

本話よりガスシールドアーク溶接用電源の主な歩みについてみることにします。

最初に参考にする資料*¹⁾ (以下、文献 D-1 と称する) は 1997 年 第 8 号に記載されているダイヘンの山本英幸氏の執筆によるものです。なお、山本英幸氏とは大学時代、工学部の所属は違っていますが学生寮が同部屋で 1 年間ご一緒した間柄であり、その後勤務先は違っても同じ溶接の道を歩み、教えられることばかりで大変お世話になりました。安藤・長谷川共著「アーク現象」を細大もらさず読み切ったと若い頃聴いて、不勉強な自分と比べて大変な違いであると、感じ入ったことを覚えています。

それでは、文献 D-1 より抜粋、引用し、筆者の当時の思い出もほんの少々挿入させて頂き、溶接電源とその歩みについて見ることにします。

1) 主なアーク溶接法における溶接電源の制御方式の推移

ガスシールドアーク溶接法を(a) 消耗電極式と (b) 非消耗電極式に分けて、それらの推移を図 249-1 に示します。CO₂/マグ溶接・ミグ溶接などの消耗電極式には一般的に定電圧特性の直流電源が用いられるが、当時のわが国でこの 10 年間に最も変革が大きかった電源であり現在では極めて多様化していると冒頭述べている。

電源主回路の制御方式の変遷では、1980 年代に磁気増幅器からサイリスタによる点弧位相制御にかわり、更に 1980 年始めからパワートランジスタによる二次側チョッパー制御、続いて一次側インバータ制御が実用され始めた。

とくに短絡アーク溶接やパルス溶接用の電源はインバータ制御方式の開発と普及により画期的な改善が進んだ。

当時を筆者として振り返ると、自動車メカに納入された多数台のインバータ機に期待を持ちつつ、「電子リアクトル」の「ハード・標準・ソフト」の条件設定などを行ったことが思い出されます。当初のインバータ機は適用周波数が現行に比べ 25kHz と低かったので十分な波形制御が得られなかったように感じます。

また従来はアークの再点弧の問題で実用が困難であった交流電源についても二次側インバータ制御により実現し、新たな溶接プロセスの可能性を拡大している。

なお、比較的小電流溶接にはタップチェンジャーやスライドターンとよばれる変圧器の巻き数を機械的に切り替える整流式の直流電源もなお世界中で広く使用されている。

筆者も東亜精機(株)に勤務の頃、単相整流式ガスシールドアーク溶接電源「NAS-AUTO135」を開発し、自動車補修業界に大量販売できたのも 75 年頃でした。

ティグ溶接やプラズマ溶接などの非消耗電極式ガスシールドアーク溶接には、定電流特性の直流、交流およびパルス電源が使用されている。歴史的にみた制御方式の変遷は非消耗式とほぼ同じであるが、出力電流の制度要求が高いためインバータ化がすすんでいる。因みに 95 年で比較すると消耗電極式ではインバータ化率 50%に満たないが、非消耗電極式では 80%に達している。

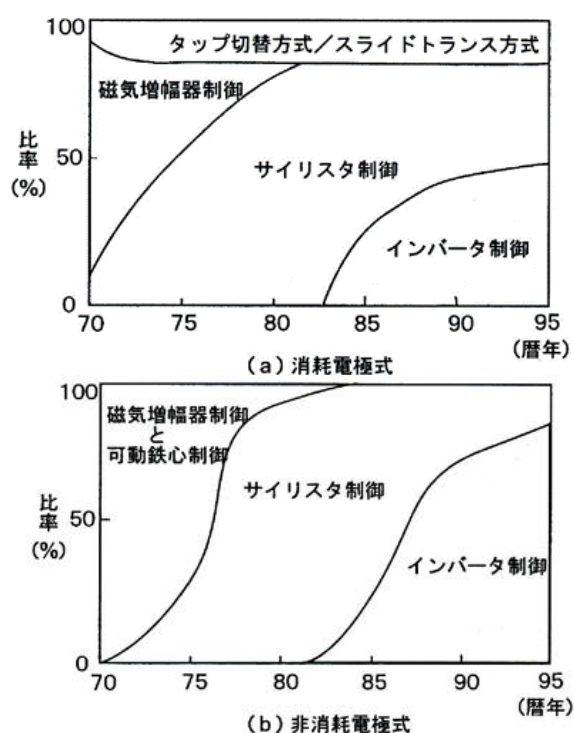


図 249-1 日本におけるガスシールドアーク溶接電源の出力方式の変遷

2) インバータ制御アーク溶接電源の技術動向

図 249-2 にインバータ制御によるマグ・ミグアーク溶接電源の主回路方式*2) を示す。この図は 2000 年に編纂された教本「アーク溶接の世界」からお借りしたものです。

