

CO₂/マグ溶接機におけるデジタル制御で必要不可欠なことのひとつは、ワイヤ送給すなわち送給モータのデジタル化であり、エンコーダ搭載により高速フィードバック制御を行うことを手段とする、デジタルフィーダについて、前話で紹介した。

デジタルフィーダは、アナログ制御に比べ送給速度変位分布は狭幅化でき、かつ電源電圧変動に対する送給量、ビード外観の変化も少なく抑えることができるので、ワイヤ送給の安定化と再現性 100%の実現につながるため、溶接電源の最大の特徴であるとしている。

本話では、さらにフルデジタル溶接電源の特性を、電流波形などからみた優位性について記述されている。デジタルフィーダに続いて実溶接機による波形の実際がどのような効果を挙げているかを見ていきます。なお、図、写真の番号は前話からの続きとします。

3.2 フルデジタル CO₂/マグ溶接機

(b) 溶接電源

高速フィードバック制御により、より安定度の高い溶接性能が得られていることについてまず説明する。溶接電源側では定電圧制御を高速に行っている。つまり、溶接出力電圧を CPU 側で読み込み、各種溶接条件に応じた出力を高速フィードバック制御で行なっている。デジタル制御とアナログ制御の溶接比較について示したのが図 253-4 である。

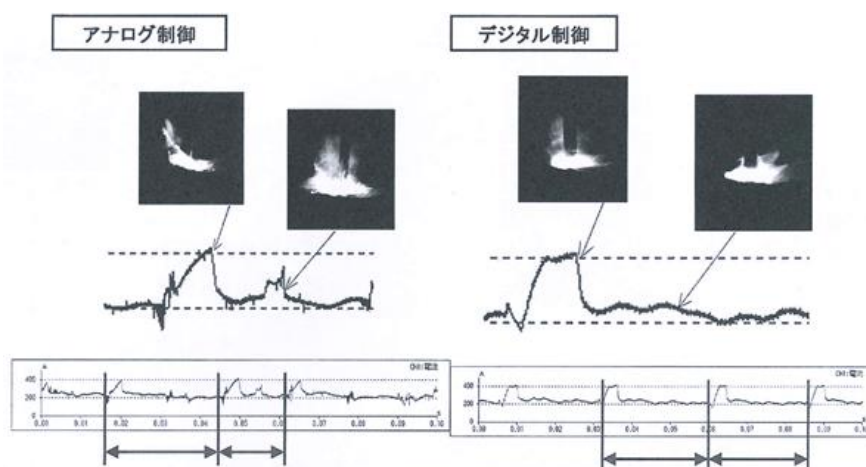


図 253-4 アナログ制御とデジタル制御の短絡

図 253-4 はデジタル制御とアナログ制御での短絡-アークの波形を示している。従来機であるアナログ制御の短絡時における短絡電流の立上り (di/dt) に比べ、デジタル制御の溶接機では di/dt をアップしている。すなわち、短絡発生時に短絡電流を伸ばし即座に短絡を開放し、アーク期間での安定を確保している。その結果、短絡-アークが規則正しく行われ、溶接が安定している。この安定している様子をデータとして示したのが図 253-5、図 253-6 である。

図 253-5、図 253-6 は溶接中に繰り返されるアーク-短絡を 1 周期としてその時間間隔を測定し、度数分布であらわした結果であり、図 253-5 がアナログ制御、図 253-6 がデジタル制御での結果を示している。これらの図からデジタル制御での溶接の安定性が向上していることがわかる。さらに付け加えるとデジタルフィーダによるワイヤ送給の安定性が電源側での制御を助長し溶接の安定性をアップしている。

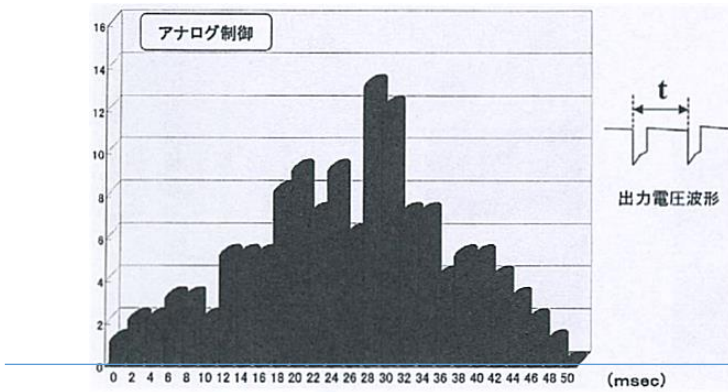


図 253-5 短絡周期分布 1 (アナログ制御)

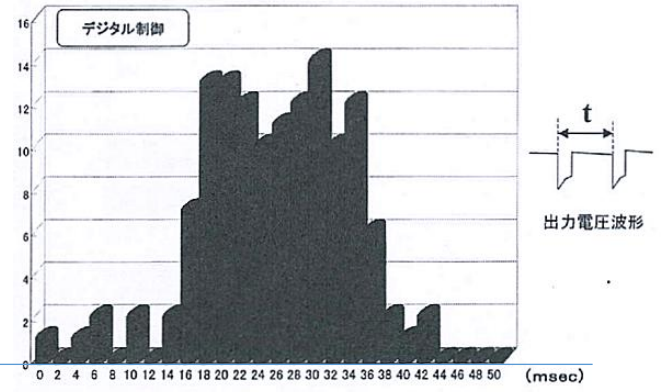


図 253-6 短絡周期分布 2 (デジタル制御)

