

前話では 97 年溶学誌の山本英幸氏論文より引用させていただき、主に溶接電源のソフトウェアのカナメである溶接アーク現象との関わりについて説明がなされ、その高速応答性の進歩により直接的に制御できる現象の対象範囲が拡大できると強調されている。

具体的にはショートアーク溶接およびパルス電源によるマグ／ミグ溶接法について各波形制御の動向とそれらの要点につき説明がなされた。本話では、引き続き、交流ミグパルス溶接法から説明を再開します。

3.3 パルス電源によるマグ／ミグ溶接法\*1)

図 251-1 に示す交流ミグパルス溶接法\*2) は、パルス電流期間の前後を電極プラス (通常のミグ溶接の極性) にし、ベース電流の一定期間を電極マイナスに反転させるパルス溶接法の変形である。この方法は、電極マイナスでワイヤ比溶融量が増加する良く知られた溶接現象を積極的に利用し、極性比率を変化させることで、母材の溶け込みと余盛量の比を調整するものである。

図 251-2 は交流期間比率によるビード形状の変化を示したものである。このほか上記の交流パルス電流と通常の直流パルス電流とを交互に切替える複合形のパルスミグ溶接\*3) も提案されている (図 251-3 参照)。

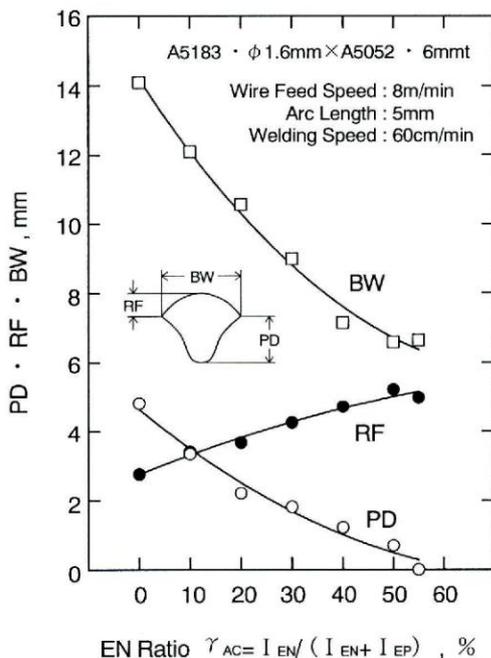


図 251-2 EN 比率によるビード形状の変化

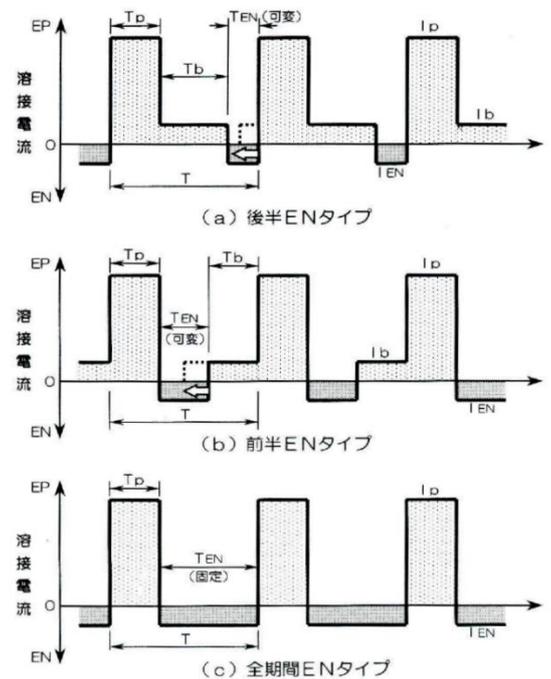


図 7 交流パルスミグ溶接の電流波形

図 251-1 交流パルスミグ溶接の電流波形\*2)

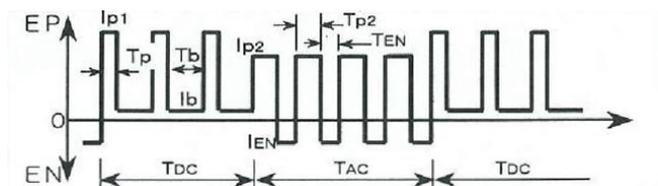


図 251-3 パルスマグ／ミグ溶接の「交流／直流 複合制御」による電流波形\*3)

### 3.4 ティグ溶接における電源の各種波形制御法

直流電源によるティグ溶接では、1 Aから 500A までの広範囲の出力安定化が図られ、数 1000Hz までの各種パルス波形が提案され、溶融池に対するアーク力の影響や、溶け込み特性などが詳しく研究されている。

ティグ溶接の高能率化のため、ホットワイヤの併用が薦められ、アークとの相互作用の制御のためパルス加熱電源の開発と実用化がすすんでいる。

ティグ溶接の自動化、ロボット化で問題となる高周波ノイズ対策として、インバータ制御の高速応答性を活用して、新しいアークスタート方式が開発されている。図 251-4 に従来の高周波重畳方式と比べた特徴を比較する。

