

受賞技術 - 38

厚鋼板の高能率施工を実現する 超狭開先溶接技術

Ultra-Narrow Groove Welding Process for High-Efficiency Construction of Thick Steel Plates

JFE スチール (株)
スチール研究所 接合・強度研究部
主任研究員

上月 渉平
Shohei Kozuki

JFE テクノリサーチ (株)
構造材料ソリューション本部
接合評価センター センター長

早川 直哉
Naoya Hayakawa

元 JFE スチール (株)
スチール研究所
主席研究員

大井 健次
Kenji Oi

JFE テクノリサーチ (株)
構造材料ソリューション本部
構造材料評価センター 主査

角 博幸
Hiroyuki Sumi

JFE スチール (株)
建材センター 建材技術部
建築技術室 室長

藤沢 清二
Seij Fujisawa

(株) 永井製作所
品質管理部
部長

板谷 俊臣
Toshiomi Itatani

JFE STEEL ASIA PTE.LTD.
主任部員

飯谷 邦祐
Kunihiro Iitani

ヤマネ鉄工建設 (株)
品質管理部 技術課
係長

小林 健史
Kenji Kobayashi

1 はじめに

アーク溶接は建築、鉄骨、建機、造船分野等における鋼構造物の製造において必要不可欠な技術であるが、溶接作業に携わる溶接技術者は国内全体で慢性的に不足しており¹⁾、溶接施工時間の短縮・省力化が強く求められている。

溶接時間の短縮は溶接量を削減する方法が有効である。溶接量は構造物の接合部の数や長さによって決まる。例えば、超高層ビル一棟分の溶接量は千数百kmにもおよぶと言われており²⁾、特に規模の大きな鋼構造物では膨大な量の溶接が必要となる。これらは構造物の強度や規模によって一意に決まるため削減が難しいという課題がある。

本記事では、溶接部に設けられる開先を極めて狭くすることで溶接量の大幅な削減を可能にした超狭開先溶接技術について紹介する。

2 開発のねらいと技術成果

厚鋼板の溶接においては、継手となる部位に予め「開先」と呼ばれる溝を設け、開先を溶接金属で充填することで部材が一体となり、溶接継手が完成する。すなわち、継手に設け

られる開先の断面積を狭くすること(=狭開先化)で溶接量を削減し、溶接時間の短縮が可能となる。これまで数多くの狭開先溶接法が提案³⁾されているが、国内溶接業界の約6~8割⁴⁾を占める炭酸ガスアーク溶接法を用いる場合は大量のスパッタが発生するという問題から、開先表面へのスパッタ付着、付着したスパッタとコンタクトチップとの接触、アーク不安定、溶込み不足の発生などが課題となり、狭開先化が極めて困難であった(図1)。これまで、炭酸ガスアーク溶接で

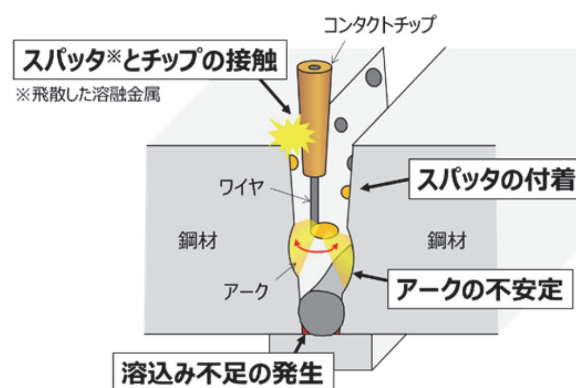


図1 従来法における狭開先溶接の諸課題 (Online version in color.)