次にアークスタート性能であるが、アークスタートに関しては3つの要素で改良された。

- ① アークスタート時に短絡電流を伸ばすことにある。図 253-7 はアークスタート時の短絡電流波形を示している。デジタル制御の場合、アークスタート時の短絡電流を伸ばし、短絡時のリミッタ電流値も上限を高くすることにより短絡からアークへの移行期間を短くしている。
- ② モータ回転に応じた電圧出力である。デジタル制御により出力電圧を自在にコントロールすることが可能となったため、アークスタート時のモータ回転の立ち上がりに応じて出力電圧を変化させている。また、定常アーク時の電圧設定を変化させた場合にもモータ回転に応じてドライブ回路指令を追従させ、出力電流が安定するまでの時間を同じにし、安定したアークスタート性能を確保している。
- ③ アーク終了処理にある。デジタルフィーダにウォームギアモータを採用することにより、モータ停止時間が従来のプリントモータに対して約3分の1程度速くなり、停止までの時間も一定となった。しかしながら、半自動で溶接される場合には使用されるユーザーによって終了時の突き出し長は一定ではない。その場合の終了処理に関してもアーク終了時のワイヤ先端形状を一定とするような制御をデジタル制御では行っている。例えば、あらかじめ定めた「アーク終了時間」内にアークが消滅せず短絡が発生した場合には「短絡開放時間」を即座に加算し、「アーク終了時間+短絡開放時間」として終了時の短絡を開放している。結果、写真 254-2 のようにアーク終了時の先端形状が一定となり、次アークスタートをスムーズに行うことを可能とした。

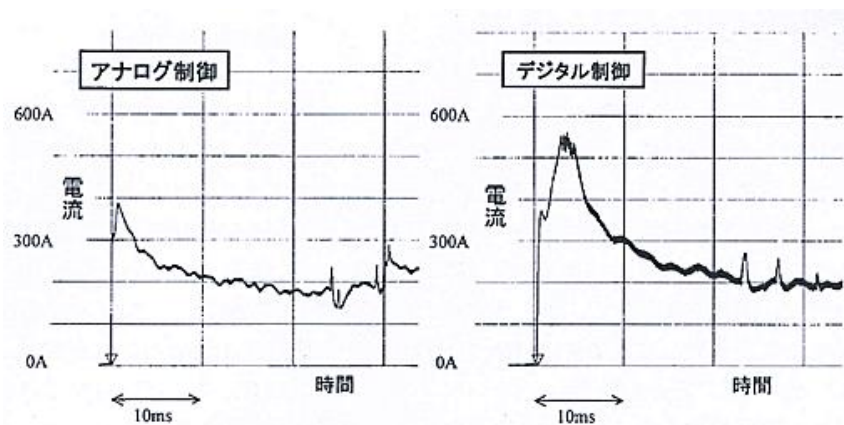


図 253-7 アークスタート時の短絡電流波形

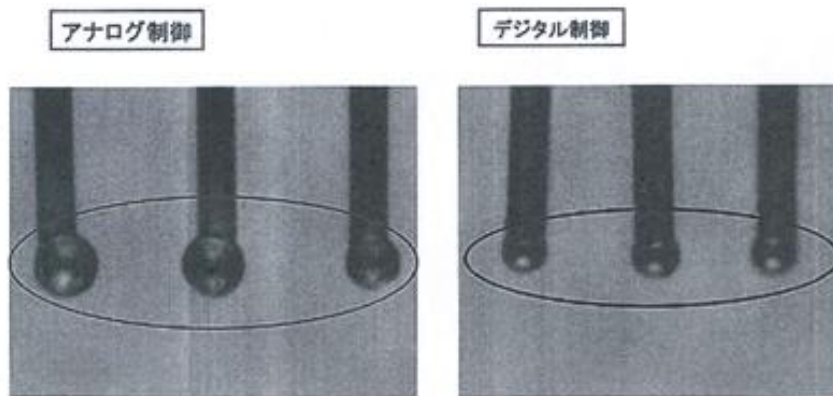


写真 253-2 アーク終了時のワイヤ先端形状

アークスタート時のアークスタート率を示したのが図 253-8 である。測定方法はアークスタート開始(ワイヤが母材に短絡した状態) から出力が安定するまでの時間で判定を行っている。この時, 50ms 以上のアーク切れが発生した場合には当然のこと NG としている。従来機と比較するとアークスタート率が向上していることがわかる。