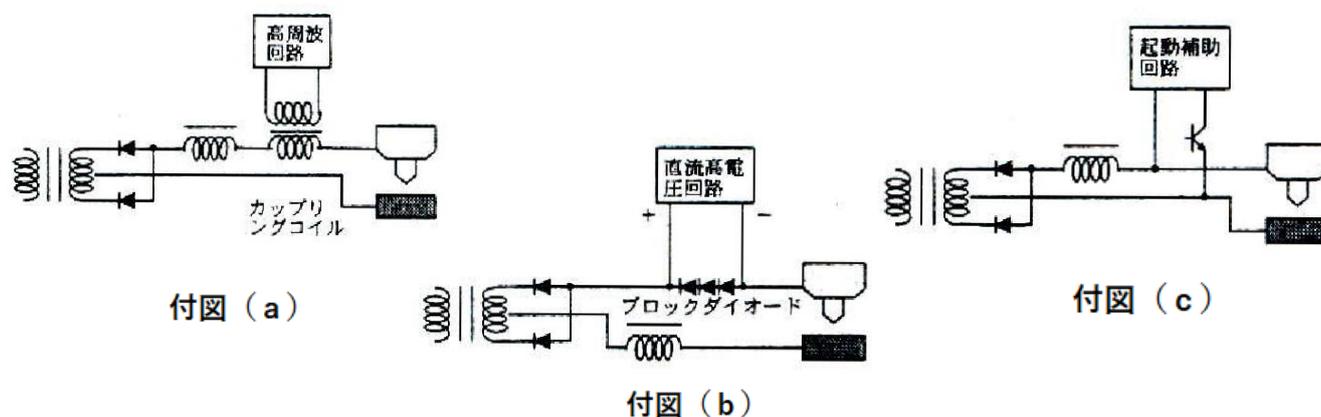
アルミニウム合金などのティグ溶接用の交流電源にも交流波形を任意に制御できるインバータ電源が実用化されてから以下のような利点が発揮されている。

#### (1) アーク再点弧用高周波火花放電が不要

極性切り替え時の電流反転速度を一定以上に速くするとアークの再点弧用高周波火花放電の併用は不要となることが放電現象から確認されている。従来、高周波火花放電は電波障害や周辺機器の誤動作を引き起こす雑電源となるため、最近のロボットなどに代表される電子機器との組み合わせに問題があったが、この点に関しても改善された。

	高周波重畳 スタート方式	直流高電圧印加 スタート方式	リフト スタート方式
原理	付図 (a)	付図 (b)	付図 (c)
延長ケーブル時の スタート性	△	○	○
ノイズ	×	○	◎
スタート時電極 消耗	○	○	○
作業性	○	○	△
安全性	○～△	△	○
経済性	◎	△	○

図 251-4 ティグ溶接におけるアークスタート方式の比較



**高周波接地に関する注意点（筆者コメント）；**

溶接ケーブル，トーチ，アースケーブル，冷却水循環装置および母材などにアースがとられていないとそれらが高周波の発生元となって表層・表皮を伝播して，一次電源コード，ブレーカなどに伝達し不都合を生じます。高周波はモノの表層を伝播するという，いわゆる表皮効果があって，アークの正常な発生には不都合が生じます。

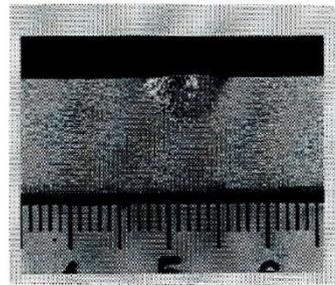
このような高周波漏れを軽減するため，溶接機はもちろんのこと，溶接作業場所付近（半径15m）にある金属製のものや電化製品（各取扱説明書に従い）はアースを取ってください。

また，TIG トーチ，アースケーブルは短いものを使用することをお勧めします。

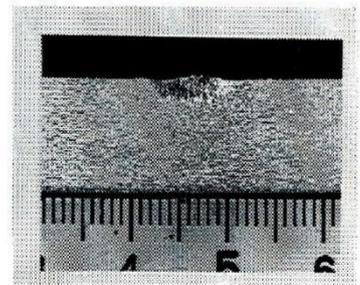
**(2) 母材の溶込み制御が可能**

アルミニウムとその合金の交流ティグアーク溶接では溶接電流の棒プラス時（DCEP），棒マイナス時（DCEN） 各々の時間比率により，溶込み深さ，ビード幅，クリーニング幅が変わることは良く知られている。また，図 251-5 に示すように交流の波形により溶込みが変化する。

目的により図 251-6 に示すように，平衡矩形波形，非平衡矩形波形及びサイン波形の3種類が使い分けられている。



(a) インバータ制御  
(矩形波)



(b) サイリスタ制御  
(サイン波)

