

前話の第 263 話では、低入熱溶接法のひとつとして「正極性溶接法」について説明しました。それによれば、ダイヘン殿が溶接機 DL-350 開発時に、正極性溶接プロセスに適したアーク安定化制御による低入熱溶接の実現と、短絡移行時のくびれ検出制御によるスパッタ発生の極力低減を同時に達成した。

また、EN-CBT 法による波形制御の最適化により、EN 極性時にワイヤ先端の陰極点の挙動が電圧変動につながる外乱現象を招くが、EN 極性向けに最適なアーク特性になるよう溶接波形制御の適正化を行なって、解決している。

以上の説明からわかるように従来の正極性溶接では、デジタルインバータによる電流波形制御を行う以前は、アーク不安定要素を多く含みかつ短絡すればスパッタが多発し、電圧を上げアーク長を長くすれば大粒の溶滴が形成されやすく、かつ暴れやすいので、アークを安定化させることが難しい状況であった。

当時 1990 年代のインバータ溶接電源を使用し、ホットマグ溶接法を筆者は大同特殊鋼時代に、世に出した。ホットマグ法の開発の中で正極性溶接へ適用したらメリットはないかと考え、検討した結果が一部手元に資料としてありましたので、筆者の正極性溶接法への思い出として以下に記します。

当時筆者としては、正極性溶接に対して通常どおり以下のように考えていた。

- ① 通常のカスシールドアーク溶接（溶極法）はワイヤプラス（逆極性；DCEP）
- ② 一般的に、アークは陰極降下エネルギーが大きく、陽極降下エネルギーは小さい
- ③ よって、DCEP では母材溶融が大きく、電極ワイヤの溶融量は小さい。
- ④ 逆に、DCEN では母材溶融が少なく、電極ワイヤの溶融量が多くなる

これらの考えを背景に、DCEN でかつ I^2R 法による予熱効果を併せ有するホットマグ溶接法への適用では、その効果が得られるのではないかと考えた。

ホットマグ溶接法の原理図を図 264-01¹⁾に示します。通常チップに相当する Contact Tip の先端に絶縁性を有する Ceramics Tip を取り付け、所定の突き出し長さを任意に得るようにしたものであります。

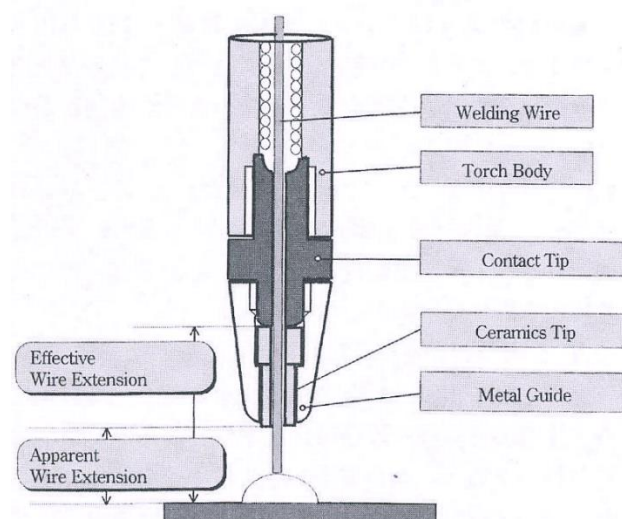


図 264-01 ホットマグ溶接法の原理図* 1)

1) ホットマグ溶接法を含む正極性溶接法の主な検討条件

- 溶接対象；軟鋼系薄板のマグ・ミグ系溶接・・・2. 3 t 普通鋼板にビードオン溶接
- 適用溶接ワイヤ；DD50EN（大同特殊鋼製）ワイヤ径 1.0Φ
- シールドガス；Ar+5%CO₂ および Ar+10%CO₂ の 2 種類
- 適用溶接電源；ダイヘン・インバータ 3 5 0 （従来タイプのインバータ溶接電源）
- 主なアーク状態の狙い；短絡移行条件では従来タイプの電源であるためスパッタが多発しやすく、それらを回避すべく適用アーク電圧をアップした、やや弱いスプレー移行が生成できる領域で検討。

