

アーク溶接電源の新技术と今後の課題

日立ビアメカニクス(株)

三 田 常 夫

New technology and next task in arc welding power source

by Tsuneo MITA

キーワード: 溶接電源、電流波形制御、パルスマグ・ミグ溶接、交流溶接、溶込み制御

Keywords: power source, current waveform control, pulse MAG/MIG, AC welding, penetration control

1. はじめに

近年の目覚ましいパワー制御素子・各種電子制御技術の進歩を活用して、従来の溶接電源ではほとんど不可能あるいは極めて複雑な制御を必要とした出力制御手法も比較的容易に実現できるようになった。また一方では、各種計測機器・手法の進歩あるいはシュミレーション技術の進展などにより、アーク溶接現象のより細部に対する理解が進められている。

このような技術動向を背景として、新しいアーク溶接プロセスや出力波形制御方法を搭載した溶接電源が次々に開発されてきた。その概要はFig. 1のようであり、溶接電源の出力制御方式がサイリスタ制御からトランジスタ・チョップパ制御へ、そしてインバータ制御へと移行するにつれ、溶接電源の制御対象は出力のより細部に推移してきた。最近では、高速かつ精密な出力制御が可能な高性能・高機能電源、操作性・作業性の改善などを目的とした知能化電源の他に、生産現場のIT化なども視野に入れたデジタル制御電源の開発も進められている。

ここでは、アーク溶接電源の比較的新しい出力制御方法のいくつかを取り上げ、その溶接方法の概要・特徴などを紹介するとともに、今後の課題についても述べる。

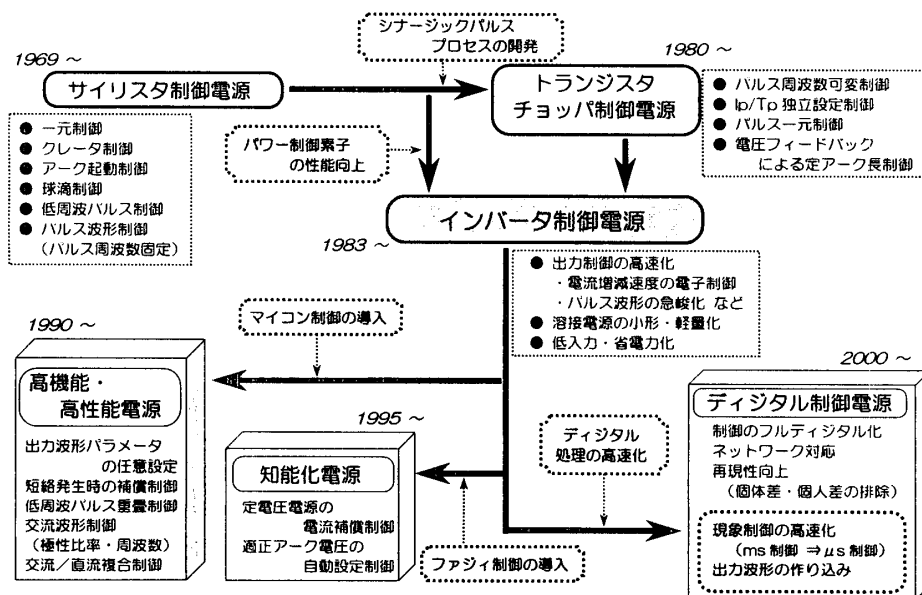


Fig.1 Development of arc welding power source

2. 直流パルス溶接電源

2.1 矩形波パルスマグ溶接電源

インバータ制御方式の採用によってパルス電流波形の急峻化はかなりのレベルに到達したが、それでも基本的には台形波の域を出ていない。しかし、パルス電流からベース電流(あるいはベース電流からパルス電流)への移行時に、それぞれの電流に対応したリアクタへ蓄えられたエネルギーを他方のリアクタへ変換する特殊回路を採用することによって、Fig. 2のようなほぼ矩形波状のパルス電流波形を得ることができる。

