

従来の溶接装置をそのまま使い、TIG溶接^(注1)の溶込み深さをこれまでの5倍に 自動車などの大型部品や原子力や化学プラント 高压容器への適用や配管などの製造効率化に飛躍的な効果

従来のヘリウム(He)シールドガス^(注2)に微量の酸素ガス(O₂)を添加したシールドガスを用いることにより、溶融池内のマランゴニー対流^(注3)を内向き(溶接によって生じる溶融池の端ではなく中央に)に変化させ、深さ方向に従来の5倍の溶込みを実現。二重シールドトーチ^(注4)を使用することで、O₂などの酸化性ガスを含むシールドガスを用いてもタングステン電極の消耗が少ない、画期的なTIG溶接法を開発しました。

- Heシールドガス中に添加した酸素量によって、溶融池中のマランゴニー対流の向きを変化させ、より厚い材料に1回で溶接を施すことが可能となりました。
- 従来2mm程度の溶込み深さであったTIG溶接を、レーザー溶接に迫る10mm程度の溶込み深さが得られる条件に最適化しました。
- 従来の装置をそのまま用いることができ、単にシールドガスを変更するだけで使用可能です。
- 二重シールドトーチを用いることにより電極消耗を防ぎます。

競合技術への強み				
	溶込み原理	溶込み深さ	コスト	材料の欠陥
従来のTIG溶接	マランゴニー対流 $d\sigma/dT < 0$ ^(注5) 外向きの対流	✗ 2mm程度	○ 安価で幅広く用いられている。	○ 高品質の継手が得られる
レーザービーム溶接	エネルギー集中 (高いエネルギー密度)	○ 10mm以上	✗ レーザー発振器、伝送・集光系が必要	○ ポロシティ ^(注7) などの発生
本技術	マランゴニー対流 $d\sigma/dT > 0$ ^(注6) 内向きの対流	○ 10mm程度	○ 従来のTIGの装置をそのまま用いることが可能。二重シールドトーチの使用が望ましい。	○ 高品質の継手が得られる

▲深溶込み溶接に関する従来技術と本技術との比較表

①溶込み深さ

1パス^(注8)で従来の5倍、10mm程度の溶込み深さを實現。

②電極の消耗

O₂を含むシールドガスを用いても、二重シールドトーチを用いることにより電極の消耗が抑えられ、溶込み深さの深いTIG溶接を実現。

③材料の欠陥

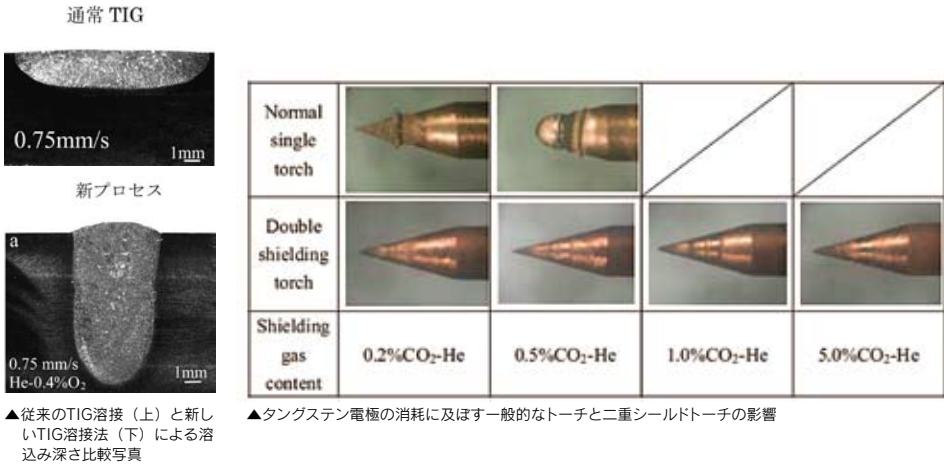
マランゴニー対流の原理を用いた深溶込み溶接であるため、材料の欠陥の発生が少なく、高品質を実現。