各溶接条件におけるワイヤ送給速度 (cm/min)の測定結果を図 264-02 に、各溶接電流－アーク電圧条件におけるアーク安定領域の探索結果を図 264-03 に夫々示す。さらに代表的な溶接条件におけるビードオン溶接における外観観察とビード断面形状を図 264-04 に示します。

2) 検討結果とコメント

ア) 各溶接条件におけるワイヤ送給速度測定結果

- アークがより安定な Ar+10%CO₂ 条件で、電流 140A および 170A で比較すると、ほぼ 1 0 %の送給速度の増加となった。（図 264-02 および図 264-04 参照）

溶接電流(A)	ワイヤ送給速度 (cm/min)		EXT. 15→27に増加時の送給速度アップ率(%)
	EXT. 2 7 mm	EXT. 1 5 mm	
140	926	845	ほぼ 1 0 %
170	1159	1056	ほぼ 1 0 %

イ) 溶接電流－アーク電圧条件におけるアーク安定領域（図 264-3 参照）

検討した溶接条件のなかでは以下の傾向があることがわかった。

- ① 通常の突き出し長さ 15mm 条件では、ホットマグ法 27mm 条件に比べて、アーク安定領域が狭い。
- ② 換言すれば、ホットマグ法によるほぼ 10%のワイヤ増加率がアーク安定領域を広げる効果がある。

ウ) 代表的な溶接条件におけるビードオン溶接における外観観察とビード断面形状（図 264-4 参照）

- ビードオン溶接の外観観察からは、全般的にビード外観がミグ溶接条件のせいもあるが美麗である。
しかし、何度も評価試験中に感じたことは、時々大粒スパッタの発生をとまなうことでした。
大粒スパッタの発生をこの時点の組み合わせ条件では避けることができませんでした。
- ビード断面形状の観察からは、所定の浅溶け込みが容易に得られることが確認できた。

エ) 結果のまとめと感想

実施当時の思い出としては、正極性溶接法とホットマグ法の組み合わせでは適用できそうなアーク領域があるとの感触を得た。しかし大粒スパッタの時折発生する現象を回避できないことおよび、当時強く印象に残ったことはアーク力が弱く、周囲に発生する少々の油煙によるガス流にも反応してアークのふらつきを生ずることでした。

これらの不適合は、現在のデジタル式インバータ電源による電流波形制御とアーク安定化制御法をもってすれば解決できそうで、かつこの工法は、絶妙にマイルドなアーク状態が得られるメリットをもっていることを付け加えておきます。

* 1) 大同特殊鋼 溶材販売部 高木柳平, 大同特殊鋼 技術開発研究所 上仲明郎・乾 圭吾・堀尾浩次
高溶着溶接技術「ホットマグ溶接法」の開発とその適用 溶接技術 第 49 巻第 12 号 P97~103

図264-2 正極性溶接法におけるワイヤ送給速度比較 (例)

固定溶接条件：使用板厚 $t = 2, 3\text{ mm}$ (普通鋼板) 適用ワイヤ DD50EN (大同特殊鋼製) 1.0Φ
溶接速度：80 cm/min, 溶接電源：ダイヘンインバータ350, 溶接トーチ：ホットマグ用トーチ