このような矩形波パルス電源では、溶滴移行の安定性がより一層向上するとともに、アークの指向性・硬直性も大幅に改善され、例えばFig. 3に示すように、板厚6mmtの鋼板を1秒以下の短時間で貫通することも可能となる。

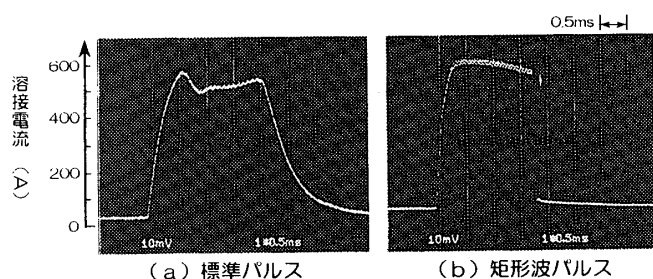


Fig.2 Comparison of pulse current waveform

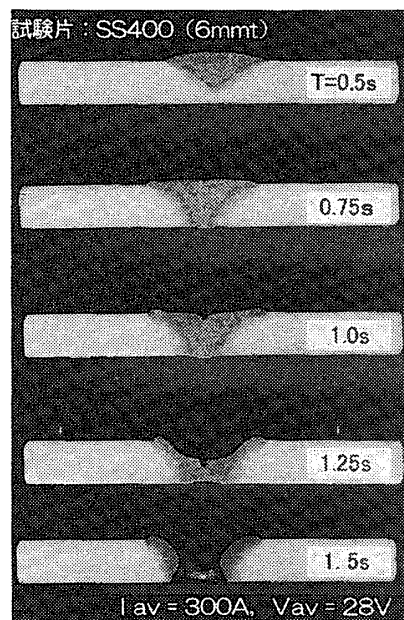


Fig.3 Correlation between arc time and penetration

2.2 小電流パルスミグ溶接電源

作業能率を考慮して、ティグ溶接からマグ・ミグ溶接への移行が広範囲な分野で検討されているが、例えばφ1.2mm アルミニウムワイヤを用いたパルスミグ溶接では、その下限電流値をせいぜい60A程度までしか低下できないため、板厚2mmt以下のアルミニウム薄板をパルスミグ溶接することはかなり困難である。小電流パルスミグ溶接はこのような問題を解決するために開発された手法で、Fig. 4に示すように、パルス電流、パルス幅およびベース電流を従来(標準パルス)より小さくすることによって、下限電流値の大幅な低下を可能としている。

パルス電流およびパルス幅を所定の値より小さくすると、1パルス1溶滴移行の規則性は失われるが、小電流パルスミグ溶接では、Fig. 5のように、最初のパルスでワイヤ端に溶滴を形成し、次のパルスでその溶滴を離脱させる、(A)いわゆる2パルス1溶滴移行を規則的に繰り返す。その結果、30A程度まで電流値を低下させても安定なアーク状態を維持することが可能となり、Fig. 6のように、板厚1.0mmtのすみ肉溶接継手にもパルスミグ溶接を十分適用できる。