も溶接電源の電流波形制御によって低スパッタ化が実現できるCMT法やSTT法、CBT法など⁵⁻⁷⁾が開発されてきたが、溶着効率が直流の炭酸ガスアーク溶接に比べて低いという課題があった。

筆者らはこの課題を解決すべく、従来と同等の溶着速度を有しかつスパッタ発生量を従来の約1/10に低減した炭酸ガスアーク溶接法⁸⁾により、溶接ビードの積層方法ならびに開先形状の最適化とワイヤ曲率コントロールによる溶込み不足の抑制技術を確立した。これによって開先断面積を従来の約1/3(板厚100mmの場合)に削減可能な超狭開先溶接技術を開発した。図2に板厚100mmの溶接継手を従来法と開発技術で溶接した場合の一例を示す。開先角度が従来の約1/7という超狭開先でありながら、溶接欠陥のない健全な溶接部が得られることを確認した。

3 技術の概要

開発した超狭開先溶接技術の概略図を図3に示す。本システムは①極低スパッタで安定したアークかつ深い溶込みを

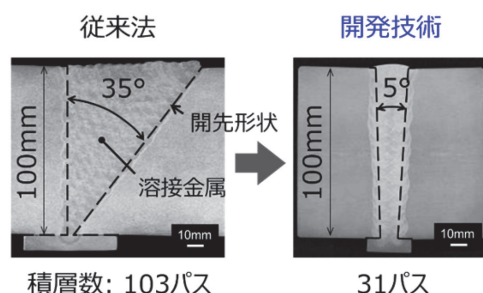


図2 開発技術による超狭開先溶接の一例
(Online version in color.)

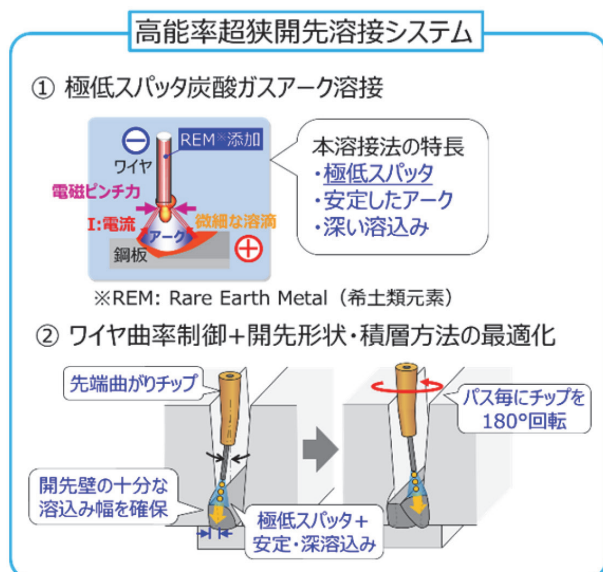


図3 開発技術の概略図 (Online version in color.)

特徴とする炭酸ガスアーク溶接法と、②ワイヤ曲率制御と開先形状・積層方法の最適化技術によって構成される。極低スパッタ炭酸ガスアーク溶接法は溶接ワイヤにREM (Rare Earth Metal: 希土類元素)を適量添加した特殊ワイヤを用い、かつワイヤの極性をワイヤマイナスとして使用する。メカニズムは後述するが、これにより炭酸ガスアーク溶接でも超狭開先溶接に適した極低スパッタ化、アークの安定化、深い溶込みの確保が可能となった。加えて、先端が曲がった特殊なコンタクトチップ(ワイヤへ給電するための部品)を開発し、ワイヤの曲率を制御することでアークを効果的に開先壁面に向け、かつ開先形状と積層方法を最適化することで狭開先溶接において発生しやすい溶込み不足を完全に抑制することを可能とした。これらの技術により、従来法では実現困難であった高効率超狭開先溶接システムが完成した。

4 技術上の特徴

開発技術では、炭酸ガスアーク溶接のスパッタ発生を低減するため、新たに溶接時の極性に着目した。炭酸ガスアーク溶接では、ワイヤ先端の溶滴移行時に粒状のスパッタが飛散することが大きな問題であった(図4)。そこで、スパッタ発生を駆動力となる溶滴やアークの揺動を抑えるため、電子放出を容易にさせるREMをワイヤへ添加し、同時にワイヤ側の極性をマイナスとした。その結果、溶滴先端に形成されるアークが安定し、微細なスプレー状の溶滴移行による炭酸ガスアーク溶接の極低スパッタ化を実現した。

