

=TIG 溶接とその利用法における歩み (1) =

TIG 溶接は種々のアーク溶接技術の中で、実に基本的なアーク溶接法であると考えられます。前話の TIG 溶接の原理図 (図 208-01) に示した電極をマイナス (陰極) とする直流 TIG 法を基本としてそこから多くの利用法および利用分野が拓かれてきている。

2001 年頃の訪問になります。ある大手の厨房機器メーカーで TIG 溶接とその技術に関し講習する機会がありました。溶接の多くは手動 TIG がほとんどで、大変うまくオーステナイト系、フェライト系のステンレス薄鋼板を接合していたのを思い出します。しかし製造部長にお聴きすると TIG 溶接技術をモノにできる人は 20 人に一人位と考えているとのこと。一方腕をあげると、このような対象ワーク (t0.6mm クラスの羽根状のものの接合) でも難なく手動でこなす人もいて、トーチの先がピタッと決まって素晴らしい、とその見事な出来栄のワークを見せていただき感心しました。このような経験からも実際の技術習得には、奥が深い技術であるとの思いを持ちました。

さて話をもとに戻して、TIG 溶接でよく用いられる工法は何と言っても「TIG フィラーあり」です。手動 TIG でもフィラーありの溶接をうまくこなせばほぼ一人前です。図 209-01 に TIG フィラー溶接の原理図を示します。フィラーなしの場合は継手にギャップ・目違いなどあった場合には充填不足になりやすく、アンダーカット・穴明きにつながります。そのため TIG フィラー溶接法ではアークの手前からフィラーワイヤ (溶加棒) を挿入し、溶接金属を補充・充填しながら行なう工法で、直流電源をはじめ交直両用の電源にも適用できます。

一方、TIG フィラー溶接法を自動あるいはロボット溶接で行なう場合、課題となるのが送給フィラーワイヤ (コールドワイヤと称す) の溶けの遅さです。改善手段としてコールド・フィラーワイヤを予め予熱しながら溶融池に供給し、溶融速度を改善できる「ホットワイヤ TIG 溶接法」が、高能率 TIG 法のひとつとして用いられるようになってきました。

次に母材がアルミニウムおよびマグネシウムの場合、TIG 溶接は交流電源が使用されます。周知のようにアルミの表面には融点が 2000°C を越える酸化被膜 (Al₂O₃) が存在し、アルミニウム母材の融点 (660°C 以下) とかけ離れて高いため、そのアルミナ酸化被膜を取り除く必要があります。その除去手段は、タングステン (W) 電極を陽極とした時生ずる質量の大きいプラスイオンを、母材表面のマイナスである酸化物上に発生させその衝撃力で酸化被膜を崩壊し去る、いわゆる**清浄作用 (クリーニングアクション)** を働かせるのです。しかし、W 電極を陽極のままにしておくと過熱し、さすがのタングステン電極でも融点オーバーとなり溶けて

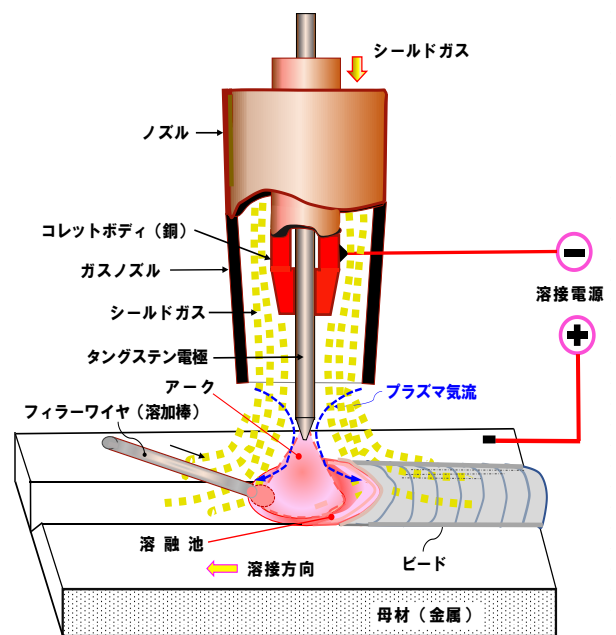


図209-01 「TIG フィラーあり」の主な構成と原理

しまう。よって冷却するため次のサイクルで反転させ陰極とする、いわゆる**交流 TIG 法**が適用されます。W 電極を陽極時、母材酸化被膜のクリーニング除去、陰極時は電極を冷却しかつ溶け込みを形成させるといふ使い分けです。

