

前話に引き続き、D 社文献 (D-16 第 257 話参照) を引用しながら、シンクロフィード溶接システムの基本技術の考え方を実際を理解していきたいと考えます。

2.4 Buffer Position Control

* PDT 法により最大で約 10m/分の平均ワイヤ送給速度での溶滴移行を安定化しているが、その短絡・アーク周期は最大で約 100Hz まで実現可能である。

* 10 ms の短絡・アーク周期に応じてワイヤ送給方向を切り替えるには、その過渡応答もさることながら、切り替え時のピーク速度も平均ワイヤ送給速度の数倍以上になり、送給系に大きな負荷をかけないようにする干渉制御が、溶滴移行の安定化に大きく寄与する。

* 図 278-4 に、独自の機構である S 字バッファによる Buffer Position Control (以下 BP 制御) の概念図を示す。

* プルフィーダの送給方向によってバッファ部で送給方向が干渉し、バッファに内蔵されたロータリエンコーダがその回転角度を位置情報としてリアルタイムで検出することが可能である。

この位置情報を元に、プッシュフィーダのワイヤ送給速度とプルフィーダの平均ワイヤ送給速度が一定となるように最適制御することで、ワイヤの干渉が最小となる状態を維持している。

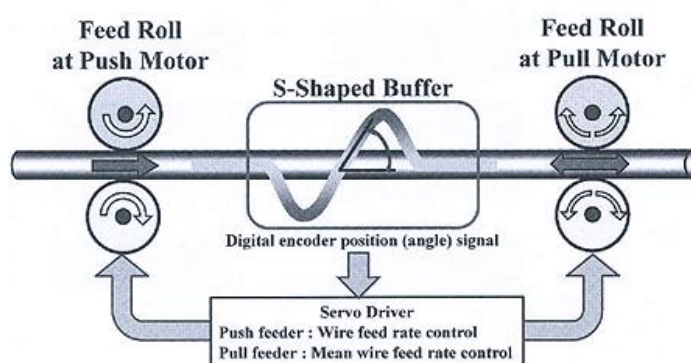


図 278-4 BP 制御の概念図

* また、プルフィーダの平均ワイヤ送給速度を

補償することは、PDT 法におけるパルス通電中の略定電圧制御による溶滴移行の安定化を可能にしている。一方、何らかの要因で BP 制御不能と判断すると、送給系の異常を出力して溶接を停止させることで、座屈等による復旧困難な状況を回避することも可能である。

* 図 278-5 に、溶接中のワイヤバッファの位置の変化を示す。溶接開始直後から過渡的に変化し、バッファの基準位置 (原点) に収束していることがわかる。BP 制御により、バッファ部でのワイヤ送給方向の干渉を最小化した結果である。

この効果により、マニピュレータの姿勢が急速に変化したり、ウィービングにより突き出し長さが大きくかつ素早く変化したりしても、常に安定した送給性能を実現することが可能である。

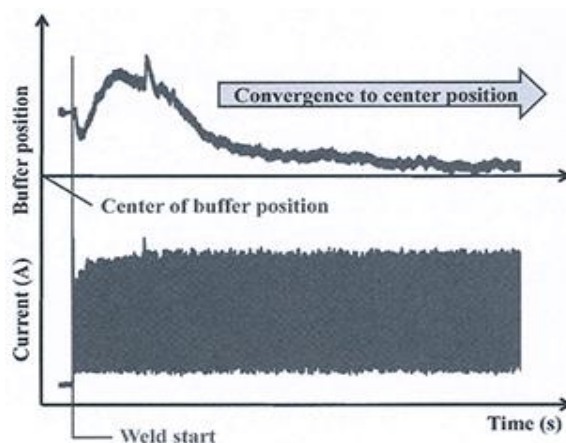


図 278-5 BP 制御の効果

2.5 ワイヤ溶融特性

* CO₂/MAG 溶接におけるワイヤ溶融特性を [図 278-6](#) に示す。図中の破線で示す従来法とは、低スパッタ制御を行っている CBT-EX 法の特長であり、それは一般的な GMA 溶接法と極めて近い値を示す。200A 以上の電流域で開発システムと従来ワイヤ溶融特性の違いが顕著になる。即ち、電流の増加に伴い開発システムのワイヤ溶融特性との差が広がり、常に開発システムのワイヤ溶融特性が高い値を示している。(前話 2-②項参照願います)