図5に従来の炭酸ガスアーク溶接法と開発技術のスパッタ発生量と溶接後の外観写真を示す。開発法は最大で従来比約1/10までスパッタ発生量が低減された。図中(A)、(B)はそれぞれの溶接方法で溶接した際のビード外観写真を示す。従



図4 炭酸ガスアーク溶接で発生するスパッタ (Online version in color.)

来法はビードの周辺に大粒のスパッタが大量に付着しているのに対し、開発技術ではビード周辺へのスパッタ付着は僅少であった。

以上の極低スパッタ炭酸ガスアーク溶接法を用いることで狭開先溶接において課題となっていた開先表面へのスパッタ付着の問題が解決した。加えて、狭開先溶接では開先底部に発生する溶込み不足が大きな問題であったが、その課題に対して筆者らはワイヤ曲率のコントロール (図6) と180°反転可能な溶接トーチ (図7) を組み合わせた超狭開先溶接用溶接システムを新たに開発することで解決を図った。安定化された炭酸ガスアーク溶接の指向性の強いアークによって溶接部の溶融を促進すると同時に、積層方法を適正化することで十分な溶込み深さを確保した。その結果、最も大きな課題であった溶込み不足を皆無にした超狭開先溶接技術が実現された。

以上の技術的課題を克服し、開発した超狭開先溶接技術は溶接量が従来比で約1/3 (板厚100mmの場合) となり大幅な溶接時間の削減を達成した。また、極低スパッタ化によるスパッタ除去作業の省略と、溶接熱変形の低減による溶接後矯正作業の省略により、更なる作業時間の短縮も可能となった。

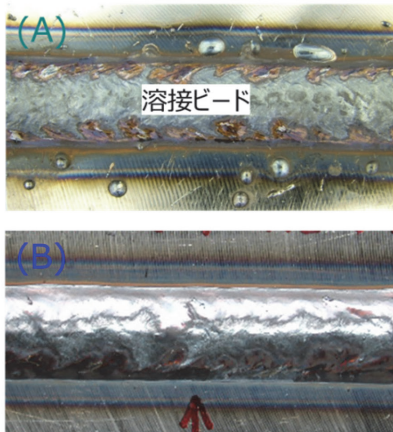
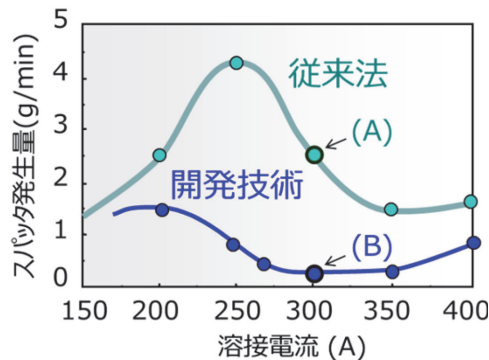


図5 開発技術の極低スパッタ化効果 (Online version in color.)

5 実用上の効果

開発技術のメリットが高く評価された結果、2018年に熊本城天守閣復旧整備事業の内、大天守6階鉄骨造の主要構造物である四面ボックス柱の角部溶接に採用された。図8は開発技術の適用状況、図9は開発技術によって製造された鉄骨部材の適用箇所である⁹⁾。開発技術の適用効果によって鉄骨柱製作の工期を大幅に短縮し、熊本地震により被災した熊本城

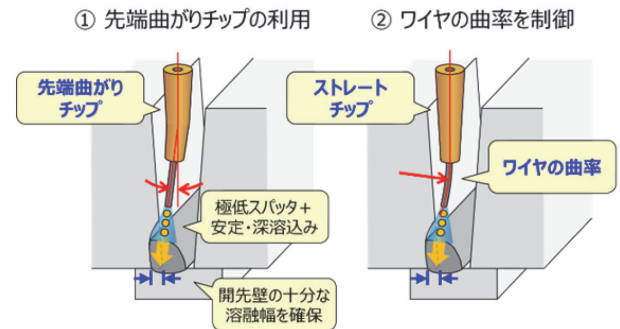


図6 ワイヤ曲率のコントロール (Online version in color.)

