

いよいよ、本話より各文献の紹介に移ります。

文献 GD1 には、表 257-1 に示すようにダイヘン殿執筆の D-2,D-3&D-8 の各文献が含まれています。本話のなかでこれら 3 つの文献を詳しく紹介することはできませんので、概要に留めさせていただきます。ご了解下さい。

1. D-2 文献 の概要

1) 直流パルスミグ・マグ溶接機「DP-350」

1)-1 「DP-350」の構成

D-2 では、弊社新光機器においても購入した直流パルスミグ・マグ溶接機「DP-350」が解説されている。当時のデジタル溶接機の急速な技術革新のなかで、D 社が一大精力を注ぎ開発した機種であることが窺え、アーク現象に適したプロセス制御方法を新たに開発し、電源・リモコン・送給装置・トーチをすべて一新したとしている。図 258-1 に DP-350 溶接機の構成を記す。

① 主回路インバータ

- 新開発のソフトスイッチング式回路を適用した IGBT のスイッチング損失を低減。

- 高周波トランスの交流周波数；従来 13 kHz → 40 kHz この結果、直流リアクトルを非常に小さくできた。
- 電源の応答性格段に速くなり、アークスタート性改善，低電流アークの安定性改善

② 32 bit マイコン制御部；すべての制御機能を果たす

- シーケンス制御，電流波形制御，インテリジェントフィルタによるアーク長情報電圧の抽出，パルス周波数変調によるアーク長制御など

③ デジタル表示・設定式フロントパネル；視認性重視，非階層式のキー操作

④ デジタルリモコン；電源から最大 20 m 離れたところで設定可能

⑤ デジタルトーチ；溶接中においても I，V あるいは送給速度の調整と表示が可能

⑥ ワイヤ送給装置にエンコーダを採用

⑦ マイコンとフロントパネルとの間の情報転送；同期シリアル通信方式採用

デジタルリモコン，送給装置などとの情報転送；ノイズに強い CAN バス通信方式

1)-2 インテリジェントフィルタによるアーク長情報の抽出

図 258-2 にインテリジェントフィルタによるアーク長情報電圧の抽出を示す。

- パルスの 4 つの期間に応じて異常なアーク電圧成分を分離し，正しいアーク長情報を抽出。