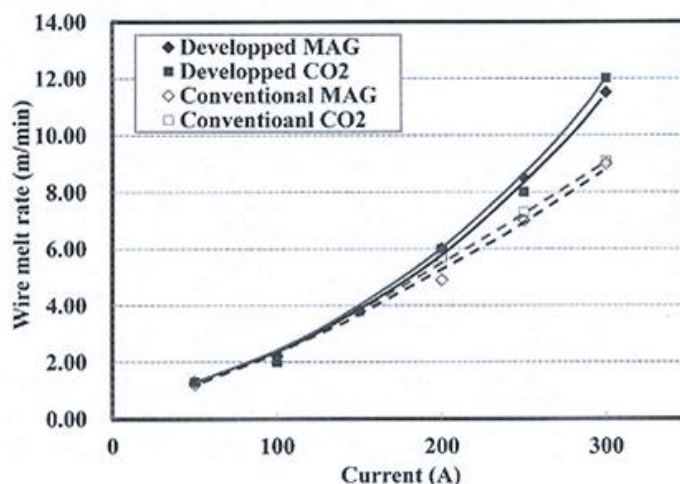


図 278-6 ワイヤ溶融特性の比較

* 1.2mm 径のソリッドワイヤによる 200A 以上の電流域はグロービュール移行となり、薄板の高速溶接で多用されるが、大粒スパッタの発生を抑制するのが難しい電流域でもある。同じ電流値で施工しても単位長さあたりの溶着量が従来法より増えることから、幅の広いビードによる狙いずれやギャップに対する条件裕度の向上が期待できる。

3. 開発法の効果

3.1 低スパッタ性能

* [図 278-7](#) に、従来の送給制御による溶滴移行制御法と開発システムとで、YGW12 相当で 1.2mm 径の軟鋼ソリッドワイヤを用いた CO₂/MAG 溶接における 1 分間あたりのスパッタ発生量を比較した結果を示す。溶接速度は 200A 以上では 100cm/分、150A では 75cm/分、100A では 50cm/分とし、MAG 溶接では 80%Ar+20%CO₂ の混合ガスを用いた。

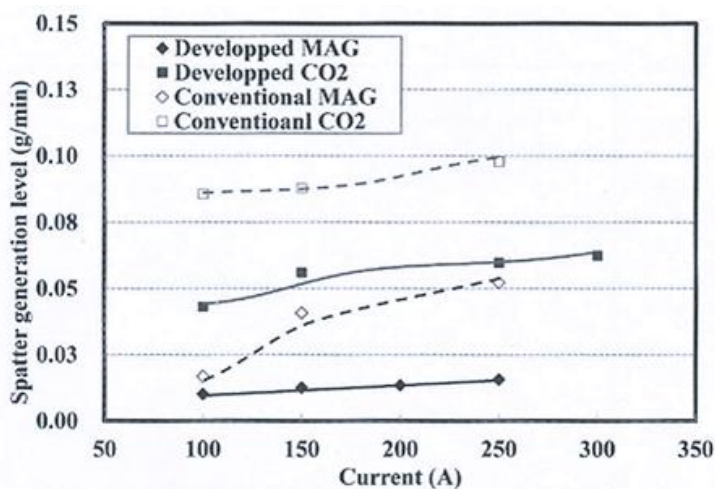


図 278-7 スパッタ発生量の比較

* 従来法と開発システムとでスパッタ発生量を比較すると、一般的知見と同じく CO₂ 溶接時より MAG 溶接時にスパッタ発生量が減少する。スパッタ発生量は全ての測定結果において 0.1g/分より少なく、目視では線香花火程度のスパッタ発生量である。