④低コスト

アーク溶接法の従来装置を改良して利用することにより、レーザービーム溶接に比較して低コストを実現。

ここがポイント

TIG溶接は最も主要な溶接プロセスとして、あらゆる産業において幅広く利用されている適用範囲の極めて大きい溶接方法です。しかしながら、溶込みが浅い、溶着量^(注9)が小さい、溶接速度が遅いなど、総合的に溶接能率が低いことが他の溶接と比べて課題となっていました。もしこの能率を著しく改善することができれば、この溶接法の適用範囲は原子力や化学プラント、高压容器への適用や配管のシーム溶接、自動車産業等に広がるものと考えられます。そこで本研究では、シールドガスにO₂を添加することにより、溶融池内の対流の方向を従来と逆向き(内向き)とし、従来の溶接装置そのまま、溶込み深さを従来の5倍に増大させる技術を確認しました。これにより、大型装置の溶接に必要な1パスで10mm程度の溶接を可能としました。



▲従来のTIG溶接(上)と新しいTIG溶接法(下)による溶込み深さ比較写真

▲タングステン電極の消耗に及ぼす一般的なトーチと二重シールドトーチの影響

ブレイクスルーへの道のり

2004年：2000年度から2004年度に行われたNEDOの重要地域技術開発制度「溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発」において、従来より2~3倍の溶込み深さの得られるAA-TIG法(Advanced A-TIG法)を開発した。

2005年：上記の技術をさらに発展させた内容で産業技術研究助成に応募し、採択される。Heシールドガスに微量のO₂またはCO₂を添加することにより、従来の5倍(D/Wでは9倍)の溶込み深さを達成できるプロセスを開発。これをもとに特許を出願。

2006年：二重シールドトーチを用いることで、電極の消耗、ビード外観^(注10)の問題を解決。実用化への目処をつける。ウエルディングショー(東京、9月)に出展し、参加者の驚きを目の当たりにする。上記特許をカナダ、韓国、イギリス、独、フランス、スウェーデン、アメリカ、台湾へも出願。

2007年：イノベーション2007(東京、9月)、ウエルディングショー(大阪、2008、4月)に出展、参加。大きな反響を得て、社会的ニーズの高さを改めて認識。また新規溶接法へも展開研究中。

■サクセス・キー

長年にわたり、溶融金属の表面張力の高精度測定に従事してきたため、Fe系材料の表面張力に関するデータの蓄積を有していること、その測定精度は世界有数と自負しています。

日本で唯一で世界有数の接合に関する研究所である大阪大学接合科学研究所に所属していたことで、多くの所員より、種々のアドバイスが得られたことが成功の要因です。

■ネクスト・ストーリー

1パスで10mm程度の深い溶け込み形状の得られる本TIG溶接法は、従来の溶接装置を用いることが

でき、単にシールドガスを変更するだけで使用可能である。連携企業とも連携して、開発したガスを販売中である。従来の高品質な溶接を維持しつつ、従来の5倍の溶け込み深さが得られるため、原子力や化学プラント、高压容器への適用や配管のシーム溶接、自動車産業等の幅広い分野での適用を検討している。

- (注1) TIG溶接：タングステン・イナートガス溶接法。
- (注2) アーク溶接で溶融している金属に大気が接すると、大量の酸素および窒素が金属の中に溶け込んでしまう。これを防ぐため、アークおよび溶融池と空気を遮断するための用いられるガス。
- (注3) 液滴周辺部で温度が低いため表面張力が大きくなり、中央部の液の表面を引っ張るために対流が生じる現象。
- (注4) シールドトーチとは、タングステン電極の周辺にシールドガスを流すトーチのことを言い、本研究のシールドトーチでは電極の内側にヘリウムガス、外側にヘリウム酸素ガスを流す、二重シールドトーチである。
- (注5) 表面張力の温度依存性が負(温度が高いほど、表面張力が小さい)
- (注6) 表面張力の温度依存性が正(温度が低いほど、表面張力が大きい)
- (注7) ポロシティ：溶接部に形成される空洞状の欠陥。
- (注8) 1回の溶接操作。
- (注9) 溶接に使われる母材が溶けて固まる量。
- (注10) 溶接した後の外観。



プロジェクトID・研究テーマ名・年度
05A33025d「対流制御による革新的高効率TIG溶接法の開発」(平成17年度第1回公募)

代表研究者・所属機関・所属部署名・役職名
藤井 英俊 大阪大学
接合科学研究所 准教授