

2016 年 9 月 5 日

前 59、60 話では CO₂・マグ短絡移行溶接における波形制御による歩みとその考え方について説明してきました。そこで今回はそれら波形制御を適用した場合の影響と効果についてみることにします。なお、溶接機メーカーによって例えば同じ「ハード」設定と言っても強弱がありますので波形制御性能を事前に把握するとをお勧めします。筆者が過去に経験した影響と効果についてその傾向を表 061-01 に示します。

表061-01 波形制御設定の影響とその効果

項目	評価課題	波形制御設定レベルとその傾向		
		ハード側	標準	ソフト側
1	アークスタート性への影響	瞬時スタート性良好	↔	瞬時スタート性に劣る
2	アークエンド処理への影響	良好なエンド処理	↔	大粒スパッター発生しやすい
3	溶接速度への影響	高速溶接	↔	低速溶接
4	スパッター発生量とスパッター粒の大きさ	小粒スパッター多い	↔	大粒スパッター少々発生
5	油煙、磁気などの外乱に対するアーク安定性	アーク安定度 大	↔	アーク安定度 小
6	耐ブローホール性 & 耐ピット性	冷却速度大によりブロー、ピット発生やや多い	↔	冷却速度低下によりブロー、ピット発生やや減少
7	耐スラグ剥離性	スラグ剥離しやすい	↔	スラグ付着しやすい
8	溶接歪への影響	歪軽減の傾向	↔	歪増加の傾向
9	溶接入熱量への影響 平均入熱量Qは $Q(J/cm) = 60 \times \text{電流(A)} \times \text{電圧(V)} \div \text{速度(cm/min)}$ による	平均溶接入熱量を軽減 Q (J/cm) と併用で 考慮のこと	↔	平均溶接入熱量を増加 Q (J/cm) と併用で 考慮のこと

これらは厳密な数値として把握できていませんが順を追ってコメントします。はじめに①アークスタートへの影響は第 59 話でも触れましたようにハード設定が必要です。②アークエンドの場合はエンド処理として主溶接電流、主電圧を下げますので溶滴移行力が低下します。よってそれらを補うためにアーク特性としてはハード側への設定が望ましい。③溶接速度への波形制御対応はこれも第 59 話です。

に触れましたように高速化につれてハード設定が要求されます。速度が速いため1粒、1粒の溶滴移行を迅速化させる必要に迫られるからです。④**スパッター制御**ではスパッター粒の大きさと数の両方を見る必要があります。粒を小さくするにはハードが有利で、発生数を少なくするにはソフト設定が必要となります。アーク電圧が低い、アーク長の短い条件ではソフト設定ではアーク不安定になりやすいなど状況に応じて、アークへのイメージを常に描きながらハード、ソフトを選定して下さい。⑤**油煙、磁気など外乱への対応**ではこれもハード設定が要求されます。強く記憶に残る経験としては、溶接前工程の加工油の影響を受けやすい溶接品で困っておられたお客様があり、強めのハード設定をお勧めしたら不適合品が激減しました。やはりアークは周囲の油、水分による冷やし、ガス化による膨張圧力などには弱いので、アーク力を増加させて多少のスパッター発生を覚悟して乗り切る必要があります。最もふらつきやすいアークは100%正極性のアークで、周囲の磁気、油煙にすら動かされることを前もって承知しておいて下さい。⑥**耐ピット、耐ブローホール性への効果**は何と言ってもソフト設定が有利となります。これらの理由としては、アーク入熱量を増加させるソフト設定が熔融金属の冷却速度を遅らせ、熔融金属内に生成した気体生成物の浮上を助けることができるからです。⑦**スラグ剥離への影響例**として、ハード設定ではSiO₂を含むガラス状のスラグ成分が溶接ビード表面から容易に剥離しやすいのに対し、ソフト設定にすると溶接入熱量が上昇するため密着しやすくなるという事例があります。スラグ付着量を抑制するなどへの効果はありませんがCO₂・マグ溶接で必ず生ずるスラグ(FeO-SiO₂-MnOなど)をビード表面に密着的に残存させ塗装性への課題を少しでも緩和させる必要がある場合などは一度試して頂けたら幸いです。⑧**溶接歪への影響**は溶接入熱量Q(J/cm)の増減そのものです。ハード設定ではQは減少し、ソフト設定で増加します。歪対策には種々の方策がありますがCO₂・マグ溶接では短絡移行の低入熱対応が望まれます。⑨**溶接入熱量Q(J/cm)への影響**では、通常平均入熱量Q(J/cm)と同時にアーク特性制御の両方を常に考慮してください。アーク特性制御は図060-01④-②のハード、ソフト設定および③のアーク再生電流制御の有無にみられるように、溶接電流波形をコントロールできるので入熱量への影響は大変大きい。入熱量は前述の溶接歪をはじめ熱影響部の硬さおよび亜鉛メッキ鋼板溶接時のブローホール抑制などに影響が大きく、アーク特性制御への理解と実行が求められています。