また、開発システムは、従来法と較べて概ね 1/2 以下までスパッタ発生量を抑制していることがわかる。

3.2 ビード形成に与える出力電圧の影響

* [図 278-8](#) に、MAG 溶接における電流 150A、電圧 16.0V と 20.0V とで電圧設定がビード形状に与える影響を従来法と開発法とで比較した結果を示す。左側の図が BP 制御なしでの結果を、右側の図が BP 制御ありの結果を示している。また、電圧設定が 20.0V 時に重ねた破線は、電圧設定が 16.0V 時の断面形状を示している。

* 溶込み形状はともに MAG 溶接における典型的なフィンガー状を示す。従来の送給制御による溶滴移行制御法では、電圧設定によりアーク時間が変化し、それにともない平均ワイヤ送給速度が変化するので、単位長さ当たりの溶着量も変化する。

* 開発法では、BP 制御によりワイヤ送給速度が一定になるようプルフィーダの速度制御を行っているため、結果として電圧設定により単位長さ当たりの溶着量は変化しない。

* BP 制御が無効の場合、電圧設定が高くなると、ビードの高さはほとんどかわらないまま幅が広がり、断面積も広くなる。一方、BP 制御が有効

な場合、電圧設定が高くなるとビード高さがやや低くなって幅が広がり、断面積はほぼ一定になっている。

BP 制御が無効の場合、電圧設定を上げれば高溶着になるという効果が得られるが、逆に電圧設定を下げると溶着量が下がり、ギャップに対する架橋性が低下する。

* BP 制御により、一般的な GMA 溶接法と同じ概念で、溶接条件設定による断面形状の制御も可能である。

	Without BP control		With BP control	
3.2mm 150A 16.0V 50cm/min				
3.2mm 150A 20.0V 50cm/min				
Macro section	16.0V 20.0V	Small Large	16.0V 20.0V	Nearly constant

図 278-8 ビード形状の比較

3.3 溶接結果

* シールドガスとして 100%CO₂、ワイヤ径 1.2mm の軟鋼ソリッドワイヤを用いて、SPCC 材の各種板厚と各種継手に対して溶接を行った結果を示す。

* 図 278-9 は、板厚 3.2mm の重ね隅肉溶接と T 字の隅肉溶接を行った結果を示している。いずれの結果においても十分な溶込みが得られており、アンダーカットも無く、止端部の揃いの良いビード形状が得られた。

* 図 278-10 に、板厚 0.6mm の突合せ溶接と、0.6mm のギャップ長を有した重ね隅肉溶接を行った結果を

示す。極薄板を低入熱で溶接すると、一般的な GMA 溶接では溶け落ちが発生し易く、ビード形状が凸

になり易い。いずれの結果においてもビード止端部の馴染みが良く、十分なフラック角であり、溶け落ちも発生しないビード形状が得られた。

	Bead appearance	Cross section
3.2mm Lap joint 300A 22.5V 100cm/min		
3.2mm T-fillet joint 250A 23.0V 50cm/min		

図 278-9 板厚 3.2mm の各種継手溶接におけるビード外観とマクロ断面の比較

* 図 278-11 に、2 種類の板厚に対してウィービングを行った場合における溶接結果を示す。いずれの場合においても、ウィービングによって溶滴移行が乱れることは無く、スパッタが母材に付着することもない。ビード形状においても、止端部の揃いや馴染みが良好であるという結果が得られた。