短絡 A；時間の長い短絡；電圧低い→パルス周期大幅に短くなる→ワイヤ溶融速度速くなる→アーク長過大

短絡 B；時間の短い短絡；パルスピーク電圧と混在する

→パルス周期大幅に長くなる→ワイヤ溶融速度遅くなる→アーク長短くなり過ぎる

- このインテリジェントフィルタはソフトウェアによって

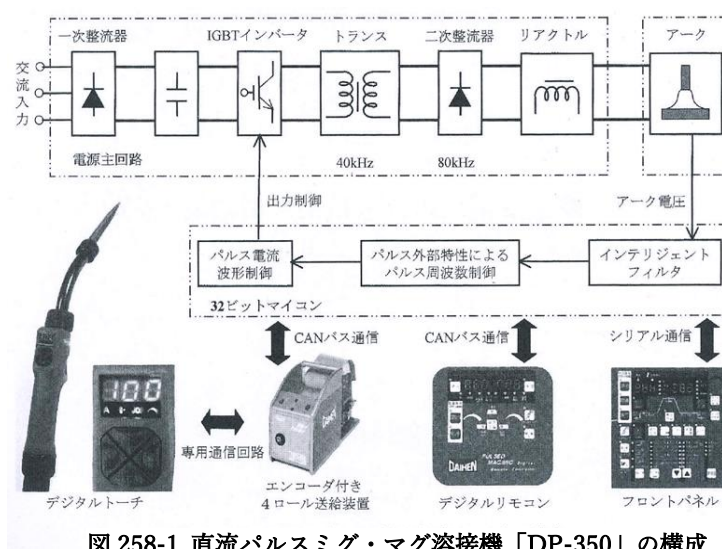


図 258-1 直流パルスミグ・マグ溶接機「DP-350」の構成

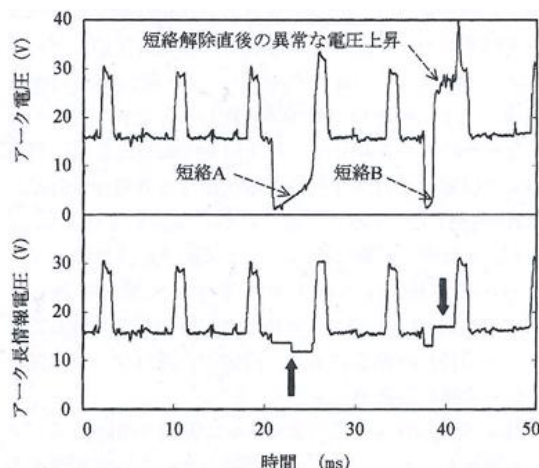


図 258-2 インテリジェントフィルタによるアーク長情報電圧の抽出

実現され、溶接中にアーク長の変化に応じて自動的にフィルタのパラメータを修正することによって異常なアーク電圧を合理的に除去でき、正しいアーク長情報を抽出してパルス周波数の乱れを防ぎ、アーク安定化、品質安定化に寄与する。

1)-3 パルス外部特性制御によるアークの安定化

- 従来の定電圧の溶接電源外部特性におけるアーク長制御系を事例として示すと以下の図式になる。



しかし、アルミニウム合金のパルスミグ溶接の場合は、ワイヤ先端と溶融池表面との間の最短距離（以下、見かけのアーク長という）が一定であってもアークの陰極クリーニング幅が広ければ実際のアーク放電長は長くなり、アーク電圧は高くなる。

定電圧の溶接電源外部特性では、アーク電圧が高ければ溶接電流が大幅に減少してワイヤ溶融量も大幅に減少するため、見かけのアーク長は短くなり過ぎて短絡が頻繁に発生。この問題を解決するため、パルス溶接電源の外部特性の傾きを任意に制御できるアーク長制御アルゴリズムを開発（図 258-3）

1)-4 アーク安定化制御の効果(図 258-4)

- インテリジェントフィルタによるアーク長情報の抽出
- アーク長情報電圧をパルス外部特性によるアーク長制御に適用

以上の制御効果の適用により、低電流・低電圧領域へ溶接条件を大きく拡大できた。

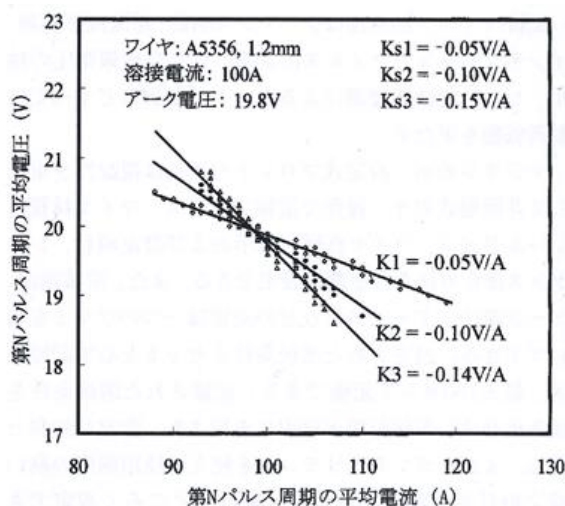


図 258-3 パルス外部特性制御の結果

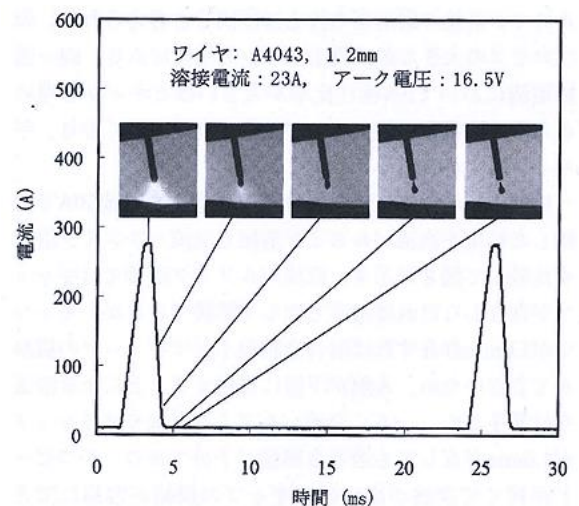
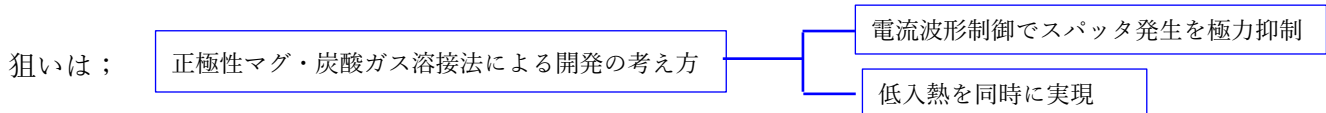