なお、**お手持ちの保有設備におけるアーク特性制御の設定状況はいかがですか。** 自社溶接品の改善課題に合わせ、**表 061-02** に示すように、これらの設定への可能性を見出し適用して頂ければ幸いです。

表061-02 CO₂・マグ溶接機+アークロボットにおけるアーク特性制御 設定状況の診断

.....アーク特性制御の個別設定はどこまで可能ですか?

NO.	溶接設備 ロボット教示有り	「アーク特性制御方式」を、どの「溶接箇所」に、何個の「設定数」で、個別設定するか?		
	溶接電源	アーク特性制御方式	アーク特性制御 適用箇所	最大設定水準数
1	サイリスター	直流リアクトル (固定タップ)	個別設定不可	単独 (or 1)
2	↑	直流リアクトル (可変タップ)	個別設定 可	可変タップ数
3	インバーター	アーク特性ダイヤル設定	個別設定 可	ダイヤル設定数
4	フルデジタル	ロボット教示による設定	各ビード毎	ビード数
5	↑	↑	各ビード部位毎	ビード数×ビード部位
6	↑	ロボット教示による設定 & スパッター制御の有無	各ビード毎	ビード数
7	↑	↑	各ビード部位毎	ビード数×ビード部位
8	↑	アーク特性レベル スパッター制御の有無 CO ₂ ・マグ/パルスの切り替え	各ビード毎	ビード数
9	↑	↑	各ビード部位毎	ビード数×ビード部位

