

キーホール溶接向け「サンアーク®DS-TIG アドバンス溶接トーチ」の開発

Development of “SANARC DS-TIG Advanced Welding Torch” for Keyhole-TIG welding.

和田勝則* 佐々木智章**
 WADA Katsunori SASAKI Tomoaki

1. 背景

非消耗電極式溶接（TIG 溶接）は、高品質の溶接結果が得られやすいが、板厚が 4mm 以上となる突合せ溶接は V 開先を取る必要があり、その開先を埋めるために作業効率が低下する。

そこで、開先を必要としないプラズマ溶接によるキーホール溶接が注目されている。図 1 に示す通り、プラズマ溶接において、アークは水冷拘束ノズルの孔を通過して母材に移

行する。そのため、電極から発生したアークは水冷拘束ノズルによって強制的に絞られ、エネルギー密度が高くなり、水冷拘束ノズル孔から噴出する。これに対し、一般の TIG 溶接では、アークは母材に向かって広がるベル形状となる。

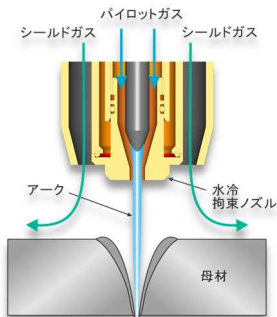


図 1 プラズマ溶接とは

しかしながら、プラズマ溶接の場合、専用の溶接電源やトーチ部品の消耗品が高額であるとともに、条件パラメータが多く、条件調整作業が複雑であるため、広く一般に普及していない。これらの欠点を補うべく、図 2 に示す新トーチ「サンアーク®DS-TIG アドバンス溶接トーチ」を開発した。

2. サンアーク®DS-TIG アドバンス溶接トーチ

プラズマアークは、細く絞られ、母材を局部的に加熱するとともに、高速で噴出するプラズマガスが熔融金属を強く押し下げる。この押し下げ力により小穴（キーホール）を生じる。このような溶接法をキーホール溶接といい、プラズマ溶接の最も特徴

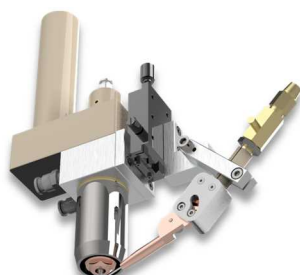


図 2 新トーチ (特許第 6578078 号)

的な裏波（完全溶け込み）溶接法である。

一般的な TIG 溶接においても、水素やヘリウムのような比熱の大きなガスを使用すると、熱的ピンチ効果により、アークがある程度緊縮することが知られているが¹⁾、比熱型の熱的ピンチ効果のみでキーホール溶接を実現することは困難であった。そこで、キーホールを得るためには、プラズマ溶接のような熱伝導型の熱的ピンチ効果が必須であると考え、TIG 溶接トーチにおける電極の冷却方式を図 3 の通り変更し、アーク発生領域近傍の電極をより強く冷却させることにした。

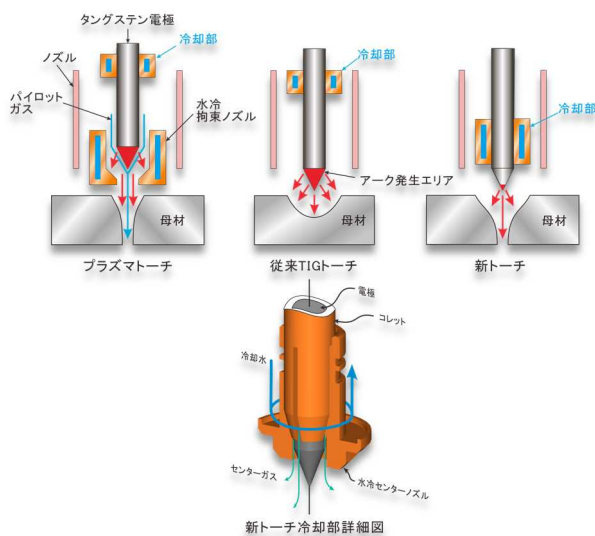


図 3 冷却方式の比較

3. タングステン電極の表面温度測定

今回開発した新トーチの電極先端部の冷却作用の強さを確認するために、電極先端部の温度測定を実施した。実験条件は表 1 に示す通りである。本実験では、アルゴンをシールドガスとして用いた場合の電極の表面温度をサーモグラフィ（フリーシステムズ製 FLIR CPA-T630SC）により測定した。なお、アークプラズマによる放射光を回避するため、撮影はアーク消弧直後に行なった²⁾。