TIG アークは主にシールドガスに不活性ガスの**アルゴンガス**を使用します。Ar はアークという高温下にあっても、炭酸ガス (CO₂) や酸素 (O₂) などのように解離しないため、アークは熱を奪われないため緊縮しません。但し、電極の先端形状などの効果により、電流の流れが変わりプラズマ気流が発生しアーク柱自体が絞まる傾向にすることはできます。

しかし、概してぼんぼり形状になりやすい。いわゆるふらつきやすい傾向にあります。溶接周辺部には油煙などより発生する蒸発ガスのアークへの悪影響や、電磁気的な外部からの作用などでアーク不安定に陥りやすい。また、アルゴン TIG の溶け込みはアークの集中力に欠ける結果、溶け込みが浅くなる。さらには薄板では溶け落ちを生じやすくなる。これらに対応できる技術として **TIG パルス溶接法**が開発・適用されている。TIG パルス法は、**インバータ電源の高級化**に伴いさらにパルス周波数を広い範囲で適用可能としたため、溶接可能範囲を拡大できるようになった。

以上、**TIG アークの溶接の利用法**として**直流 TIG 法**、**交流 TIG 法**がありそれらに夫々**フィラーワイヤ供給の有無**があり、フィラーワイヤを適用した時はワイヤそのままの**コールドワイヤ法**で使用するか、高溶着・高速度溶接を目指す高能率法としての**ホットワイヤ法**を選択できることに触れた。さらに TIG 溶接の利用範囲を拡げるものとして**TIG パルス法**があり、夫々に**適正周波数の選択が必要**であることを述べた。

筆者手持ちの溶接学会誌を 1982 年度より振り返って=**日本における溶接の展望「ティグ溶接」**=の各年度におけるまとめの欄より利用法、利用分野に関し大まかに抜粋してみました。但し、例えば 1982 年度分は学会誌の 1 年後の 1983 年の NO.5 掲載分から抜粋したものです。

1982 年度から始め 1994 年度まではほぼ同様な傾向が見られましたが、1995 年度以降は急速に技術内容が進化しかつ増大してきたように感じました。そこで今回は 1994 年度までの抜粋を**次ページの表 209-01**に示します。参考にして下さい。なお 1995 年度以降のティグアークの利用法は、後話にて掲載します。

表 209-01 におけるコメント；

「ティグ溶接」分野の各年度における取り組みとその進展におけるティグ利用分野について表中に示す①～③の各項に分けて抜粋してみました。以下に特徴的な内容を列挙します。

- 1) **ティグ溶接法とその開発分野**では、パルスティグ、ホットワイヤティグの報告が多くあり。また、ミグ・ティグ溶接への取り組みもあり、ティグ高速溶接への研究も進められている
- 2) **ティグ機器・自動化**に関しては、1983～1984 頃のインバータ直流電源が何と言っても特筆されるべきであり、続いてインバータ化のさらなる進展、自動化、システム化、ロボット化および視覚センシング化など報告多数。
- 3) **ティグ法の利用**については、材料ではステンレス、アルミ、チタン、ジルコニウムなど多岐にわたり、適用分野では狭開先、LNG メンブレン、半導体製造ガス管および橋脚向けチタンクラッドなど報告多数。