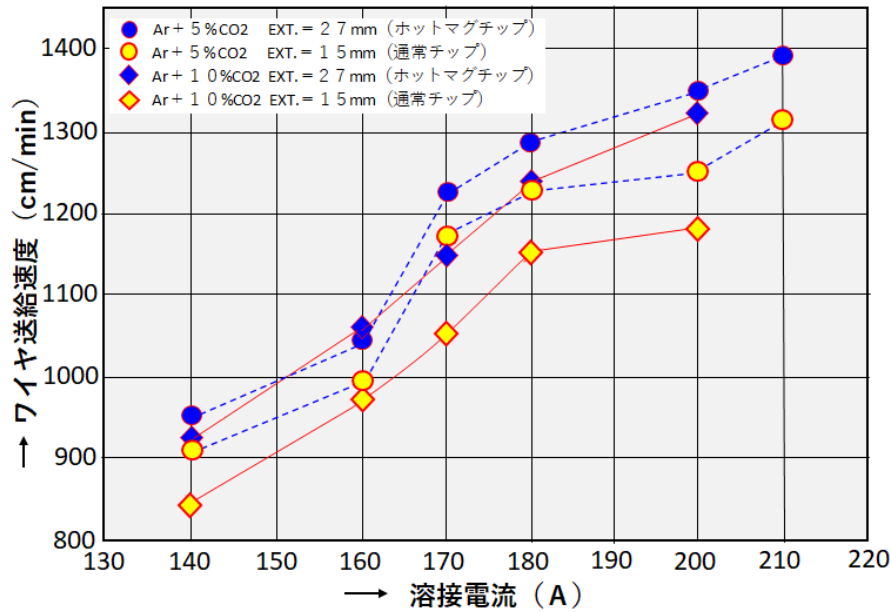
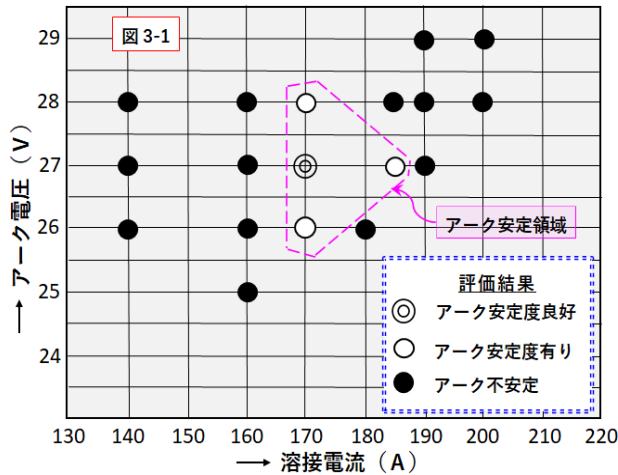


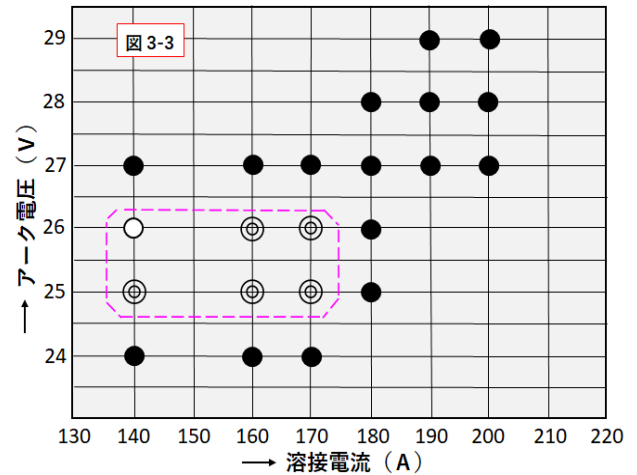
図264-3 ホットマグ溶接における正極性溶接へのアーク安定性の影響

固定溶接条件：溶接速度：80 cm/min, 使用板厚 $t = 2, 3\text{ mm}$ (普通鋼板) 適用ワイヤ DD50EN (大同特殊鋼製) 1.0Φ
溶接電源：ダイヘンインバータ350, 溶接トーチ：ホットマグ用トーチ