以上。

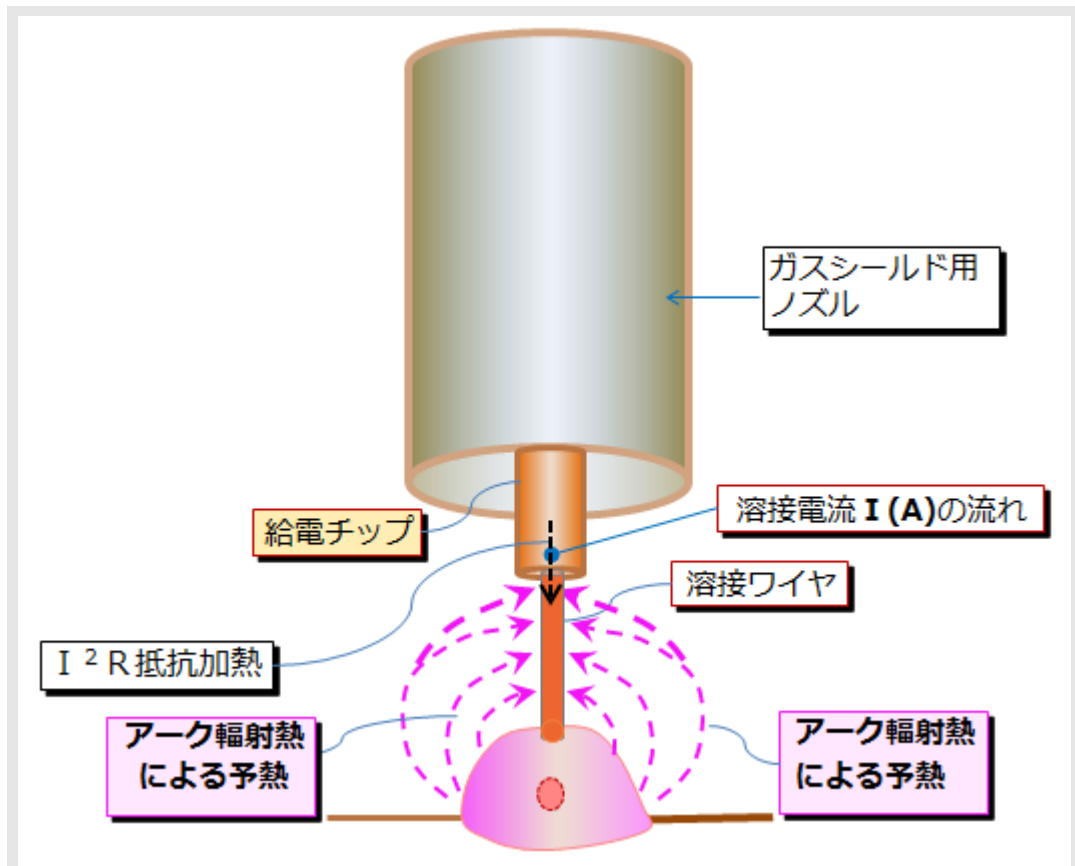
No. A061

パルス溶接の変遷と特長は、短絡移行マグ溶接に比べ ①スパッターレス ②高速溶接化 ③亜鉛メッキ鋼板の耐ブローホール性などに顕著な効果を発揮できる点について、既に第 17 話で触れました。さらにフルデジタル機の進展に伴いパルス制御の機能が充実するとともに設定が容易になってきたが、今一度パルスマグ溶接電流をはじめとした条件設定に関し理解を深め、それらの使い方に習熟することが求められています。そこで基礎的な考え方と実際例を挙げ、今後 5 話にわたって皆様の溶接工程における課題解決につながるものが示せれば幸いです。

パルス溶接の特長は種々ありますがそのひとつに「**高速溶接化**」が挙げられます。CO₂・マグ短絡移行溶接に比べ何が高速溶接化に寄与しているのでしょうか。主な要因は①**アークが消失しないこと**。②**単位時間当たりの溶着量 (g/min) が同一電流値において大きいこと**と考えます。

短絡移行溶接は短絡－アークの繰り返しで溶接時間中のほぼ 15%前後は短絡時間でアークが消えています。このような消失時間を含むアーク状態で高速化を目指してもアーク安定性に欠け、溶け込み品質も不安定になります。

