

アーク溶接 第 265 話 グループ GD3（その 2）の紹介／低入熱制御への取組み 高木柳平
--- 交流 GMA 溶接電源による入熱制御 ---

本話では、[第 263 話](#)に引き続いて低入熱制御への取組みとして、交流 GMA 溶接電源による場合を紹介しします。

すでに交流ミグパルス法については[第 251 話](#)でも紹介したように、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。

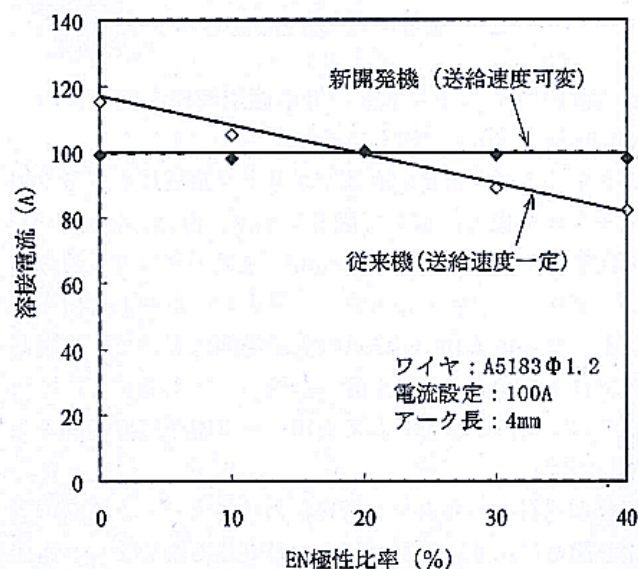
溶学誌 2004 年第 10 号の[参考文献 D-2](#)に示される交流パルスミグ溶接機「DW-300」の記述には、その進展過程として次のように記されている。

- 2000 年のはじめ頃までは、極性比率の増加にともなって溶接電流が小さくなって母材への入熱が減少し溶け落ち問題の解決につながるとされてきた。
- ところが 2000 年の初頭に開発された直流パルスミグ・マグ溶接機「DP-350」でも $t = 0.8$ までの薄板が溶接可能となり、今までの常識では両プロセスの相異が理解し難い。
- これらの背景を考察された結果、同一溶接電流であれば直流パルスミグ溶接と交流パルスミグ溶接の耐溶け落ち性も同じと結論された。

両プロセスの大きな差は継手ギャップ裕度であり、同一溶接電流において EN 極性比率が大きいほどギャップを埋めるための溶着金属量（ワイヤ送給速度）が多くなり、ギャップ裕度が広いと考えられる。

- 従来の交流パルスミグ溶接機の使いづらい点としては[図 265-1](#)にみるように EN 極性比率を 0～40% の範囲にわたって調整するとワイヤ送給速度が定速送給方式により一定のために実際の溶接電流は約 ±15% も変わる（100A-20%EN 比率設定時）。新開発の DW-300 電源では EN 極性比率調整に連動してワイヤ送給速度を自動的に微調整する方式を採用することにより、これらの課題を解決した。

- 交流パルスミグ溶接では母材入熱あるいは溶込み深さが主に溶接電流に依存し、ギャップ裕度は EN 極性比率に依存する。実用上、板厚や希望の溶け込み深さにより溶接電流を決め、ギャップ幅により EN 極性比率を設定し、適正アーク長（3～5 mm）になるようにアーク電圧を調整すればよい。



次に、[参考文献 D-7](#)における交流パルスマグ／ミグ溶接法の紹介に移ります。

図 265-1 同一電流設定値における溶接電流と EN 極性比率の関係の比較

AC-CBT (Controlled Bridge Transfer) 法を主とした低周波 AC マグ溶接と、前項でも示した EN 極性比率調整に連動してワイヤ送給速度を自動的に微調整できるシナジック AC パルスミグ溶接法が、説明されている。順を追ってみることにします。