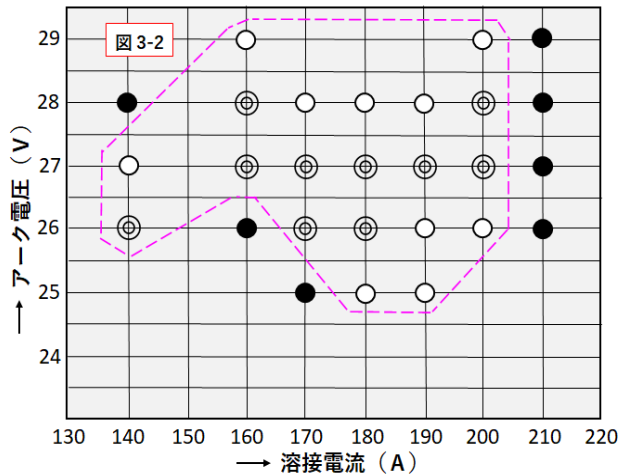
変化させた条件：シールドガス；Ar+5%CO₂
ワイヤ突き出し長さ：15 mm



変化させた条件：シールドガス；Ar+10%CO₂
ワイヤ突き出し長さ：15 mm



変化させた条件：シールドガス；Ar+5%CO₂
ワイヤ突き出し長さ：27 mm



変化させた条件：シールドガス；Ar+10%CO₂
ワイヤ突き出し長さ：27 mm

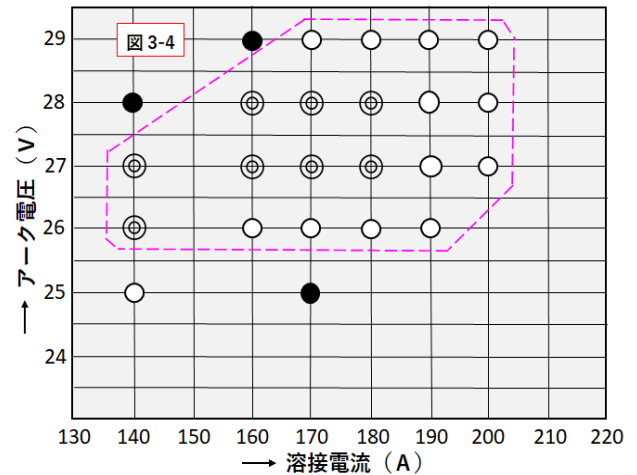
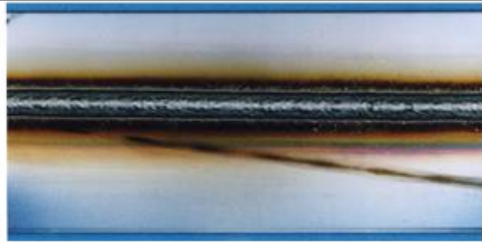
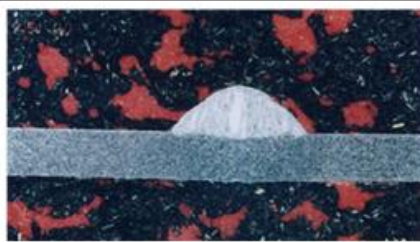
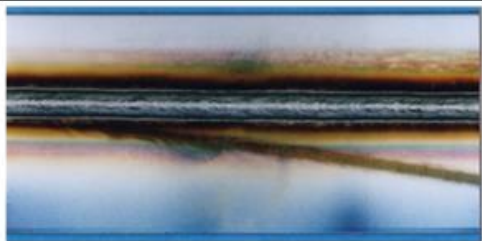
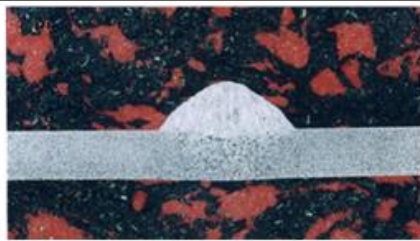
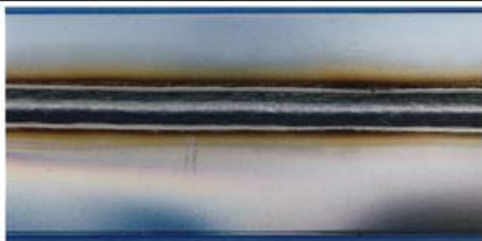
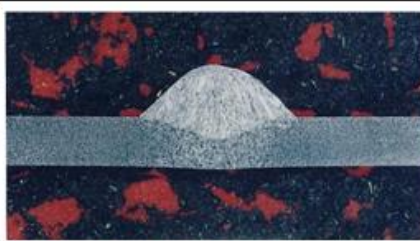
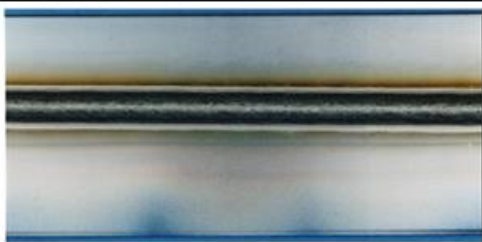