交流入力是一次側整流器で一たん直流化された後、インバータブロックにより 10~100KHz の範囲で高周波交流に変換される。高周波トランスで絶縁降圧された後、二次側整流器、直流リアクトルを介して直流出力される。2 次側の電圧、または、電流情報をフィードバック制御することにより、外部特性（静特性）は、定電圧特性から定電流特性まで容易に設定できる。

インバータ制御電源の最大の特徴は、従来のサイリスタ制御電源に比べて数百倍の高速制御が可能であり、電源出力の応答速度は最近では 1000A/ms まで高められている。このため、複雑なアーク溶接現象に追従して溶接の安定化、高品質化が可能となる。

図 249-3 は、インバータ制御溶接電源に使用されている出力制御素子の性能を比較したものである。サイリスタは比較的大容量への適用が可能であるが、スイッチング速度が遅く、現在ではほとんど使用されていない。BJT (Bipolar Junction Transistor) は、これまで広く採用されてきたが、主トランジスタの駆動方式が電流駆動であるために駆動回路の容量が大きくなる短所がある。

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) は高速制御性に優れているが大容量化が困難であり、小容量の小型軽量電源に主として採用されている。

最近登場した IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) は BJT と MOSFET の長所を兼ね備えており、インバータ制御素子の主流になりつつある。

図 249-4 にインバータ制御によるマグ・ミグアーク溶接電源の主回路方式*2) を示す。(図 249-2 と同様「アーク溶接の世界」から説明も含め引用)

この回路構成は、交流、直流兼用機を示す。トランスの一次側でトランジスタを高速スイッチングすることで、パルス幅を制御し、出力電流の調整を行っている。二次側のインバータブロックは、交流ティグに必要な 50~100Hz の低周波交流電流を発生させる。

- ①インバータ電源では交流、直流ティグとも、アークスタートのときは急峻に電流が立ち上がるため、小電流でも確実なアークスタートが可能である。
- ②インバータ電源の場合、出力電流が急峻に高速反転するため、電流が反転してもアークが持続するので、アーク点弧用の高周波はスタート時のみでよい。このため、周囲への電波障害が軽減される。

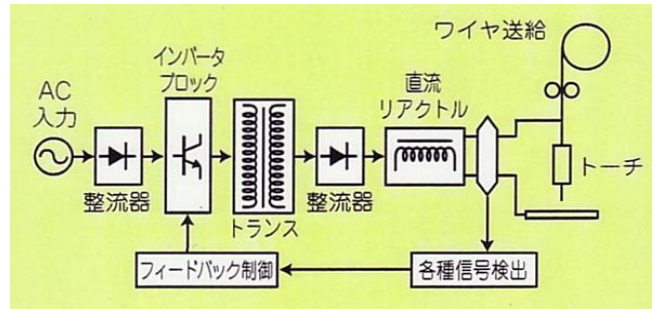


図 249-2 トランジスタインバータ制御による
マグ・ミグ溶接電源の主回路構成
(教本「アーク溶接の世界」より抜粋、引用)

項目	素子	サイリスタ	BJT	MOSFET	IGBT
シンボル					
電流容量		400A	600A	100A	600A
耐電圧		2500V	1200V	500V	1200V
スイッチング速度		20 μs	5 μs	0.3 μs	1 μs
ドライブの容易さ		点弧同期	電流駆動	電圧駆動	電圧駆動

A: たいへん優れている B: 優れている C: 劣っている

図 249-3 インバータ制御溶接電源の出力制御素子の比較

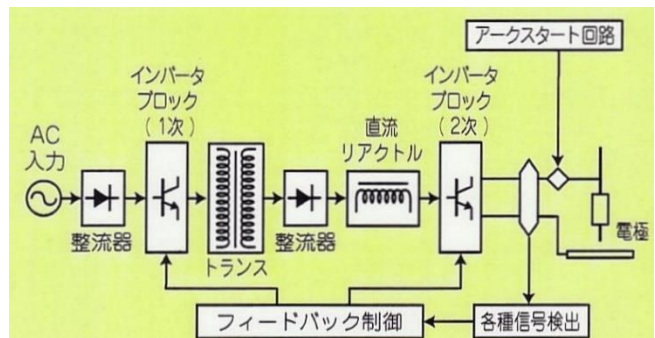


図 249-4 トランジスタインバータ制御による
ティグ溶接電源の主回路構成
(教本「アーク溶接の世界」より抜粋、引用)