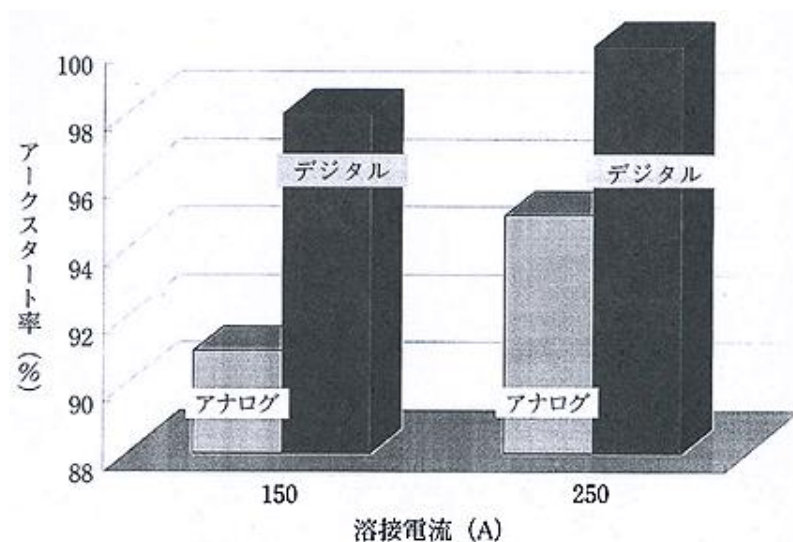


図 253-8 アークスタート時のアークスタート率

(c) 多彩な溶接条件設定とメモリ機能

ユーザメモリは 32ch を準備している。ティグ溶接機と比較するとメモリできるページ数が減っているが、それだけ CO₂/マグ溶接機では溶接条件設定パラメータが多い。各種溶接条件に対し、小社標準条件が内部にすでに搭載されているが、当然多種多様な溶接条件に対応するためにはこの標準条件だけではことが足りない。従って、変化させることのできる条件設定も増えてしまう。これらの条件設定などはデジタルフィードに取り付けられたコントローラですべて行うことができる。

(d) 拡張機能

拡張機能としてはデジタルティグ溶接機同様、ロボット接続、パソコン接続に対応している。ロボット接続では、小社G IIロボットのみの対応となる。ロボット接続に関してはティグ溶接機と同様に簡易な接続で、デジタル設定によるトレーサビリティに優れた溶接が行える。

また、溶接の終了速度も従来機の約3分の1となっているのでタクト時間の短縮にもつながる。パソコン機能では溶接施工状態を管理することができる。管理することのできる条件としては出力電流、短絡回数、ワイヤ送給量、モータ電流、溶接回数、溶接時間などが挙げられる。出力電流、出力電圧には制限値を設定することができ、この制限値を上回った場合にはエラー情報が表示される。このエラー情報を元に各種モニタリングしたデータを参照し、アーク状態を見直すことができる。例えば、自動機などで溶接した場合のデータを参照した際にモータ電流が上がっている場合には、このポイントでトーチケーブルにより負荷がかかりやすいのでトーチケーブルの引き廻しを変えるなどといったことに応用できる。

文献 P-1*1) の最終章「今後の展望」では、

フルデジタル溶接機 GB1 機的能力は、条件設定に対する溶接出力の点では「再現性」を確保できるとし、当初のデジタル機への目標として掲げた「再現性の良さとデジタル条件設定」についてクリアできた、と評価されている。

あとは、熟練作業者のもつ器量をどのように溶接機内部制御にのせていくかが最大のポイントとなる。確立されたハードよりソフト面での向上が、今後充実させる点であり、期待されるところでもある、と展望されている。

以上、文献 P-1*1) を読んで筆者として理解できたことを以下に書き留めておきます。

- ① デジタル化への取り組みとその意義については、条件設定の再現性が 100%達成できることにある。
- ② 条件設定については、ボリュームによる条件設定を一切無くし、すべて「JOG ダイヤル」と呼ぶロータリーエンコーダにより設定を行う。
- ③ フルデジタルティグ溶接機の定電流制御では、高速フィードバック制御が出力に反映できるようにインバータ周波数を従来機の約2倍に上げ、その結果フィードバックの応答性も約2倍に向上している。
- ④ CO2/マグ溶接機のフルデジタル化では、溶接電源の定電圧制御のデジタル化のみならず、ワイヤ送給のデジタル化が必須と考え、送給モータの上部にエンコーダを取り付け、エンコーダフィードバック制御によるデジタルフィーダを完成させた。
- ⑤ アークスタート、アーク終了時などの制御にはデジタルフィーダ制御と連動させることによりアナログ溶接機世代では実行できなかった改善が容易に可能になり、生産性および品質に寄与できることが分かった。

第 249 話~256 話の文献 D-1&文献 P-1 より引用した内容を基礎とし、2000 年以降に大きく進展したアーク溶接電源について、引き続き関連資料に依拠しながらその発達過程を振り返り学習していく予定です。

なお、参考にさせて頂く関係文献の一覧をメーカー別に分類して第 257 話に掲載します。参考にしてください。

以上。

*1) 文献 P-1; 米森 茂樹・濱本 康司・川本 篤寛 松下溶接システム(株) 技術部

溶接電源からのデジタル化へのアプローチ 溶接技術誌 2001 年 12 月号 P68~74