

第 249 話～251 話にわたって、主に 97 年溶学誌に掲載された(株)ダイヘン 山本英幸氏の執筆による文献 D-1「アーク溶接電源」より引用し、当時のインバータ電源とその進展について振り返りました。ショートアーク溶接における波形制御、パルス電源によるマグ／ミグ溶接法の進歩などについて 2000 年以降の飛躍に向かって基礎固めをしたように思われます。

また、ティグ溶接における電源の各種波形制御法について、とくに三田常夫氏執筆の資料*¹⁾によれば、「このような交流周波数制御は、1989(平成元)年にわが国で開発されたが、その後しばらくの間適用されることはほとんどなかった。しかし 2004(平成 16)年ごろになると、国内の電源メーカ各社が採用を始め、近年では市販交流ティグ溶接電源の標準的な仕様となっている。」と指摘があり、参考にしたい。

2001 年 12 月号にデジタル化による溶接の革新として特集が組まれ、そのなかで松下溶接システム(株)の米森 茂樹氏は「溶接電源からのデジタル化へのアプローチ」*²⁾(本話では以降、文献 P-1 と称す)と題し論文を寄稿されている。

本話では文献 P-1 を参考として引用させて頂くとともに、筆者の経験、思い出も含め、溶接電源のデジタル化による恩恵・有り難みについて振り返ってみたいと考えます。

筆者のような世代(昭和 40 年頃以降、溶接に係わったもの)にとって、そのほとんどは溶接機器がデジタルではなくアナログの時代でした。デジタルというものを知らずに、溶接電源は一次電圧変動により、アーク電圧、溶接電流共に悪影響を受け、その結果品質不良を招くものだというのを認めていた時代でした。悪影響を如何に少なくするか、小さく収めるかが技術の発揮どころでした。

しかし、時代がグローバルに展開するなかで、設備・溶接機器も輸出されるケースが増加するにつれ、それらをどのような人材で海外の現地に対応するかという課題に突き当たりました。ケースバイケースで調整するというアナログ的視野では人員がどれだけあっても足りません。大手自動車メーカの生産技術担当者の苦勞を横目で見ている、はっと気づかされました。品質課題の範囲を遥かに超えた大きな課題であり、誰が操作し、条件出しをしても再現性が得られて、同一品質のものが同じ生産性で製造できる設備が、グローバルに求められているのだと明確に認識できました。

では、アナログ時代の溶接機にはどのような不適合、コンプレインがあったのでしょうか。

デジタル機が完成してしまえば、溶接電源は ①個体差・個人差を排除。②操作性・再現性は 100%。と当然のように言われますが、アナログ時代には種々困難な課題があったことが思い出されます。以下にアナログ時代の溶接機における不都合な事象を 2, 3 ふりかえってみます。

1. アナログ時代の溶接機における不適合、コンプレイン

ア) 溶接電源の電圧補償について

一次側電圧の変動により二次側溶接電圧は変動します。そこには電圧補償回路があって変動値を少ないパーセントに抑えることができる電流領域もあれば、補償が効きにくく変動値が大きくなる電流領域もありました。例えば 350A 機で中間的条件である 200～250A、20～28V 域では電圧補償は効きやすいのです。

が、低電流域および定格電流などの高電流域では補償し切れないため、変動が一般的に大きくなります。そのため事前にお客様の使用条件をお聴きし電圧補償が効きやすい仕様の溶接電源を購入時に薦めるなどしました。(図 252-1 参照)