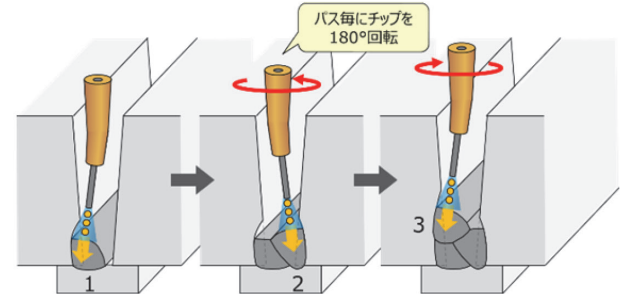


図7 180°反転可能な溶接トーチ (Online version in color.)



図8 開発技術適用状況 (四面ボックス柱の角溶接) (Online version in color.)



図9 開発技術の適用箇所⁹⁾ (矢印：開発技術が適用された部材)
(Online version in color.)

の早期復旧に貢献した。

開発技術は上記の適用例に留まらず、首都圏のオフィスビル¹⁰⁾や大型コンテナ船¹¹⁾など、鋼構造物の製造現場における溶接能率の向上に貢献している。

加えて、開発技術の適用によってアークの発生時間が短縮されるため、溶接作業者が有害なヒュームや紫外線に暴露される時間が最小化されるという健康上のメリットや、スパッタ発生量の低減により火災や火傷などの災害リスク低減など安全上のメリット、エネルギー使用量削減や環境負荷低減などの副次的効果も期待される。

6 まとめ

広く普及している炭酸ガスアーク溶接法の狭開先化は課題が多く、その実現は困難であったが、極低スパッタ炭酸ガスアーク溶接法とワイヤ曲率制御および開先形状・積層方法の

最適化技術によって構成された超狭開先溶接技術の開発によって炭酸ガスアーク溶接の超狭開先溶接が可能となり、鋼構造物の製造現場における溶接能率の向上に貢献した。

溶接施工の効率化は溶接技能者が慢性的に不足している国内鋼構造物製造現場における喫緊の課題であり、高能率溶接施工に対するニーズは依然として強い。今後も本開発技術の更なる展開を通じ、製造現場における溶接施工能率の向上に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 一般社団法人 日本建築業連合会：建設業ハンドブック，(2021) など。
- 2) 清水建設株式会社：ニュースリリース記事，(2021.2.17)。
- 3) 堀勝義，羽田光明：溶接学会誌，68 (1999) 3，41。
- 4) 溶接技術：業種別に見た各種溶接材料の現状と将来に関する調査，(2011)。
- 5) C.G.Pickin and K.Young：Science and Technology of Welding and Joining，11 (2006) 5，583。
- 6) B.D.DeRuntz：Journal of Industrial Technology，19 (2003) 4，1。
- 7) 恵良哲生，井出章博，上園敏郎，上山智之，平田好則：溶接学会論文集，27 (2009) 3，189。
- 8) 片岡時彦，池田倫正，小野守章，安田功一，平田好則：溶接学会論文集，26 (2008) 1，37。
- 9) JFEスチール株式会社：プレスリリース記事，(2018.5.9)。
- 10) 鹿島建設株式会社：プレスリリース記事，(2021.4.13)。
- 11) 草場卓哉，吉川正幸，橋本大輔，木治昇，片岡時彦，福山英作，大井健次：日本船舶海洋工学会講演会論文集，12 (2011)，273。

(2022年11月30日受付)