測定結果を図 4 と図 5 に示す。図 5 は図 4 におい

* 開発本部 山梨研究所 加工技術部 技術課
 ** 開発本部 山梨研究所 加工技術部

て四角で囲んだ領域の平均温度の時間推移（アーク消弧後）を示したものである。さらに、図6はアーク発生エリアを比較して示したものである。

表1 電極表面温度測定実験条件

電極種	2%酸化ランタン入り
電極径	4.8mm
先端角	45°
アークギャップ	4mm
電流	500A
アークタイム ^{*)}	10sec
電極突き出し長さ ^{**)}	10mm
冷却水温度	20℃ (3L/min)

*) 水冷銅板の上に静止アークを発生させた。
 **) 以下の理由で突き出し長10mmとした。
 ・従来 TIG トーチは、ノズルの溶損防止のため。
 ・新トーチは、温度測定範囲を確保するため。

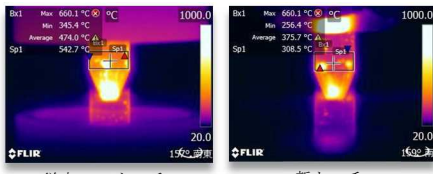


図4 電極表面温度分布（アーク消弧直後）

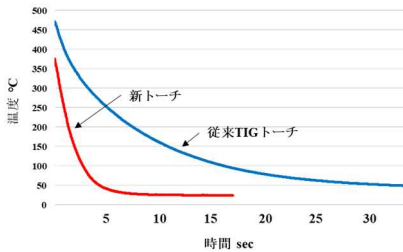


図5 電極表面温度のアーク消弧後の時間推移

新トーチは従来の TIG トーチに比べ、電極の冷却作用が大きく、熱伝導型の熱的ピンチ効果により、大きく緊縮したアークが得られることがわかる。



図6 アーク発生エリアの比較

また、この冷却作用により、表2及び図7に示す通り、電極の消耗が抑制でき、肉盛溶接等の長時間の溶接を可能にした。

表2 電極消耗実験条件

電極種	2%酸化ランタン入り
電極径	4.8mm
先端角	45°
アークギャップ	4mm
電流	500A
アークタイム ^{*)}	60min
電極突き出し長さ	従来 TIG トーチ：10mm 新トーチ：5mm
冷却水温度	20℃ (3L/min)

*) 水冷銅板の上に静止アークを発生させた。

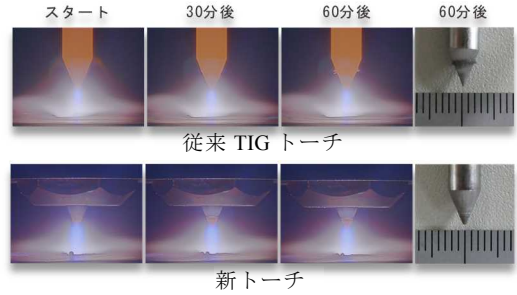
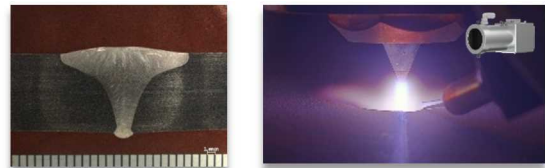


図7 長時間溶接のアーク発生エリアと電極写真

4. 適用事例

オーステナイト系ステンレス鋼を溶接したビード断面外観と溶接監視カメラ「サンアーク®アイ」によるアーク外観を図8に示す。新トーチは二重シールド方式を採用しており、主にアーク形状をコントロールする内ガスと、シールド作用を担う外ガスのガス種を区別することができる。ここでは内ガスとしては、大陽日酸のPHサンアーク (Ar+H₂)、外ガスはアルゴンを使用している。この二重シールド構造により、少ない流量で混合ガスの効果が発揮可能で、高価なシールドガスの消費量が減るため、ガスコストを抑制できる。



材質：SUS304 t10mm (I 開先) 電流：500A 速度：25cm/min
 電極：2%酸化ランタン入り (φ6.4mm)
 内ガス：PHサンアーク (1L/min) 外ガス：アルゴン (20L/min)

図8 ビード断面形状及びアーク外観

5. まとめ

新開発の「サンアーク®DS-TIG アドバンス溶接トーチ」は、特殊な冷却方法を採用することで、キーホール溶接が可能となった。プラズマ溶接と比較した優位性は以下の通り。

- (1) トーチの消耗品費用が低減でき、メンテナンスが容易 (部品点数低減による)。
- (2) 溶接条件のパラメータが少ないため、溶接条件出しが容易。
- (3) 溶接速度が速いため、溶接時間が短縮可能。

参考文献

- 1) 田中学, 田代真一. 溶接アークの熱的ピンチ効果に関する一考察. 溶接学会論文集, 2007, 25 (2), p336-342.
- 2) 田代真一, 田中学. ヘリウムティグアークにおけるタングステン電極の表面温度測定 (第2報). 溶接学会全国大会講演概要, 2007, 81 (9), p266-267