生しやすくなります。

この気孔欠陥は、防錆剤がアークの熱で分解してできた水素や一酸化炭素、亜鉛蒸気などが、溶けている溶融池の中に入り込むために発生します。これを防止するには、入り込む気体を減らすこと、そして溶融池が冷えて固まる前に外に放出させることがポイントになります。

フラックスの働きとして、フッ化物 (CaF_2 など) は水素が溶融池の中に溶解するのを防ぎ、また、図5²⁾に示したように、ルチールなどのスラグ形成剤を減らすと気孔が外へ逃げやすくなり、欠陥の数が減少します。図6¹⁾は、このような配合のメタル系フラックス入りワイヤの気孔欠陥の発生状況をみたもので、ソリッドワイヤに比べて欠陥が少なくなることが分かります。

3.3 高い靱性が得られる！

溶接金属の靱性は図7⁴⁾に示されるように、中に含まれる酸素量に大きく影響されます。このため、特に高靱性が要求される低温用鋼の溶接ではソリッドワイヤによるTIG溶接や酸素の少ないミグ溶接が使われていましたが、フラックス入りワイヤでも高い靱性が得られるようにという要求が当然のように出てきました。

図6 フラックス入りワイヤ (メタル系) の耐気孔欠陥性

図7 チタニヤ系フラックス入りワイヤの溶着金属の衝撃特性に及ぼす酸素の影響

溶接作業性が優れているフラックス入りワイヤは、ルチールなどを多く含んでいます。ところがその化学式 (TiO_2) を見ても分かるように、フラックスの原料そのものに酸素を含んでいます。また、炭酸ガスシールド溶接をすると、炭酸ガス (CO_2) から酸素が発生します。

そこで、前に述べたフラックスの原料である脱酸剤の登場となります。脱酸剤の種類や配合量を、その他のフラックス成分とバランスさせながら調整していくと、良好な溶接作業性を損なうことなく、低温でも高い靱性が得られるようになります。

従来は溶接金属中の酸素量が600~900 ppm だったものが、低温鋼用に開発された最近の炭酸ガスアーク溶接用フラックス入りワイヤでは450~500 ppm 程度まで下がったものがあり、-60℃の低温でも衝撃吸収エネルギーが100 J前後になるものがあります。

3.4 立向上進溶接が容易なのはなぜ？

ソリッドワイヤで立向上進溶接をしようとするとき、溶接電流を低め (例えば1.2mmのワイヤでは140~180 A) にしないと溶融金属が垂れ落ちてしまいます。しかし、フラックス入りワイヤの中には、300 A ぐらいの電流でも立向上進溶接できるものがあります。ただでさえフラックス入りワイヤの溶着速度は大きいのに、溶接電流

を2倍近くも高めることができるのですから、溶接の能率はもっと高くなります。このワイヤのフラックス入りワイヤはどのような構成になっているのでしょうか。

まず、垂れ落ちようとする溶融金属を支えるために、フラックス中のスラグ形成剤を多くします。さらに脱酸剤の量を多くしたりアルミナを添加すると、スラグの粘性や凝固点が高くなります。つまり、粘りのあるスラグを多く作って溶融金属をしっかり支えること、これが立向上進溶接用フラックス入りワイヤの考え方です。図8²⁾はスラグ形成剤や脱酸剤の量が増えるにつれて立向上進溶接の電流を高くできるということを表しています。

3.5 ステンレス鋼を炭酸ガスで溶接できるのはなぜ？

ステンレス鋼といっても、全く錆びないということはありません。アルゴンと炭酸ガスの混合ガスを用いてステンレス鋼のマグ溶接を行うと、粒界腐食と呼ばれる現象が発生することがあります。これはステンレス鋼に含まれるクロムが炭素と結合してしまい、ステンレス鋼としての機能を低下させてしまうからです。この炭素はシールドガスの炭酸ガス(CO_2)から入ってきます。

このため、ソリッドワイヤの溶接では炭酸ガスは使用できず、アルゴンと酸素の混合ガスを使いますが(ミグ溶接)、能率や溶接条件範囲が狭くなるという問題があります。ところが、フラックス入りワイヤを用いるとマグ