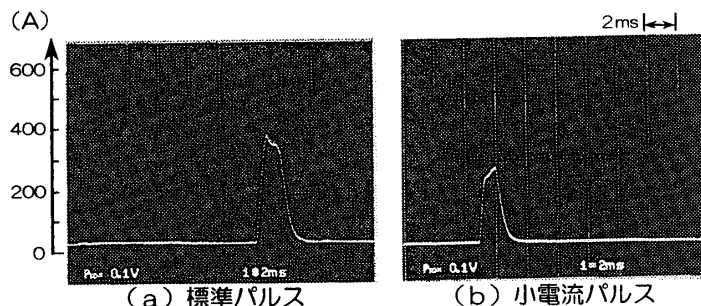


Fig.4 Pulse current waveforms for aluminum welding

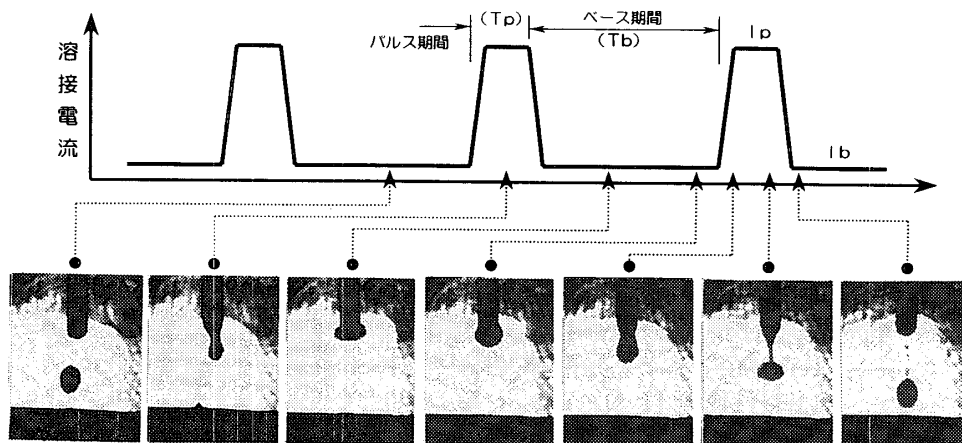


Fig.5 Droplet transfer of special pulse MIG welding for small current range

3. 交流波形制御溶接電源

3.1 交流パルスミグ溶接電源

交流パルスミグ溶接は、EP極性の小電流とEN極性の小電流を交互に通電することによって、直流パルスミグ溶接と同様に、大電流期間で溶滴の形成およびワイヤ端からの離脱を制御し、交流周期に同期した溶滴移行(1サイクル1溶滴移行)を実現するミグ溶接方法である。EN電流として通電される電流値は、直流パルスミグ溶接のベース電流値と同様の数10

A程度であるが、交流パルスミグ溶接での溶込み深さは、EN極性の作用で、Fig. 7に示すように、直流パルスミグ溶接の場合より減少する。

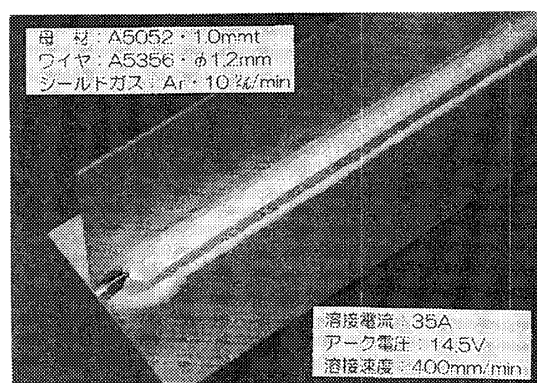


Fig.6 Example of small current pulse MIG welding

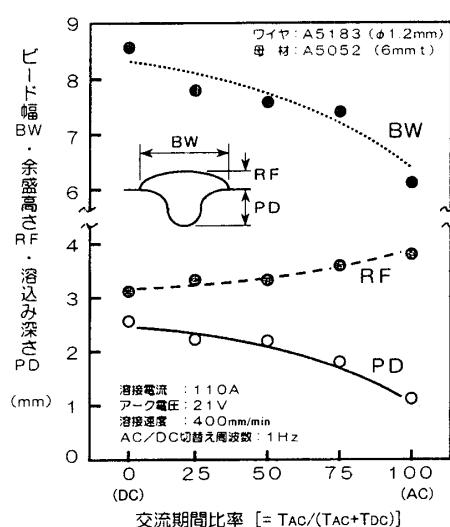


Fig.7 Effect of AC duration ratio for bead shape

現在、アルミニウム合金部品などの溶接に実用化されている交流パルスミグ溶接の電流波形制御方法には、Table1に示すように、単純な交流パルス、2種類の交流パルス波形を交互に繰返す低周波重畳交流パルス、および交流パルスと直流パルスを交互に繰返す交流/直流複合パルスの3種類がある。なお交流/直流複合パルス溶接では、Fig. 7に示したように、交流パルス期間と直流パルス期間の時間比率を変化させることによって、溶込み深さやビード形状を制御することができる。

低周波重畳交流パルスミグ溶接および交流/直流複合パルスミグ溶接の適用例を、それぞれFig. 8ならびにFig. 9に示す。これらのパルス制御は、ティグ溶接に酷似した明瞭なビード波の形成を目的として用いられることが多い。