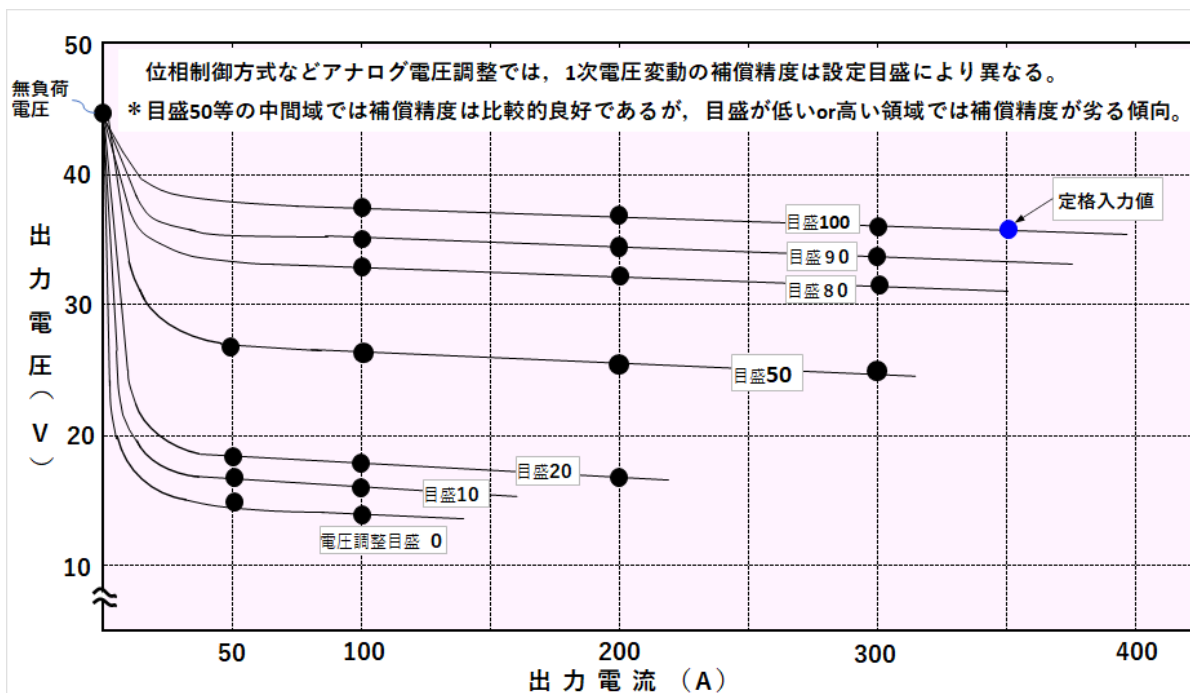


図252-1 アナログ形アーク溶接電源における外部特性曲線と電圧調整 350A型 (定格350A-36V)

イ) 溶接スタート時のスタート電圧値の異常について

溶接スタート時のアーク電圧は瞬時スタート性に大きな影響をします。溶接設備を多く使用しているお客様や、電源事情の芳しくないところでは一次電圧の変動を受け、稼働が佳境を迎える午前10時頃には電圧低下が大きくなりパンパンなどスタートの不安定性が増加します。

逆に、夜勤で稼働率が小さくなる時などは一次電圧変動によるスタート電圧上昇でバーンバックなどチップ溶着を生じやすくなり、対応に苦慮した経験があります。

ウ) ワイヤ送給速度の変動について

CO₂/マグ・ミグ溶接の場合は、溶接電源と同時にワイヤ送給制御においても電圧変動の影響を受け送給速度の変動を招くことにより、主に溶接電流が変化します。

とくに自動車部品メーカーでは溶接部の溶込み深さが重要視されるため、深さが大きい目の溶接条件に設定される傾向にあります。このような場合、送給速度変動による溶接電流の増大は即、穴あきにつながりやすくなります。一方、スタート時の条件変動によるスタート部の溶込み深さの不十分さはビード長が長くなる要因となり、軽量化志向にマイナスになります。

以上のような筆者の思いも含め、**デジタル化への取り組みと意義**を文献 P-1 ではどのように定義、実行されているか。以下に抜粋、引用します。

2. 文献 P-1 にみるデジタル化への取り組みと意義

本文献では明確に2つの取り組みとその意義を掲げています。そのひとつは**再現性 100%**であり、他のひとつは**条件設定**です。それらの要旨を以下に抜粋します。

2.1 再現性 100%

- ・・・デジタル制御の特徴は、どのような状態であろうと同じ条件出力を再現する**再現性 100%であることが最大の特徴**である。デジタル制御の商品を使っているユーザーは中身がどのようなことをしようと関係が無く、必要とされるのは出力された結果である。
- 「再現性 100%を求めているユーザーは家電商品に限らず、溶接機ユーザーも求めているに違いない」という意見から**再現性 100%を目指して開発されたのが「フルデジタル溶接機」**である。

2.2 条件設定

- アナログ制御では、表示のみをデジタル化したに過ぎないものも含め、可変抵抗を用いたボリュームが溶接電源の条件設定に関わる回路に各所取り付けられている。
- アナログ溶接電源においても入力電源電圧変動による補償回路は入っているものの、これはあくまで条件設定が一定の場合であり、この条件設定が変わってしまえばいくら電圧補正を行っても実際に出力される溶接アークは変化してしまう。「朝と昼と夜、昨日と今日で溶接アークが異なる気がする」ことはまさにこのことが大きな原因である。
- そこでフルデジタル電源では、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**」と呼んでいる**ロータリーエンコーダ**により設定を行っている。このロータリーエンコーダはダイヤルの回転をパルス波形に変換し、そのパルス数を内部 CPU でカウントを行い、**条件を読み込むデジタル入力器**である。

以下、文献 P-1 に従い、フルデジタル溶接機に関する主な考え方とその実際を引用します。

2.3 フルデジタル溶接機

条件（入力）設定の**再現性 100%を最大の特徴**とするフルデジタル溶接機では、溶接出力を CPU に取り込み閉ループいわゆるフィードバック制御を行っている。しかも溶接出力されるアーク現象は時々刻々変化しているため**高速フィードバック制御**が求められ、それらを **32 bit の RISC CPU** で実現している。この閉ループの制御は、定電流特性かつ非消耗電極式のティグ溶接機と定電圧特性かつ消耗電極式の CO2 / マグ溶接機では多少異なる。

2.4 ティグ溶接機におけるフルデジタル制御

定電流特性のティグ溶接機では、アナログ制御と同様に定電流の高速フィードバック制御を行っている。しかし、従来どおりの制御では CPU の能力が発揮することができない。そこで、当社では**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 倍に上げており、単純に計算すると約 2 倍の高速フィードバック制御が溶接出力に反映できている。したがって出力電流のリプル率が低減されるうえに、フィードバックの応答性も約 2 倍に向上している。結果、安定した溶接出力に加え、1 A 単位の電流設定にも対応できるようになった。

次話では、引き続き文献 P-1 に依拠しながら溶接電源のデジタル化へのアプローチに関し、CO2 / マグ溶接機における**フルデジタル制御** および **デジタルフィード**について見ていく予定です。

以上。

*1) 文献 M-4；三田常夫 アーク溶接発展の歴史 第 6 回 ティグ溶接 その 2

溶接技術誌 2017 年 2 月号 P103～109

*2) 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