溶接どころか、炭酸ガスアーク溶接でも平気です。

図9³⁾はソリッドワイヤとフラックス入りワイヤを用いたときの溶接部の炭素含有量を比較したもので、フラックス入りワイヤでは、シールドガス中の炭酸ガスの量が増えても溶接部の炭素は増加しません。つまりクロムと反応せず、耐食性は維持されるというわけです。これはフラックス中のルチールや珪砂といった酸性系の物質の働きによるものです。

3.6 セルフシールドはなぜシールドガスが不要か？

セルフシールドアーク溶接は、シールドガスが不要の溶接法です。この溶接法に用いるワイヤは、もちろんフラックス入りワイヤでなければなりません。

シールドガスは空気中の窒素が溶融金属に溶解するのを防ぐ役目を果たしますが、このシールドガスと同じ働きをフラックスに行わせる必要があります。フラックスとしては、フッ化カルシウム、フッ化バリウムなどのフッ化物やマグネシウムなどの蒸発しやすい物質などがあります。これらの物質はアークの熱でワイヤが溶ける際に多量のガスを発生させ、空気中の窒素がアークや溶融池の中に入るのを防ぎます。

さらに溶融金属に入ってしまった窒素を無害な形態にしてしまう脱窒剤(アルミニウムやチタンなど)や脱酸剤をフラックスの中に配合させ、風の強い屋外でもシー

図8 立向上進すみ肉溶接の適用最大電流に及ぼすスラグ形成剤及び脱酸剤の影響

図9 ステンレス鋼溶着金属の炭素含有量に及ぼすシールドガス中の炭酸ガスの影響

図10 セルフシールドアーク溶接法の耐風性

ルドガスが不要の溶接を可能にしています。

図10はセルフシールドアーク溶接での耐風性を評価した結果です。ソリッドワイヤによる通常の炭酸ガスアーク溶接では風速2~3m/秒になると欠陥が発生しますが、セルフシールドアーク溶接では強い風の中でも溶接ができます。

3.7 他にもあるフラックス入りワイヤの特徴

上で述べた他にも特徴のあるフラックス入りワイヤが数多くあります。例えば、アークの力が增大するようにフラックスを調整したワイヤでは溶け込みが深くなり、また、ビードの盛上がりが良くなるので、鉄骨や建設機械の厚板の溶接に使われています。図11²⁾に他のフラックス入りワイヤと比較した溶込み深さの例を示します。

また、最近では溶接作業現場の環境改善にも関心が持

図11 メタル系フラックス入りワイヤによる溶込み深さの比較

たれ、“脱3K”への取組みが積極的になされています。特に溶接ヒュームに対しては、ワイヤ中の炭素やチタンの影響が大きいことが分かっており、更にアルカリ金属などをフラックスに添加して、従来のフラックス入りワイヤに比べて約25~30%のヒュームを低減したワイヤも開発されています。

4. フラックス入りワイヤの使い方

4.1 軟鋼/高張力鋼

(1) 材料選定方法

ワイヤの選定にあたっては、溶接する母材の材質や溶接継手として具備すべき品質、性能、溶接作業性及び作業環境への適合性等を総合的に考え溶接ワイヤの種類や銘柄を選択する必要があります。まず JIS 規格からの選択基準として、表1に示します JIS Z 3313 (軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ)があります。この規格はシールドガスの有無と種類及び溶着金属の特性(引張強さ、靱性、化学成分)、さらにワイヤ中に充填されるフラックスタイプにより区分されています。いずれの場合もフラックスタイプによりその特性が大きく変わるので、それを十分に理解した上でワイヤを選択しなければなりません。

フラックスタイプには、ルチール系(JIS 規格種類の末尾記号“R”), 塩基性系(同“B”), メタル系(同“M”)及びその他の系の4種類に区分されています。

以下にそれぞれの特徴を述べます

ルチール系のワイヤは最も一般的に用いられているフラックス入りワイヤで、アークがソフトでスパッタの発生が少なく、スラグがビード表面を均一に覆うので、滑

表1 軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ
(JIS Z 3313-1993 抜粋, セルフシールドワイヤ及び低温用鋼は除く)