図 258-4 極低電流における安定な1パルス1溶滴移行

2) 軟鋼の薄板溶接用低入熱低スパッタ溶接機「DL-350」

D社の、この時期における軟鋼・薄板・マグ/炭酸ガス溶接における低入熱・低スパッタ溶接電源開発



2)-1 溶接電源主回路；図 258-1 に示す主回路の出力側に出力端子間の極性を切り替えるスイッチング素子と、短絡解除する前後に溶接電流を急減させてスパッタを低減させる素子を配置し構成。

図 258-5 に正極性マグガス溶接における電流・電圧波形の一例を示す。

アーク発生直前に短絡期間中のワイヤ先端と溶融池の橋絡柱が細くなること（以下、くびれと称する）を検出して、約 30A まで電流を急減させ、アーク発生後もしばらく継続して小電流を維持する。この結果、アーク再生時のスパッタ抑制効果を得ると同時に、正極性で起こりやすいワイヤの過大な溶融とそれとともなうワイヤ先端の大粒の溶滴の懸架も抑制できる。また、抽出されたアーク長電圧信号に基づき、アーク期間中にデジタル制御で溶接電流を増減させ、アークの安定性を向上している。

図 258-6 に正極性炭酸ガス溶接にて、従来法と本制御法のスパッタ発生量の比較を示す。参照願います。

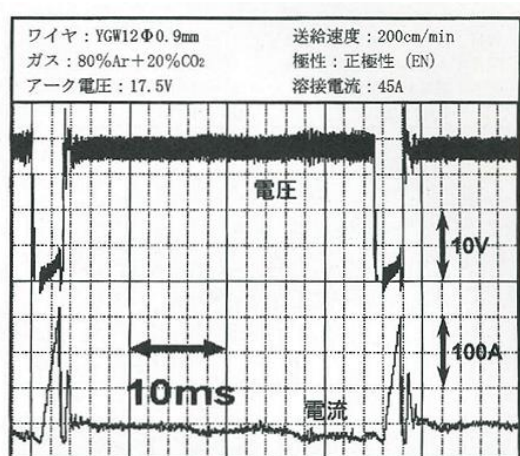


図 258-5 正極性マグガス溶接における電流・電圧波形

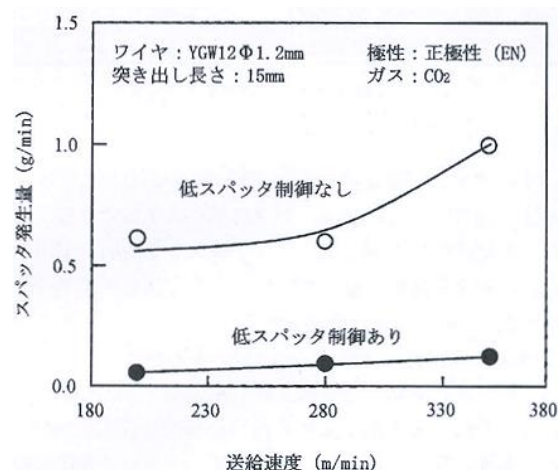


図 258-6 新開発機による正極性炭酸ガス溶接のスパッタ低減効果

2. D-3 文献 (CBT 法による低入熱・低スパッタ CO₂/マグ溶接システムの開発) の概要

1) CBT 法開発の狙い

- 自動車および二輪業界では・・・スパッタ低減による・・・要求が強い。
- 母材への入熱をさげることができるパルスなしの CO₂/マグ溶接法のニーズが高まっている。

狙い： スパッタの低減
低入熱溶接 → 溶接制御法 (Controlled Bridge Transfer 法) CBT 法を開発

2) CBT 法の原理 (図 258-06)