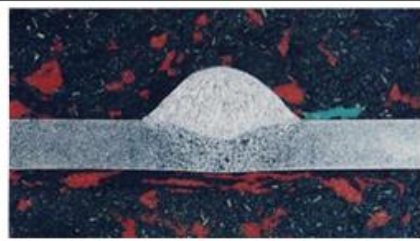
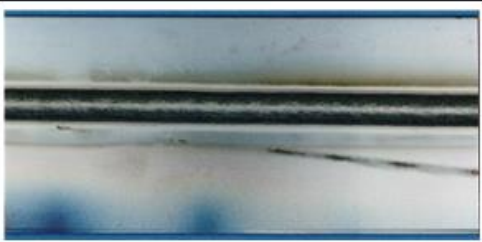
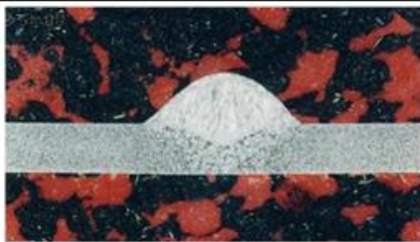


図264-4 ホットマグ溶接における正極性溶接への影響

固定溶接条件；使用板厚 $t = 2.3 \text{ mm}$ （普通鋼板）適用ワイヤ DD50EN（大同特殊鋼製） 1.0ϕ
適用シールドガス：Ar+10%CO₂ 適用溶接トーチ；ホットマグトーチ
溶接電源；ダイヘン製インバータ350

変化させた各種溶接条件	ビードオン溶接における外観 (×1)	ビード断面形状 (×5)
<ul style="list-style-type: none"> 溶接電流・アーク電圧・速度 140 A-26 V-80 cm/min ワイヤ送給速度 926 cm/min ワイヤ突き出し長さ 27 mm 		
<ul style="list-style-type: none"> 溶接電流・アーク電圧・速度 140 A-25 V-80 cm/min ワイヤ送給速度 845 cm/min ワイヤ突き出し長さ 15 mm 		
<ul style="list-style-type: none"> 溶接電流・アーク電圧・速度 160 A-27 V-80 cm/min ワイヤ送給速度 1060 cm/min ワイヤ突き出し長さ 27 mm 		
<ul style="list-style-type: none"> 溶接電流・アーク電圧・速度 160 A-25 V-80 cm/min ワイヤ送給速度 972 cm/min ワイヤ突き出し長さ 15 mm 		
<ul style="list-style-type: none"> 溶接電流・アーク電圧・速度 170 A-27 V-80 cm/min ワイヤ送給速度 1159 cm/min ワイヤ突き出し長さ 27 mm 		
<ul style="list-style-type: none"> 溶接電流・アーク電圧・速度 170 A-25 V-80 cm/min ワイヤ送給速度 1056 cm/min ワイヤ突き出し長さ 15 mm 		

次話では、[第263話](#)に引き続き、グループGD3（その2）の紹介／低入熱制御への取組みとして交流GMA溶接電源による入熱制御について紹介を予定します。

以上。