適用鋼種	シールドガス	種類	溶着金属の主要化学成分 最大値（％）					引張性能	衝撃性能	
			C	Si	Mn	Ni	Mo	引張強さ (N/mm ²)	試験温度 (℃)	吸収エネルギー (J)
軟鋼	炭酸ガス (CO ₂) ・ アルゴン-炭酸ガス の混合ガス (Ar-CO ₂)	YFW-Z430X	0.20	0.90	1.50	—	—	420以上	0	27以上
軟鋼 および 490N/mm ² 級 高張力鋼		YFW-Z500X	0.20	0.90	2.00	—	—	490以上	0	27以上
		YFW-Z50DX								1.00
		YFW-Z502X				-20	27以上			
		YFW-Z50GX				—	—		—	—
590N/mm ² 級 高張力鋼		YFW-Z60EX	0.15	0.80	2.00	—	—	590以上	-5	27以上
		YFW-Z60FX								2.00
		YFW-Z602X				-20	27以上			
		YFW-Z60GX				—	—		—	—

備考1. ワイヤの種類を示す記号の付け方は、次の例による。

Y F W - Z 5 0 2 X

フラックスタイプ
(R: ルチール系, B: 塩基性系, M: メタル系, G: その他)
溶着金属の衝撃試験温度と吸収エネルギー
溶着金属の最小引張強さの水準
シールドガス
(C: 炭酸ガス(CO₂), A: アルゴン-炭酸ガスの混合ガス)
軟鋼及び高張力鋼用フラックス入りワイヤ
溶接ワイヤ

らかな美しいビード形状・外観が得られます。また、溶着速度が大きく、高電流での全姿勢溶接が可能です。

メタル系ワイヤは、フラックスの主成分が金属粉からなり、溶着速度が大きくスラグの発生が少ないので、高電流・高能率な連続多層溶接が可能なワイヤです。また、ソリッドワイヤに比べてスパッタ発生が少ないのでロボット溶接にも用いられています。さらに、塩基性系ワイヤは、フラックスの主成分がMgO、CaF₂、CaOと脱酸剤からなり溶着金属性能や耐割れ性に優れている反面、スパッタ発生が多くビード形状も凸気味となり、下向・横向溶接に限定されるワイヤです。

(2) 代表的な適用例

各産業分野別のフラックス入りワイヤの代表的な適用例を表2～4¹⁾に示します。最近では、造船・橋梁分野では、プライマ塗布（無機ジンク系）鋼板での耐ピット性に優れたメタル系すみ肉用ワイヤの開発とともに2電極で溶

表2 造船の主要部材へのフラックス入りワイヤの適用例

部 材	溶接継手	適用ワイヤ
ロンジ材 トランス材 など	水平すみ肉 (長尺物)	ルチール系全姿勢用 ルチール系すみ肉専用 メタル系すみ肉用
ロンジ材 トランス材 バルクヘッド ガーダ類 スティフナ類 など	全姿勢すみ肉 (立向下進溶接 を含む)	ルチール系全姿勢用 ルチール系E級鋼用
サイドシェル ボトムロンジ アッパーデッキ トップサイドタンク インナーボトム など	全姿勢突合わせ (片面溶接を含 む)	ルチール系全姿勢用 ルチール系E級鋼用 ルチール系低温鋼用 メタル系E級鋼用

(備考) シールドガス組成としては炭酸ガスを使用

表3 鉄骨の主要部材へのフラックス入りワイヤの適用例

部 材	溶接継手	適用ワイヤ
十字柱・梁貫通 (工場溶接)	柱、フランジ、 ウェブの板継ぎ	メタル系薄～厚板用
	柱、T、I組立 (フランジ×ウェブ) 及び柱十字組立 (ウェブ×ウェブ)	ルチール系全姿勢用 メタル系すみ肉用 メタル系薄～厚板用
	コアの組立 コネクションの組立 仕口部	メタル系薄～厚板用
コラム柱・梁貫通 (工場溶接)	コラム×ダイヤフラム (コア) コアダイヤフラム× 柱(大組)	メタル系薄～厚板用
梁(工場溶接)	T、I組立 (フランジ×ウェブ)	ルチール系全姿勢用 メタル系すみ肉用 メタル系薄～厚板用
柱貫通のH柱、十 字柱、コラム柱 (工場溶接)	仕口部	メタル系薄～厚板用
建方(現場溶接)	梁×梁 柱×梁 柱×柱	メタル系薄～厚板用