Table 1 AC pulse welding methods and their feature

パルスの種類	溶接電流波形	制御対象			主な特徴・効果
		溶滴	溶融池	入熱	
交流パルス		◎		○	◆ 1サイクル1溶滴移行 ◆ 極性効果で溶込み減少 ◆ 溶着速度 max40%増
低周波重畳交流パルス		○	◎	○	◆ 2種類の交流パルスを所定周期で交互に切替 ◆ パルス周期の整数化処理で溶滴移行を安定化 ◆ 規則的なビード波形成
交流/直流複合パルス		○	○	◎	◆ 交流パルスと直流パルスを交互に出力 ◆ 交/直時間比率で溶込み深さを制御 ◆ 明瞭なビード波形成

◎ 主に関係する ○ 関係する

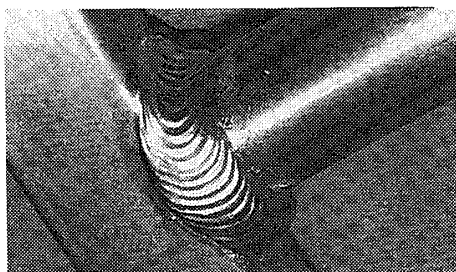


Fig.8 Example of AC pulse MIG welding superposed low frequency pulse control

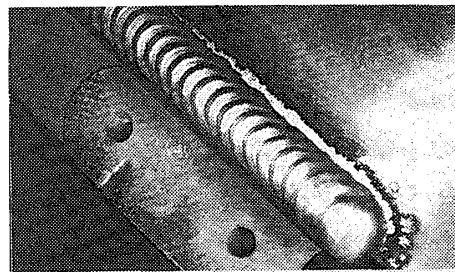


Fig.9 Example of AC/DC hybrid pulse MIG welding

3.2 低周波交流マグ溶接電源

自動車ボディなどの溶接には、抵抗スポット溶接が多用されている。しかし抵抗スポット溶接ではワークを両面から挟み込むことが必要であり、溶接部位によっては電極を挿入するための作業穴を設けるなどの対策を講じることが必要となる。

一方、マグ溶接は片面作業で、作業穴の設置を必要としないが、近年の車体の軽量化を目的とした鋼板の薄肉化にともなう板厚1mm以下の薄板溶接継手の増大を考慮すると、入熱過大に起因した穴明き(溶落ち)を生じ易いといった問題がある。Fig. 10(b)に示す低周波交流マグ溶接は、このような問題を解決するために開発された溶接方法である。

交流を用いることにより、母材入熱の低減、ワイヤ溶融量の増加といった作用が生じ、穴明きの防止、ギャップに対するブリッジ性の向上などの効果を得ることができる。またEP/EN極性時間比率を変化させることによって、溶込み深さやビード形状の制御も可能である。板厚0.6mm、ギャップ2mmの重ねすみ肉溶接継手への適用結果を、Fig. 11に示す。過大なギャップを有する極薄板の溶接であるにもかかわらず、低周波交流マグ溶接では良好な溶接結果が得られる。

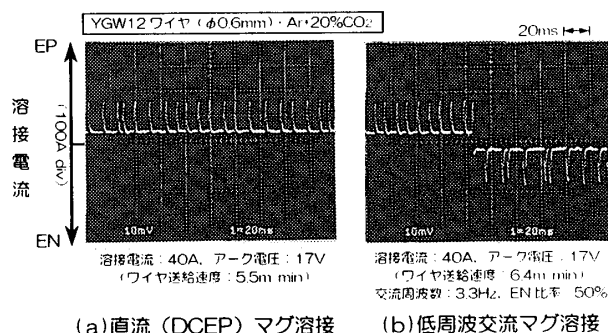


Fig.10 Current waveforms in small current MAG welding

3.3 交流周波数制御ティグ溶接電源

インバータ制御交流ティグ溶接電源の交流周波数は、通常50～60Hz程度に固定されている。しかしFig. 12のように交流周波数を増加させると、アークの集中性が増加し、直流(DCEN)に近いアーク特性が得られる。