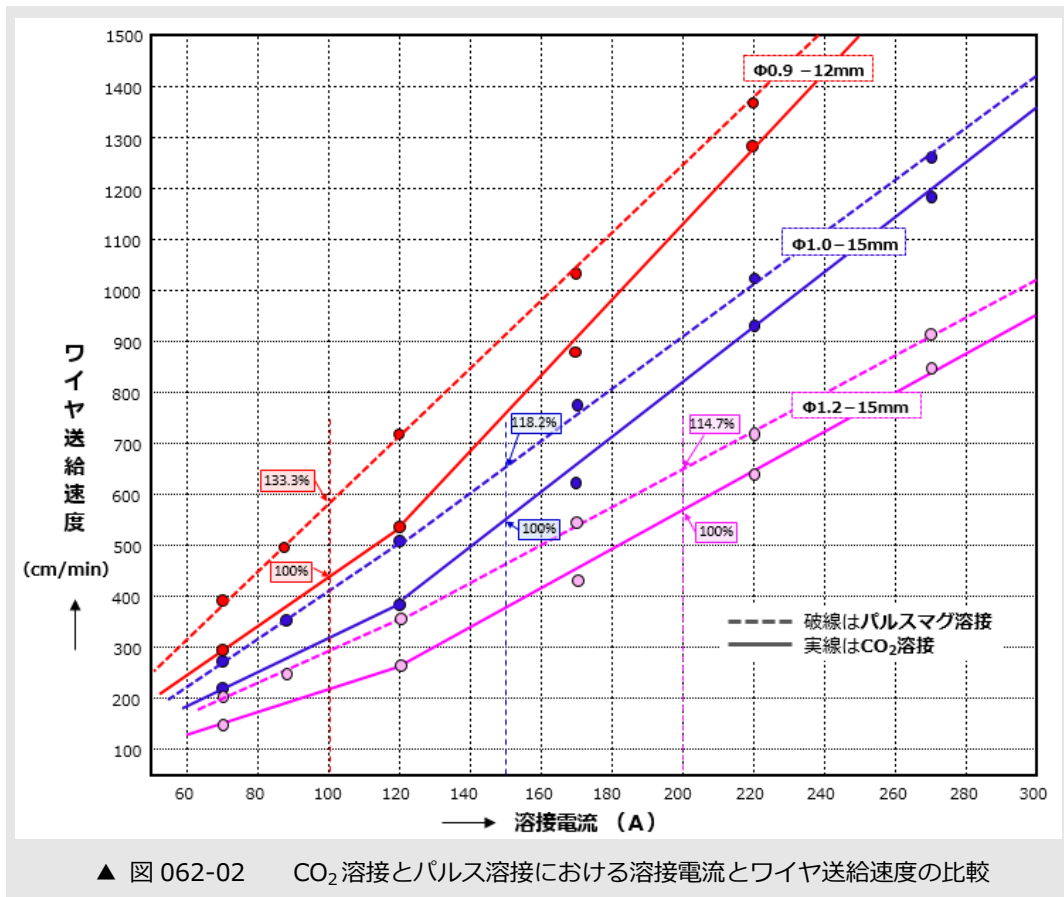
このため短絡移行溶接の溶接速度はせいぜい **70～80cm/min 程度**です。ところがピーク・ベースを繰り返すパルス溶接では電流の低いベース期間でもアークは持続的に発生しており 1 パルス・1 溶滴移行を基本としてトーチなどの耐熱性が整えば **150-180cm/min の高速溶接も可能**とされています。一方何故パルス溶接は高溶着量が得られるかについては、短絡移行溶接と違ってパルスの場合には常にアークが発生し、周囲ガスにアルゴンガスが多いためガスによる冷却作用が少ないので、**輻射熱のワイヤ突き出し部に与える予熱効果が大きくなるため**だと考えられています。予熱効果により**比抵抗 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)**が増加し、ワイヤの**抵抗 R (Ω)**が増し、同一電流でも **I^2R** のエネルギーを大きくできる結果、ワイヤ溶融量を増大させることができます。図 062-01 にパルスマグ溶接におけるアーク輻射熱による送給ワイヤ突き出し部への予熱模式図を描いてみました。



▲ 図 062-01 パルスマグ溶接におけるアーク放射熱による送給ワイヤ突き出し部への予熱模式図

この図にみるようにアーク放射熱の大きいパルス溶接では溶滴になる以前に放射熱（含む I^2R 熱）を受熱するので、より少ない溶接エネルギーすなわち溶接電流×アーク電圧にて溶融、溶着することができます。身近な例としてはパルスマグの方がコンタクトチップをはじめトーチの温度上昇が大きくなります。また適用の仕方によって放射熱の影響は、平板の溶接より 90 度に囲われたすみ肉溶接の方が大きくなることは容易に経験する所です。

それではこれらのワイヤへの放射熱効果を有するパルスマグが CO_2 短絡に比べどれだけ溶着量 (g/min) の増加に寄与するかを見てみましょう。第 55 話の溶接電流とワイヤ送給速度の関係でみた図 055-01 と図 055-02 から CO_2 短絡とパルスマグの溶着量比較を図 062-02 に作成してみました。



ワイヤΦ1.2×200Aの条件ではパルスマグの方が15%近く溶着量増加があり、同様にワイヤ径Φ1.0×150Aでは18%の増加であり、Φ0.9×100Aでは33%もの増加となっています。これらの溶着量増加効果にパルスマグ溶接の真髄のひとつがあるとご理解ください。次話ではパルスマグ溶接における溶滴移行とその制御について考え方をモデルに沿って説明します。

以上。

No. A062