(備考) シールドガス組成としては炭酸ガスを使用

融池を1プール化にしてプライマを除去することなく、脚長5～6mmを溶接速度150cm/min以上の高速溶接で施工できる溶接法⁵⁾が実用化されています(図12)。従来の1電極法に比べ約2倍の高速化が達成されています。鉄骨・建設機械分野では、工事量の急増と溶接技術者の不足解消のため、高能率な溶接法、例えばシールドガスとして安価な炭酸ガスを用い大入熱溶接でも安定した高品質が確保できる厚板・大入熱用メタル系ワイヤの開発とともにワイヤを30m/minで高速送給し、600Aの大電流を使用する高電流密度溶接法⁶⁾が実用化されています。この方法の開発により、図13に示しますように溶着速度は従来のマグ溶接の約2～3倍にも達し、中・厚板溶接の高能率化、ひいては需要家でのトータルコスト低減に大きく貢献しています。さらに自動車・電気産業などの薄板溶接分野では耐溶落ち性の改善要望に対し、メタル系薄板用ワイヤも開発され、ソリッドワイヤに比較して溶込みが浅く、低電流域での安定したアークで溶落ち防止に効果が認められてきております。

このように溶接作業性、適用性、継手特性及び能率性などの選択基準も勘案して、それぞれの業種分野に合ったワイヤの採用が必要であります。

(3) 溶接施工上の注意事項

溶接条件などの諸因子の変動は、溶接作業性及び溶接

表4 橋梁の主要部材へのフラックス入りワイヤの適用例

部 材	溶接継手	適用ワイヤ
大 箱 桁	側板継溶接	下向片面突合わせ メタル系薄～厚板用 メタル系E級鋼用
	リブ材、ダイ ヤフラム材取 付溶接	水平すみ肉 (縦リブ) ルチール系すみ肉専用 メタル系すみ肉用
		水平、立向すみ肉 (リブ、ダイヤフラム) ルチール系全姿勢用
	ボックスの組 立溶接	下向突合わせ (かど溶接) メタル系厚板用
		立向上進突合わせ (ウェブ) ルチール系全姿勢用
		下向片面突合わせ (下フランジ) メタル系厚板用 メタル系E級鋼用
		上向片面突合わせ (上フランジ) ルチール系混合ガス 用、全姿勢用
鋼 床 鈑 溶 接	閉合リブ取付 溶接	水平すみ肉 メタル系すみ肉用
	鋼床鈑突合 わせ溶接(現地)	下向片面突合わせ メタル系厚板用 メタル系E級鋼用
橋 梁	橋脚突合 わせ溶接	横向片面突合わせ ルチール系全姿勢用

(備考) シールドガス組成として特に記載が無いものは炭酸ガスを使用

図12 2電極1プール高速すみ肉溶接の断面マクロ例
(溶接速度1.5m/min)

図 13 経済性比較

部の性能などに影響しますので、表5に示しますような溶接施工上の注意事項を予め十分に理解しておく必要があります。

4.2 ステンレス鋼

(1) 材料選定方法

ワイヤの選定にあたっては前項の軟鋼／高張力鋼と同様に、溶接する母材の材質や溶接継手として具備すべき品質、性能、溶接作業性及び作業環境への適合性等を考慮してワイヤの種類を選定する必要があります。その選定基準としては、JIS Z 3323（ステンレス鋼アーク溶接フラックス入りワイヤ）があり、主要なステンレス鋼の溶接に用いられる14種類のワイヤが規定されています。しかし、現在ではJISの規定以外にもワイヤも開発され、被覆アーク溶接棒と同程度の品種が揃えられています。また、下向溶接が主であった従来のフラックス入りワイヤに加え、立向姿勢でもビードが垂れにくく溶接が容易な全姿勢溶接用フラックス入りワイヤも開発されています。更に、ワイヤ径も標準的な1.2mm以外に0.8mm、0.9mmの細径ワイヤも開発され、薄板の溶接にも広く用いられています。