再び、山本論文 (D-1) に戻ります。

図 249-5 は市販されているアーク溶接電源の質量を比較したもので、サイリスタ式に比べてインバータ式は変圧器や直流リアクトルを軽量化できるため、全体として 1/2 以下に軽量化されている。最近では、200A で 10 kg 以下の被覆溶接用直流電源も市販されている。

図 249-6 は、溶接電源の制御回路の主要な部品及び制御方式の変遷を示したものである。出力制御回路は、サイリスタ制御からインバータ制御へと移行しているが、それにともない制御回路の主要部品は、IC、マイコンへと移行している。さらに最近では、より高性能なマイコンの採用や制御回路の信頼性を高めるために ASIC が採用されている。制御方式では、アナログフィードバック制御からマイコンによるデジタル制御へと移行しつつある。これは、アーク溶接現象のような変動の大きい情報を統計的に取り扱うためにファジィ制御のような新しい制御理論が採用されるようになり、それを実現するためにはマイコンによるデジタル制御が必須になりつつあるためである。

図 249-7 は、現在までのインバータ制御電源の各種アーク溶接法への適用状況についてまとめたものである。交流、直流及び交流と直流の併用に分類し、さらに純直流と低周波、中周波、高周波の各パルスを重畳した直流に分類している。

交流 GMA 溶接や交流と直流とを交互に繰り返す AC/DC 切替え GTA 溶接などが一部で実用化されており、また炭酸ガスアーク溶接においても新しい波形制御法が開発されている。

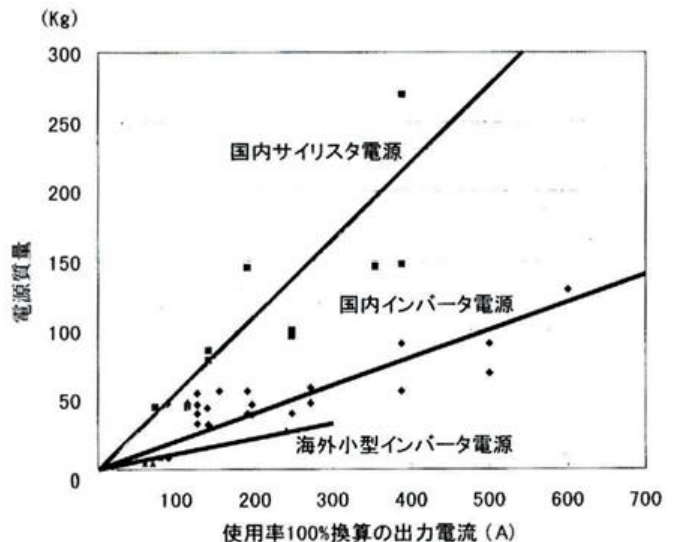


図 249-5 各種ガスシールドアーク溶接電源の質量の比較

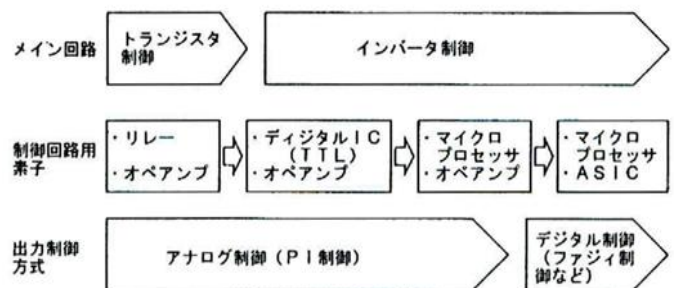


図 249-6 制御回路用主要部品の変遷

プロセス		MMA		GMA		
電流制御				CO2	MAG	MIG
D C	A C	—	◎	○	○	○
	直流	◎	◎	◎	◎	◎
	低周波パルス	—	◎	—	○	○
	中周波パルス	—	◎	○	◎	◎
	高周波パルス	—	○	—	—	—
AC-DCハイブリッド		—	○	—	—	○

◎：広く実用化 ○：研究報告，一部で実用化 —：研究報告なし

図 249-7 インバータ制御電源の適用状況

次話では引き続き文献 D-1 を参照し、1990 年代後半における溶接電源による溶接アーク現象の制御などダイヘン殿の考え方とその実際について抜粋，引用し当時を振り返ってみたいと思います。

以上。

*1) 文献 D-1；山本英幸 レビュー&トレンド アーク溶接電源 —溶接アーク現象の制御とその進歩—
溶接学会誌 第 66 巻(1997) 第 8 号 P49~56

*2) 「アーク溶接の世界」パートⅢより引用；

日本溶接協会 電気溶接部会 (2000 年 1 月 編集委員長 埼玉大学 大嶋健司教授)