図 251-5 アルミニウム交流ティグ溶接における制御方式と溶け込み深さ

また，溶学誌（2000）第3号の「アーク溶接技術の進展」の三田常夫氏論文から交流ティグ溶接に関する記述を下記に引用します。

交流ティグ溶接では，広範囲な極性比率制御が可能となり，クリーニング幅や溶込み深さの制御，あるいは電極消耗の抑制などに効果が得られる。さらに第 214 話の図 240-1 にみるように，交流周波数を増加させると，直流アークに近い圧力分布を持つ交流アークを得ることができる。

表 251-1 は，その交流周波数制御の効果を示す一例で，交流周波数を高くすることによって交流アークの集中性が改善され，ビード幅，クリーニング幅が狭く溶込みが深い溶接ビードとなる。

電流波形	溶接性の特長
<p><math>I_{EN} = I_{EP}</math> EN, EP時の電流ピーク値が等しい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●最も一般的な電流波形であり，矩形波であるために極性反転時の高周波の重量は不要。</li> <li>●薄板から厚板まで幅広い範囲での溶接が可能。</li> </ul>
<p><math>I_{EN} &lt; I_{EP}</math> EP時の電流ピーク値の方が高い。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●集中したアークとなり，薄板隅肉溶接などに有効である。</li> <li>●EN比率が高くなるために電極の消費量が少なく経済的である。</li> </ul>
<p><math>I_{EN} = I_{EP}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●アーク音が低く，作業性が良好である。</li> <li>●アークに広がりがあり，薄板の突合せ溶接に有効である。</li> <li>●極性反転時の電流の立ち上がり素早く，高周波不要。</li> </ul>

図 251-6 インバータ制御における各種溶接電流波形とその特徴

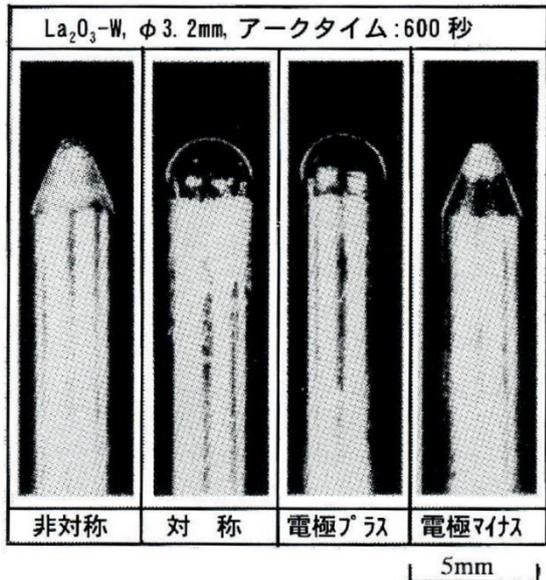


図 251-7 交流ティグにおける極性と電極消耗

### (3) 電極消耗の低減

交流ティグアーク溶接では、棒プラスの極性時に電極が加熱されるため、図 251-7 に示すように EP 比率が高いほど電極消耗量が多く電極先端が丸くなる。EN 比率が高く設定できれば、尖らせた状態で長時間使用できるのでアーク指向性がよく、自動溶接などに最適である。最近では、さらに交流と直流を低周波で切替える電流波形も提案されて、作業性の改善を図っている。

次話の第 252 話および第 253 話では、2000 年以降 2017 年の間における「アーク溶接電源の進歩の概要」を理解する一助として、溶接学会誌、溶接技術誌に投稿されたダイヘン殿、パナソニック殿および三田常夫氏執筆による文献の一覧を示します。但し筆者の所有書籍の中から選んでいるため、すべてを網羅できていませんことをお許しください。

なお、第 254 話では、2001 年 12 月号に「溶接技術誌」に掲載された松下溶接システム(株)の米森茂樹氏らによる論文「溶接電源からのデジタル化へのアプローチ」(文献 P-1) より引用させていただき、デジタル化への考え方と実機への展開例について学習を予定します。

以上。

- \*\*\*\*\*
- \*1) 文献 D-1 ; 山本英幸 (株)ダイヘン: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 卷(1997) 第 8 号 P49~56
- \*2) 文献 M-2 ; 三田常夫 日立ピアメカニクス(株);「特集 溶接プロセスの高効率化」 溶接電源・機器による高効率化 溶接学会誌 第 72 卷(2003) 第 2 号 P20~25
- \*3) 文献 M-1 ; 三田常夫 日立ピアメカニクス(株);「特集 21 世紀の溶接施工技術の展開」アーク溶接技術の進展 溶接学会誌 第 69 卷(2000) 第 3 号 P6~12

表 251-1 ビード形状に及ぼす交流周波数の影響\*2)

交流周波数 (Hz)	ビード外観	断面マクロ
25		
50		
100		
200		
250		

AC100A dep = 30% シールドガス: Ar・10 ℓ/min (A5052, 3mmt)