ステンレス鋼とステンレス鋼との共金溶接では、一般的に表6に示す一例のように母材と同一組成のワイヤで行います¹⁾。なお、SUS 304にYF 308 L、SUS 316にYF 316 L等の低炭素ワイヤを適用しても耐食性は問題ないが、引張強さが要求される場合には適さないためワイヤ選定の注意が必要です。また、ステンレス鋼と軟鋼などの異材溶接では材質の異なる母材の溶接となるので、それぞれの母材の性能、母材の影響による溶接金属の性能変化、溶接後熱処理の影響、対象溶接物の使用環境等を考慮し溶接ワイヤを選定する必要があります。一般的な異材溶接に適用するワイヤの例を表7に示します。炭素鋼とSUS 304等のオーステナイト系ステンレス

表 5 溶接施工上の注意事項

項 目	注 意 事 項
溶接面の清掃	開先面などに赤錆、ペイント及び油脂などを原則的に溶接前に除去します。
シールドガスの種類及び流量	使用するワイヤに合致した種類のシールドガスを使用し、ガス流量は、通常は20～25 l/min が適正です。
アーク発生	ワイヤ先端にスラグが付着していると、アークの発生が悪くなるため、先端を切断してからアークスタートをして下さい。
ワイヤの送給性	ソリッドワイヤに比べやや軟らかいので、送給ロールの締めつけはやや緩めに調節します。特にワイヤ径1.2φでは締めつけが強すぎるとワイヤ座屈の原因となります。
ワイヤ突出し長さ	溶接電流250 A以下では約15 mm、250 A以上では20～25 mmが適正です。ワイヤ送給速度が一定の場合、ワイヤ突出し長さが長くなると溶接電流が減少し、溶込みが浅くなります。また、シールド不足によりブローホールなどの溶接欠陥が発生し易くなります。逆に、短すぎると、ノズルにスパッタが多く付着し、シールドガスの流れが乱れブローホール発生の原因となりますので適正な長さを保つようにします。
溶接電流・アーク電圧	溶接電流の増加にともないワイヤ溶融量が増加し、母材への入熱も増えます。ビード形状は、ビード幅は広く、溶込み深さは深く、余盛高さは高くなります。アーク電圧は、アーク長さと比例的な関係にあり、アークの安定性、スパッタ発生、ビード形状に大きく影響を及ぼしますので、アーク長はできるだけ一定になるように溶接します。
溶接速度	半自動溶接の場合には、30～50 cm/minの範囲での使用が一般的ですが、溶接電流・アーク電圧、ビード形状及び積層時に発生する融合不良などの溶接欠陥防止も考慮して選定して下さい。
運棒方法	開先幅に応じてストレート法とウィーピング法の2種類を使い分けます。なお、ウィーピング法を用いる場合には、開先幅やガスノズル径などに応じて適正なウィーピング幅に調整して溶接して下さい。
スラグ除去	フラックスタイプにより連続溶接ができるものもありますが、原則的には各パス毎にスラグを除去して下さい。
ワイヤの保管	湿度の高い場所での運搬や保管に注意するとともに、開封後はワイヤはできるだけ早く使用して下さい。
風の影響	風の影響などによりシールドガスが不完全になるとブローホールやピットが発生しますので、風速2 m/secを越える場合には防風対策を取って下さい。

鋼との異材溶接では、高温割れ発生の危険性があるので、一般的にNi, Cr含有量の多いYF 309系のワイヤを用います。またクラッド鋼の溶接では、構造物としての強度が必要な母材部と耐食性が必要な合せ材それぞれにワイヤを選定する必要があります。クラッド鋼の溶接は、母材、境界及び合せ材に大別されます。母材側の炭素鋼又は低合金鋼は、母材と同一組成のワイヤを適用し、ステンレスクラッド鋼の境界及び合せ材は一般的に表8に示すワイヤを適用します。初層溶接は、母材側の炭素鋼又は低合金鋼と合せ材のステンレスとの異材溶接となるのでYF 309系のワイヤを適用し、2層目以降は共金溶接となるので合せ材と同一組成のワイヤを適用し