- CBT 法は GMA 短絡移行域におけるスパッタ抑制
- スパッタ発生タイミング；短絡→アークになる瞬間
- スパッタ抑制の考え方；

右図 **a** の再点弧直前にピンチによってくびれる現象を精度検出し、右図 **b** のように再点弧前に電流を急減。
 その結果、表面張力のみで移行させることが出来、再アーク時のスパッタの発生を抑制できる。

但し、くびれるタイミングは種々の条件の変化に起因する外乱で変わる。時々刻々と変化するアーク期間中の電圧をモニターしてアーク電流を最適値に補正することにより、短絡移行周期が安定となる制御を行っている。これによって、溶滴移行状態の変化を検出して的確に再点弧タイミングを予測して再点弧時のアーク電流を急減することができ、スパッタ発生を防止できる。

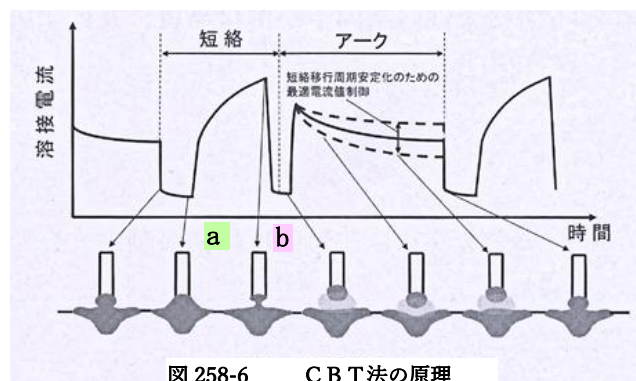


図 258-6 CBT 法の原理

写真 258-1 および **図 258-7** は CBT 法を搭載した溶接ロボットシステムの外観および溶接電源の構成を示したものである。溶接電源は出力制御のための一次側インバータ回路に加えて出力極性切り換え用のインバータ回路を具備している。そして、インバータ回路の後段には負荷抵抗が並列に挿入して、TR を OFF することによって溶接電流を負荷抵抗側に通電し、急減させることができる。

トーチと母材間の電圧は電圧検出回路、溶接電流はホール素子を介して検出される。
 溶接が開始されると溶接法に応じて最適化された短絡／アーク期間用の溶接波形パラメータが設定される。指定演算部は電流過渡応答性に優れた DAC 法を採用しており、短絡／アークの繰り返しによる溶融バランスの変化を検出する平均電圧の他に、高速溶接性や外乱に対する裕度を向上させるために瞬時電圧を用いている。
 ・指令演算部ではシールドガス、ワイヤ径に応じて最適化されたアーク特性となるよう演算を行ってフィードバック部へ出力し、溶滴移行を安定化。短絡中は、短絡・アーク周期ごとにアークの発生を予測して 2 次側負荷抵抗のスイッチング TR を制御し、アーク発生時のスパッタを制御する。
 ・さらに、アーク発生の予測結果とアーク発生のタイミングからリアルタイムに予測パラメータを修正し、常に安定した低スパッタ性能を発揮させることが可能である。