次話では、「ティグアークに関する基礎的な内容」を溶接学会誌および関連する技術図書を参考にしながら、筆者のアーク溶接経験も交えて、紹介します。

以上。

表209-01 溶接学会誌；日本における溶接の展望「ティグ溶接」より抜粋（1982年度～1994年度）

年度	①ティグ溶接法とその開発など	②ティグ溶接機器・自動化に係るもの	③ ティグ溶接の利用・分野
1982	* 高能率TIG法（ホットワイヤ法） * 磁気攪拌 *ミグ・ティグの組合せ法		* TIG適用例（自動溶接システムなど）
1983	* 低周波パルスティグ；温度と裏波ビード幅 * ミグ・ティグスイッチングアーク溶接法	* ティグ自動溶接装置； → 高周波無し，リトラクトスタートの有効性 * インバータ式直流電源	* アルミ合金へのDC-SPティグ法 * 狭開先ホットティグ * ティグロボット高周波対策技術確立
1984	* パルスティグ溶接；基礎現象と特徴まとめ * 磁気制御アーク溶接法，磁気攪拌法など	* インバータ制御直流電源	* ティグ溶接各分野への適用拡大 → LNGタンクリンなど
1985	* TIG溶接法の研究高度化 → 高制御性・高品質・高能率	* 溶融池系の視覚情報・実用化 カメラによる直接観察など多数	* 自動ティグ適用拡大 * チタンおよびアルミ薄板など
1986	* TIG高速溶接現象 → 電極形状・2電極化など	* 自動化・システム化：各種センサなど * 全自動ティグ溶接→パイプの自動溶接	* 溶接品質のインプロセス制御 → ティグによる適応制御など
1987	* TIG高能率化；ホットワイヤスイッチング法 &ワイヤをパルス通電加熱	* 自動化・システム化 → ティグ肉盛りロボ・高能率ティグロボ → 固定管ティグロボ・赤外線センサ計測	* パルスアーク → オーステナイトステンレス鋼への検討 → アルミ薄板への適用
1988	* アルミティグアーク現象に関する解説	* 機器の技術動向解説 * インバータ式溶接電源（AC/DC） * ホットワイヤティグ装置	* アルミ溶接・矩形波交流ティグ → ランタ入りタンクステン電極がベスト → すみ肉；ランタ or セリアが優れる
1989	* アルミのパルスティグ現況解説 * アルミのホットワイヤ法可能となる * 直流パルス・ステンレス鋼溶接金属の微細化	* 電源のインバータ化が進展 * 矩形波ティグ；アーク集中性改善	* ホットワイヤティグ法の課題； → アークの磁気吹き現象 → ワイヤからのアークング対処法
1990	* アルミ高周波放電不要ティグ	* 固定管の遠隔自動ティグ溶接法 → 水道管・ガス管溶接へ適用 → パイプ/チューブ溶接の解説	* ティグ溶接の適用拡大 電磁鋼板ティグ溶接時のブローホール & 溶込みに及ぼすAl含量の影響 * チタン・ジルコニウムのティグ溶接
1991	* アルミティグ溶接への重力の影響 航空機を利用して実施 微小重力下では溶融池保持容易，平坦 ブローやや増加傾向判明	* 溶接方法に関し自動化・ロボット化 * 中空タンクステン・内部をワイヤ送給 * ACとDCENとが交互に交番する電源 * 溶接施工の複合化プロセスの提案等	* 半導体製造ガス管の溶接施工 低S・SUSの溶け込み形状検討など * 東京湾横断道路鋼製橋脚向け → チタンクラフト鋼のティグ溶接施工など
1992	* ホットワイヤティグ溶接時の検討 ワイヤからのアークング防止DC&AC共 * 3電極ティグと高周波併用エッジ予熱 * 二重パルスティグ溶接法の特性検討		* ティグ溶接時のガス吸収性検討 ジルコイ-2を対象に調査 Fe-Ni-Cr3元系合金を対象 Ti-Ni形状記憶合金も対象調査
1993	* 宇宙空間での溶接を想定 GTA減圧下溶接・中空タンクステン電極 減圧雰囲気下のアーク放電特性究明 雰囲気圧力・ガスを変えて基礎的検討	* ティグ溶接をスポット溶接に適用 * シールドTIG溶接装置の開発→ シールドノズルからホットワイヤを送給 * ティグ溶接による薄板自動溶接 を目的に視覚センシングの検討	* GTA溶接法の適用 * アルミ合金の肉盛り・Al-Cu複合ワイヤ * アルミ極薄板の高速ティグ6m/min * 低速直流ティグ・溶込みへの 溶接棒の材質やその添加法の影響
1994	* 新アークスタート方式の提案 * 直流高電圧スタート法の提案 * パルス幅の短いパルス電流使用時の 再点弧性と母材溶融特性	* ティグ溶接の自動化 * 視覚センシング時のアーク光対策 ；画像取得時電流値を低下 * 視覚ロボットによる自動溶接 ；薄鋼板のガス＆重ねすみ肉 * 視覚センサ搭載ロボットの提案など	* GTA溶接法の適用 * アルミ薄板超高速パルス形状に関する 詳細な検討18m/min突合せ可能 * 中空W電極先端からガス流出の法 GHATA溶接にHeガス適用検討 (Gas Hollow Tungsten Arc)