4. さいごに

ワイヤ送給同期制御による溶滴移行制御に関して、最新の研究結果を実用化した新溶接システムについて紹介した。シールドガスとして CO₂/MAG ガスを対象に、1.2mm 径の軟鋼ソリッドワイヤを用いて 50A から 300A までの広い電流域で極低スパッタ性能が得られ、50A では極薄板に対して溶け落ちすること無く広がったビードを形成し、250A から 300A でも十分な溶込みを確保した美しいビード外観を実現することが可能である。

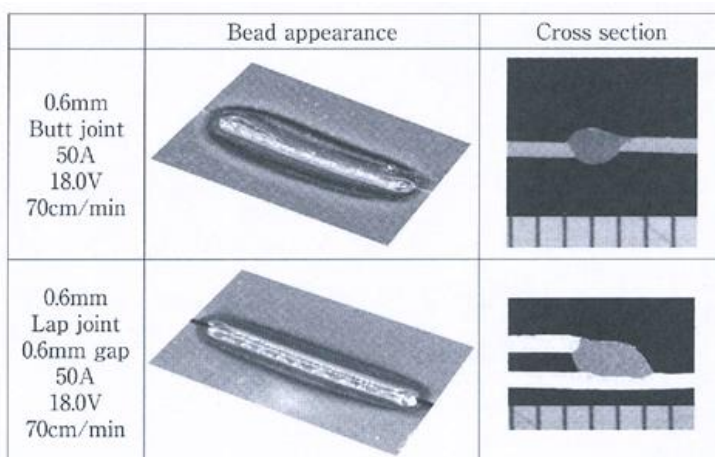


図 278-10 板厚 0.6mm の各種継手溶接におけるビード外観とマクロ断面の比較

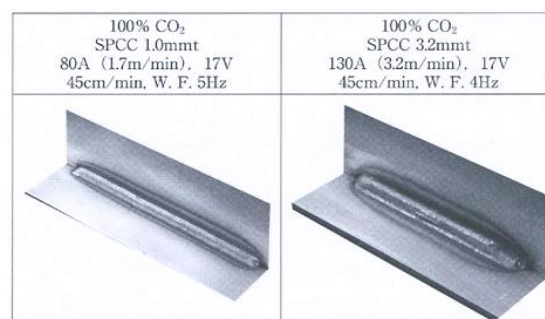


図 278-11 ウィービングの影響

筆者の感想：

- ① シンクロフィード溶接システムの特徴は、第 1 に ワイヤ送給と溶接電流波形の最大 100 Hz で高速同期を可能にした ことである。
* 具体的には高過渡応答 AC サーボモータとそれを制御するサーボドライバーを駆使して、正逆送期間を平均してみた時の平均ワイヤ送給速度を一定化する制御を組み込むことによって定電圧-定速度送給を実現、アーク安定化を図っている。
- ② シンクロフィード溶接システムの特徴の第 2 は 究極の低スパッタテクノロジー である。
* PDT 法による 低スパッタ制御と深い溶込みを獲得する電流波形制御を併せ持っている。
制御の詳細は筆者には理解し難いが、ワイヤ送給系のプッシュフィード、プルフィードおよびその中間に存在する BP 制御による干涉制御と、電流波形制御である短絡期間、パルス通電期間およびアーク期間の後半は低いベース電流に抑えて再短絡を促す各期間を設けて、正確な同期制御を確立している。
- ③ なお、シンクロフィード溶接システムを理解する上で、必要な事象のひとつは 200A 以上では溶着量がアップするという事実 であり、他のひとつは BP 制御による平均ワイヤ送給速度一定化によってアーク電圧変化が生じて単位長さ当たりの溶着量は変化しない という事実である。
- ④ 本溶接システムは、根本原理からみて素晴らしい飛躍をアーク溶接業界にもたらしてくれるものと深く確信するところです。

以上をもちまして、長い間お付き合い賜りました「本溶接技術だよりの執筆」を終了とさせていただきます。なお、筆者の、読者の皆様へのお礼のしるしとしまして、コメントも含めまして第 280 話~第 282 話にわたって最終的に振り返ってみます。

以上。