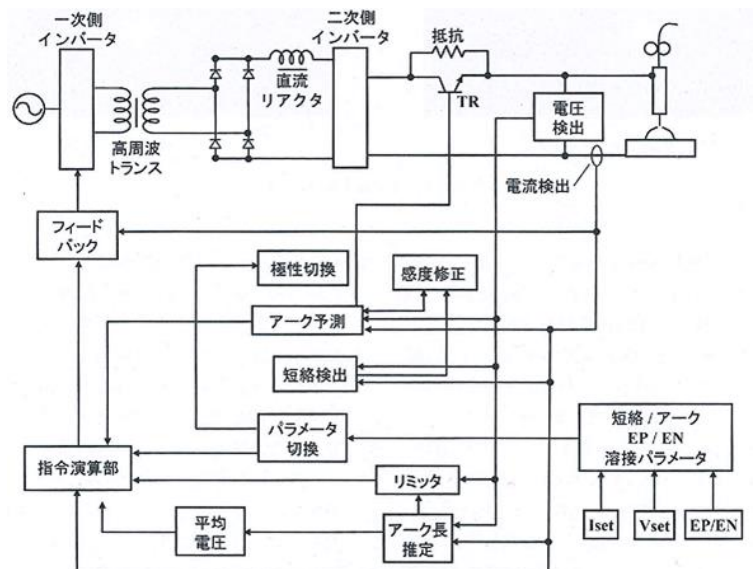


図 258-7 溶接電源, DL 350 のブロック図

3) CBT 法によるスパッタ低減

3)-1 CO₂/マグ溶接

図 258-8 はハイスピードカメラにて CBT 法でマグ (Ar+20%CO₂) を行った場合の溶滴移行と電流・電圧波形を同期させて示したものである。

コマ A ; 短絡直後の様子, コマ B から C へと時間が経過するに従い溶滴が溶融池へ移行, コマ C はアーク再点弧直前の画像で, すでに溶接電流が低く抑えられており, コマ D ではアークが再点弧してもスパッタは全く発生していない。

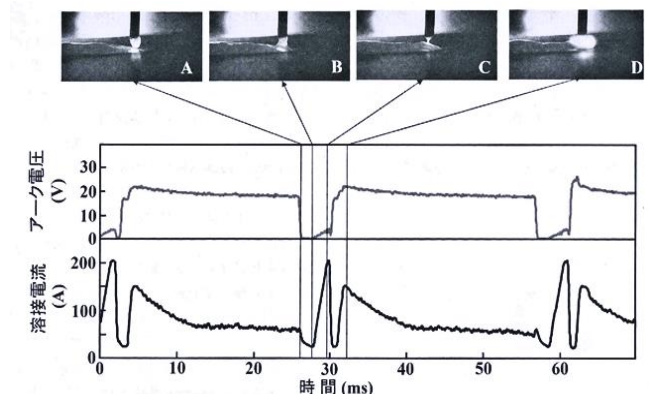


図 258-8 CBT 法による溶滴移行

3)-2 ステンレスミグ溶接への適用

ステンレス鋼のミグ溶接では, 一般的に Ar に 2 ~ 3 % の O₂ あるいは CO₂ を添加したガスを使用する。Ar リッチのガスを用いると陰極点が溶融池上を這いずり回り異常電圧を示し, 見掛けのアーク長の関係を失う。

異常電圧を除去して見かけのアーク長を高速デジタル演算して抽出する手法を開発し, CBT 法に適用した結果を図 258-9 では「アーク長推定有り」として, 従来汎用インバータ溶接電源とでスパッタ発生量を比較した結果を示す。

すべての電流域において従来法に比べて十分なスパッタ低減効果を確認できた。

(なお, 本項では掲載スペースがとれないため, 概要の要約にとどめさせていただきます。ご理解ください。)

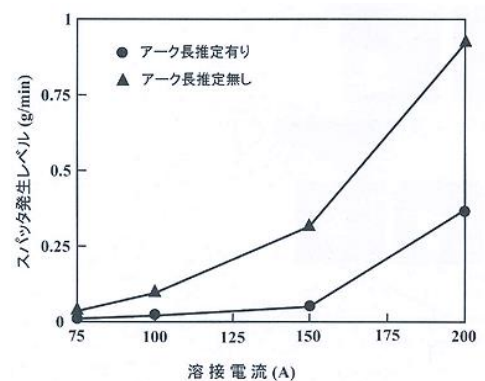


図 258-9 スパッタ発生レベルの比較

また, 2009 年 4 月溶接技術誌掲載の D-8 文献 (DP-400R 電源) を紹介する予定でしたが, スペースが取れなくなりました。掲載の内容がパルスミグ/マグ溶接電源における波形制御であるため「文献 GD6 (電流波形制御とその進化を知る)」の中で紹介させて頂くことにします。

本話の前半では, D 社がアーク溶接技術のなかで大切にされている インテリジェントフィルタによるアーク長情報の抽出, および アーク長情報電圧をパルス外部特性によるアーク長制御に適用しアーク安定化を図る技術 の紹介をしました。後半では, 短絡移行域の溶接電源にスパッタ低減, 低入熱溶接に必要な CBT 溶接法とその適用についてその概要に触れました。やはりこれら制御法は D 社のアーク技術を理解する「基礎」と感じます。

次話では「文献 GD2 (アーク溶接電源のデジタル制御化について)」を紹介します。

以上。