(1) 低周波 AC マグ溶接

- GMA 溶接では通常 EP (Electrode Positive, 電極プラス) 極性を用いるが、これを EN (Electrode Negative, 電極マイナス) にすると、母材への入熱よりもワイヤへの入熱が大きくなる。このため図 265-2 に示すようにワイヤ溶融速度が増大する。
- このことは、ワイヤ溶融速度の増加分だけワイヤを多く溶融しなければならないため、母材への入熱は相対的に低減されることを意味する。
- このような特性を利用して、EN 極性と EP 極性のワイヤ溶融特性を数 Hz 程度で交互に切り換える低周波 AC マグ溶接法が提案されている。

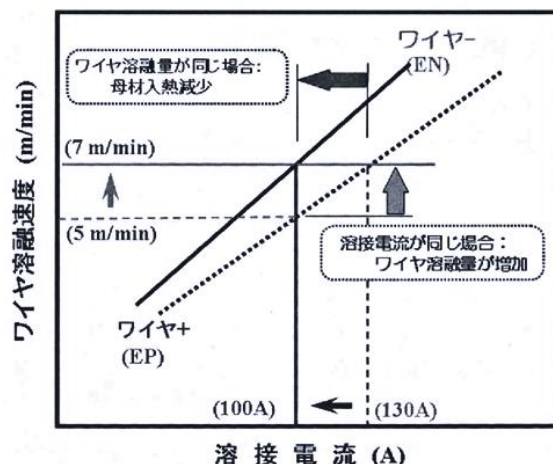


図 265-2 ワイヤ溶融に及ぼす極性の影響

図 265-3 に AC-CBT 法による電流一定制御にて溶接を行った場合における溶接電流・電圧波形の例を示す。出力極性毎に最適化されたアーク特性と電圧フィードバック制御により、出力極性が切り替わった直後から短絡・アーク周期を安定させ、極性毎に極端に異なるアーク時間にもかかわらず規則正しく短絡・アーク周期を繰り返す、非常に安定した AC 溶接を実現している。

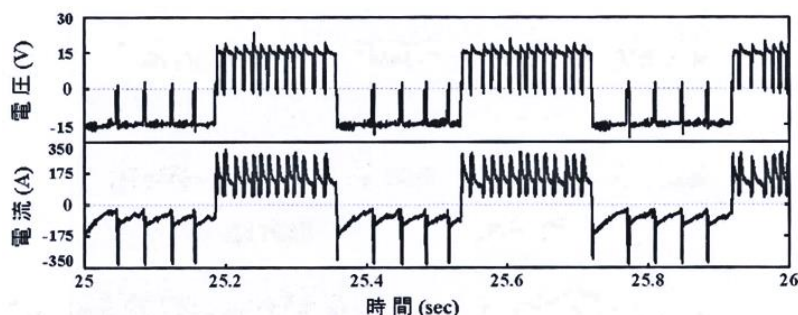


図 265-3 AC-CBT 法の溶接電流・アーク電圧波形の一例

図 265-4 はその効果を示したものである。溶接電流を一定にして、EN 極性の時間比率 (EN 時間比率) を増加させると、EN 時間比率の増加にともなって溶込みが減少する。EN 時間比率が 20 % の場合、過大な裏ビードが形成されるが、EN 時間比率 80 % にすると、裏ビードはほとんど形成されない。

MAG, φ1.2mm, SPCC1.0mm, AC周波数3.0Hz, 87A, 15.7V, 溶接速度50cm/min			
EN比率	20%	50%	80%
表面ビード			
裏波ビード			
マクロ断面			

図 265-4 ビード形状に及ぼす EN 時間比率の影響

(2) AC パルスミグ溶接

AC パルスマグ／ミグ溶接法に関しては D-7 および D-9, D-10 文献で繰り返し記述されているが、全体の論述は大きく変わらないので、D-7 文献より引用します。なお、D-7 に記載のない図表については D-10 文献より付加させていただきます。