ビード形状におよぼす交流周波数の影響はFig. 13のようであり、周波数が増大するに従って溶込み深さ、ビード幅は増加し、クリーニング幅は減少する。

このような傾向は小電流域で特に顕著となるため、アルミニウム薄板の溶接など、アークがふらつき易い小電流域での交流ティグ溶接の作業性改善に効果が大きい。

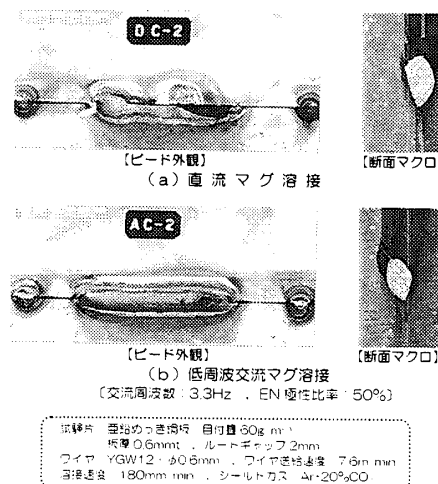


Fig.11 Lap joint welding for extremely thin steel plate

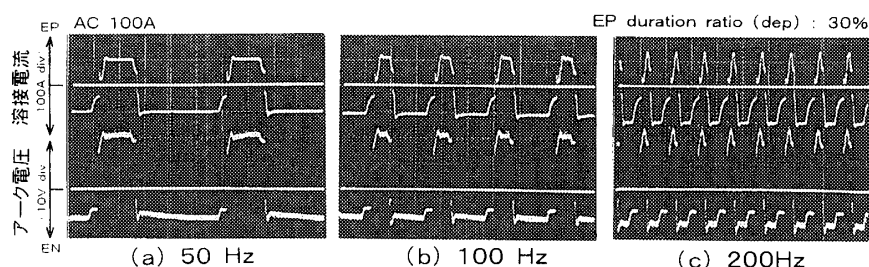


Fig.12 Current and voltage waveforms of AC TIG welding in typical AC frequency

4. 今後の課題

インバータ制御方式の導入によって溶接電源の出力制御技術は大幅な進歩を遂げ、上述のように直流波形から交流波形まで広範かつ複雑な電流波形制御方法が開発・実用化されてきた。そして最近では、溶接電源のデジタル制御化が新しい波として出現しつつある。

現時点でのデジタル制御は、メータのデジタル表示、溶接シーケンスの制御、実ワイヤ送給速度のフィードバック制御、ネットワーク対応機能の搭載など、初期段階的なものにすぎないが、その将来性は極めて大きい。例えば、処理速度の高速化によって、現状msオーダーで制御されている出力を μ sオーダーで制御できるようにすることも、現在のデジタル処理技術レベルからすれば不可能ではない。

しかし、このような制御速度の高速化は、従来の基本的には直流リアクタの作用に基いた出力波形制御手法を根本から覆す恐れがあり、出力波形をどのようにして作り込むかが重要な課題であろうと考えられる。すなわち、膨大なものとなることが予想される電源制御データベース、溶接・施工条件データベースをどのようにして構築するかが重要であり、電源メーカーのみで対処できるものではないと思われる。

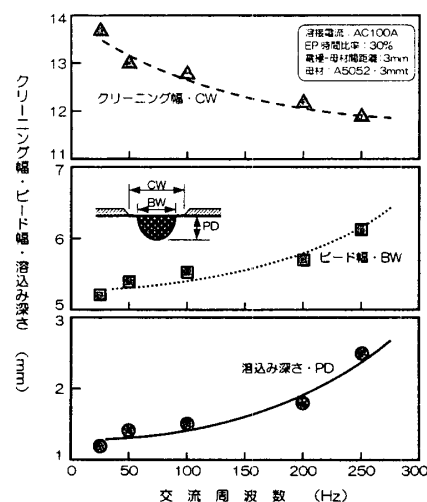


Fig.13 Correlation between AC frequency and bead shape