表 6 共金溶接の適用フラックス入りワイヤ

母 材	JIS Z 3323
SUS304	YF308 又は YF308L
SUS304L	YF308L
SUS316	YF316 又は YF316L
SUS316L	YF316L
SUS317	YF317L
SUS317L	YF317L
SUS321	YF347
SUS347	YF347
SUS309S	YF309 又は YF309L

表 7 異材溶接の適用フラックス入りワイヤ

母材の組合せ		JIS Z 3323
母材 A	母材 B	
炭 素 鋼 及 び 低合金鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼 (SUS304, 316, 347 等)	YF309 YF309L YF309MoL
	マルテンサイト系及びフェライト系 ステンレス鋼 (SUS403, 410, 405, 430 等)	YF309 YF309L

表 8 ステンレスクラッド鋼合せ材の適用フラックス入りワイヤ

合せ材の種類	肉盛層	JIS Z 3323
SUS304	初層 2 層目以降	YF309 又は YF309L YF308 又は YF308L
SUS304L	初層 2 層目以降	YF309L YF308L
SUS316	初層 2 層目以降	YF309Mo 又は YF309MoL YF316 又は YF316L
SUS316L	初層 2 層目以降	YF309MoL YF316L
SUS321 SUS347	初層 2 層目以降	YF309 又は YF309L YF347
SUS405	初層 2 層目以降	YF309 又は YF430 系 YF309 又は YF410 系

ます。同様に、肉盛溶接の初層は異材溶接であり、2 層目以降は共金溶接となります。肉盛金属の成分系別に、適用するワイヤの一例を表 9 に示します。

(2) 種類ごとの適用例

前述の用にステンレスフラックス入りワイヤは種類、ワイヤ径、ワイヤのタイプ等、多くの分野で適用できることを目的に品種構成が充実されてきています。その一例として、下向を主用途とした従来タイプのワイヤは、簡易走行台車等との組み合わせによりステンレス H 型钢を水平すみ肉溶接により、被覆アーク溶接棒の 5 分の 1 程度の作業時間で、能率よく製作を行っています。また全姿勢溶接用ワイヤは、下向、横向、立向と姿勢により電流を変える必要がなく溶接が行えることから、化工機、水門、造船等に多く用いられ効果を発揮しています。更に、0.8 mm、0.9 mm の細径ワイヤは、図 14 に示しますように板厚 1.5 mm 等の薄板溶接も可能であるため、従来の TIG 溶接に替わり能率よく溶接施工が行えます。

表 9 肉盛溶接の適用フラックス入りワイヤ

肉盛金属の成分系	肉盛層	JIS Z 3323
304	初層 2 層目以降	YF309 又は YF309L YF308
304L	初層 2 層目以降	YF309L YF308L
316	初層 2 層目以降	YF309Mo 又は YF309MoL YF316
316L	初層 2 層目以降	YF309MoL YF316L
347	初層 2 層目以降	YF309 又は YF309L YF347

図 14 ワイヤ径 0.9 mm による溶接継手の断面マクロ

以上のようにワイヤのタイプ、ワイヤ径等を溶接施工物、施工条件に合わせて選定することにより、高品質の溶接金属が高能率に得られております。

5. お わ り に

「フラックス入りワイヤが良いのは分かるが、なぜ良いの?」、「ソリッドワイヤとどう違うの?」、「どんな所で使用しているの?」というような疑問に対して解説を行いました。しかしフラックス入りワイヤによる溶接に関することは多岐にわたるため、説明しきれなかった面もあります。詳しい説明は、それぞれの参考図書にまかせますが、本レポートが実際に溶接をなされている方々の有益な資料となれば幸いです。

参 考 文 献

- 1) 日本溶接協会溶接棒部会：フラックス入りワイヤの実践，産報出版（1944）
- 2) 黒川他：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
- 3) 松下他：最近のステンレス鋼フラックス入りワイヤ，神戸製鋼技報，45-1, (1995) 21-24
- 4) 池本：フラックス入りワイヤによる炭素鋼溶接の実際，本誌，61-7, (1992) 13-17
- 5) Suzuki T et. al.: EVALMAT 89, (1989)
- 6) 須田他：高電流密度溶接法“Hi-WELD”の開発，圧力技術，31-5, (1993) 46-52