- EP 極性の DC パルス GMA 溶接では 1 パルス 1 溶滴移行が行なわれるが、[図 265-5](#) のようにそのベース電流の一部を EN 極性とした AC パルス GMA 溶接においても、AC 周期に同期して 1 つの溶滴が移行する 1 サイクル 1 溶滴移行が行われる。
- EN 極性の GMA 溶接ではワイヤの溶融量が増加して母材への入熱が減少するため、AC パルス GMA 溶接の EN 比率（＝EN 極性電流／〔EP 極性パルス電流＋EP 極性ベース電流＋EN 極性電流〕）を変化させると、ビード断面形状は [図 265-6](#) のように変化し、EN 比率の増加とともにビード幅と溶込み深さが減少し、余盛高さが増加する。
- このような AC パルス GMA 溶接の特性は、過大なギャップを有する継手の溶接に有効であり、[図 265-7](#) に示すように、DC パルス GMA 溶接では良好な溶接結果が得られない 1 mm 以上のギャップを有する重ねすみ肉継手においても AC パルス GMA 溶接では良好なビード形成が可能となる。

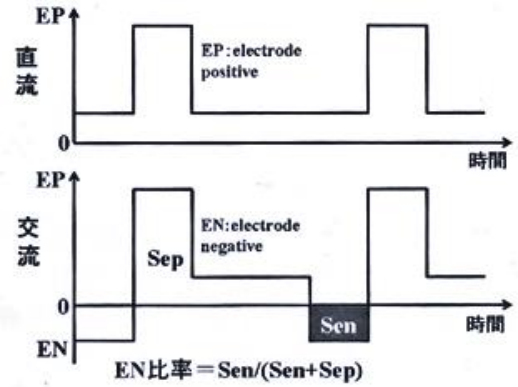


図 265-5 交流 GMA 溶接の原理

EN比率 0 %	EN比率 10 %	EN比率 20 %	EN比率 40 %
Ia=98A/Va=17.6V	Ia=88A/Va=16.2V	Ia=83A/Va=15.6V	Ia=65A/Va=15.6V

ワイヤ溶融速度：600cm/min、溶接速度：60cm/min

図 265-6 ビード形状に及ぼす EN 比率の影響

ギャップ	0 mm	0.5mm	1.0mm	1.5mm
直流パルス溶接				溶接不能
直流パルス溶接 (EN%=20%)				

ワイヤ：A5356、φ1.2mm 母材：A5052、1.0mm
ワイヤ溶融速度：380cm/min 溶接速度：100cm/min

図 265-7 重ねすみ肉溶接における耐ギャップ性の比較

またここですでに、[図 265-1](#) でみてきたように EN 極性比率調整に連動してワイヤ送給速度が自動的に微調整される制御を、ここでは シナジック AC パルス制御法 として紹介されている。すなわち、EN 極性比率が大きいほどワイヤ送給速度は速くなる。その結果、[図 265-1](#) に示すように、100A の溶接電流設定値において、EN 極性比率が大きく調整されても溶接電流はほぼ設定電流に等しい。

図 265-8 はギャップのある重ねすみ肉溶接を A C パルスミグ溶接で行った場合のビード外観とマクロ断面図を示す。EN 比率 0 % においては、ワイヤ溶着量が不足しワークのギャップを埋めることができないことが確認できる。EN 比率 10 % においては、ワークのギャップを埋めることはできているが、上板側にアンダーカットが確認できる。EN 比率 20 % においては、ワークのギャップを埋めることができ、上板側にアンダーカットも見られず、下板側にも十分な溶込み深さを得ることができていることが確認できる。

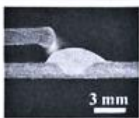
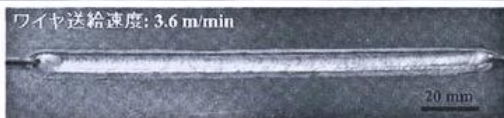
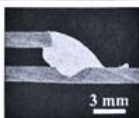
溶接電流：80A、溶接速度：80cm/min		
EN	ビード外観	マクロ断面
0 %	ワイヤ送給速度：2.8 m/min 	
10%	ワイヤ送給速度：3.2 m/min 	
20%	ワイヤ送給速度：3.6 m/min 	

図 265-8 重ねすみ肉溶接における耐ギャップ性の比較

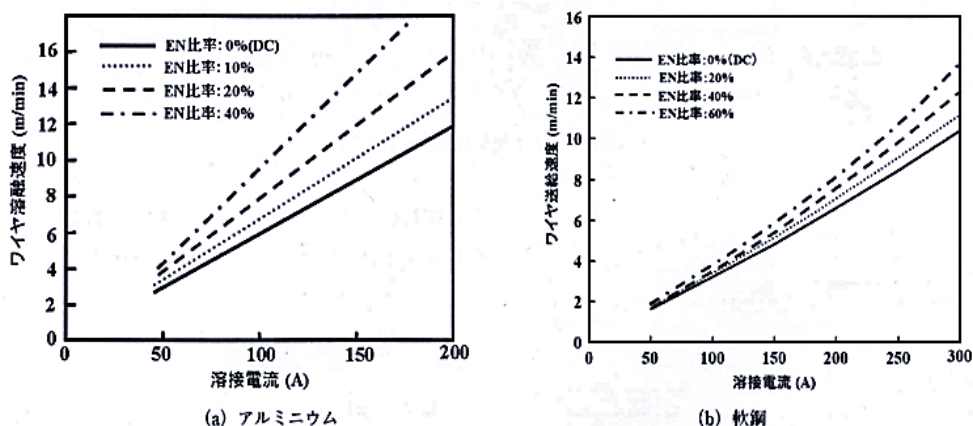


図 265-9 ワイヤ溶融特性に及ぼす EN 比率の影響 (文献 D-10 より引用)

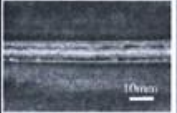
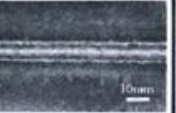
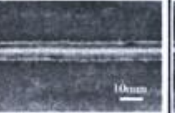
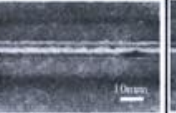
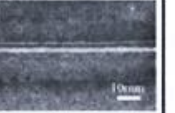
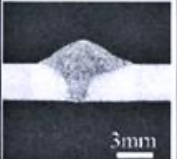
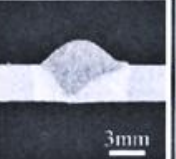
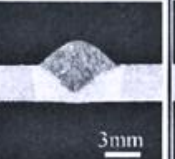
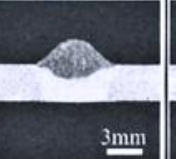
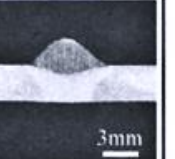
ワイヤ送給速度：700 cm/min、溶接速度：80 cm/min、ワイヤ：YGW-15、1.2 mm φ、 シールドガス：80%Ar + 20%CO ₂ 、20 l/min、母材：SPCC材、3.2 mm				
EN 比率 0%	EN 比率 15%	EN 比率 30%	EN 比率 60%	EN 比率 75%
電流：210 A 電圧：28 V	電流：205 A 電圧：26.5 V	電流：200 A 電圧：26 V	電流：170 A 電圧：24.5 V	電流：165 A 電圧：24.5 V
				
				

図 265-10 ビード形状に及ぼす EN 比率の影響 (文献 D-10 より引用)

次話の第 266 話では、グループ GD4 としてダイヘン殿における TIG 溶接電源・機器とその進歩について、関連文献を引用しながら振り返ります。

以上。