

高能率超狭開先溶接システムの開発

JFEスチール株式会社

代表取締役社長 北野 嘉久

株式会社永井製作所

代表取締役社長 永井 毅

ヤマネ鉄工建設株式会社

代表取締役 山根 正寛

JFEスチール(株) スチール研究所 接合・強度研究部	上月 渉平
JFEスチール(株) スチール研究所	大井 健次
JFEスチール(株) 建材センター 建材技術部 建築技術室	藤沢 清二
JFE STEEL ASIA PTE. LTD.	飯谷 邦祐
JFEテクノロジー(株) 構造材料ソリューション本部 接合評価センター	早川 直哉
JFEテクノロジー(株) 構造材料ソリューション本部 構造材料評価センター	角 博幸
(株)永井製作所	板谷 俊臣
ヤマネ鉄工建設(株)	小林 健史

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、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、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。

開発のねらい

そこで、溶接部に設けられる間隙である「開先」を狭くすること（＝狭開先化）で、溶接部一

箇所あたりの溶接量を削減して溶接時間を短縮する試みが検討されている。しかしながら業界に広く普及してい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）。

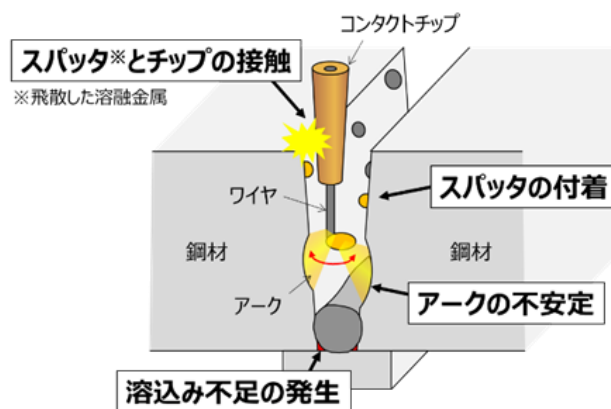


図1 従来法における狭開先溶接の諸課題

筆者らはこの難題を解決すべく、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 に削減可能な高能率超狭開先溶接システムを開発した。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。

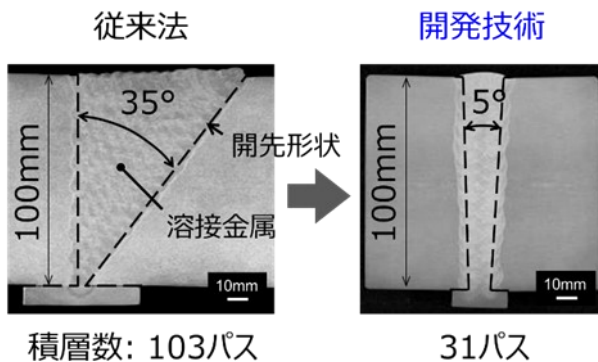


図2 開発技術による超狭開先溶接の一例

装置の概要

高能率超狭開先溶接システムの概略図を図 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 (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能率超狭開先溶接システムが完成した。

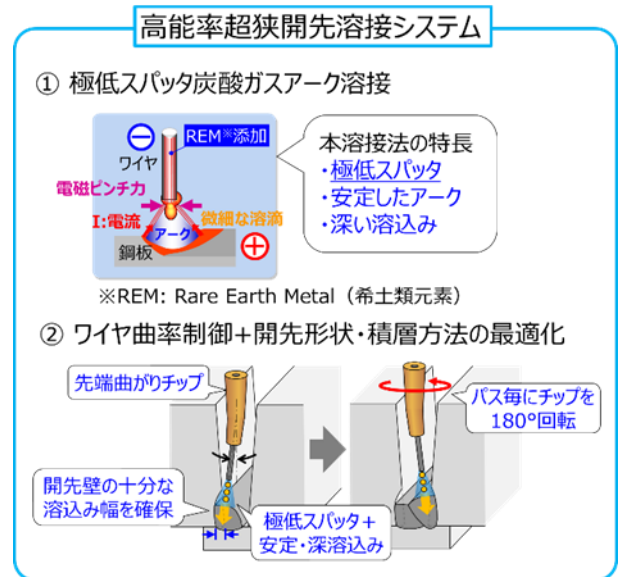


図3 開発技術の概略図

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。そこで、ワイヤと母材の極性を逆にすることでワイヤ溶滴側に陰極点を配し、ワイヤへの REM 添加により電子放出を容易にさせることができた。その結果、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 4 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。

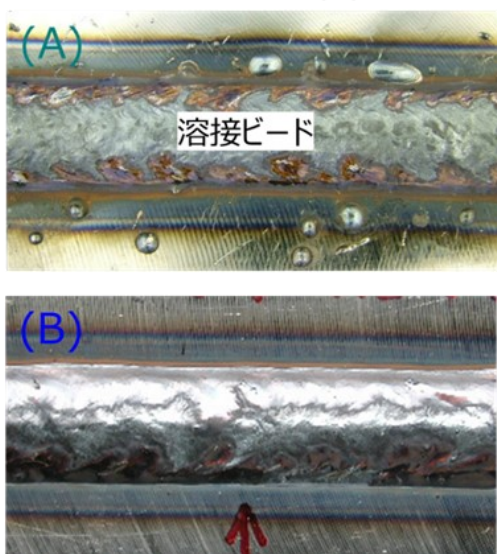
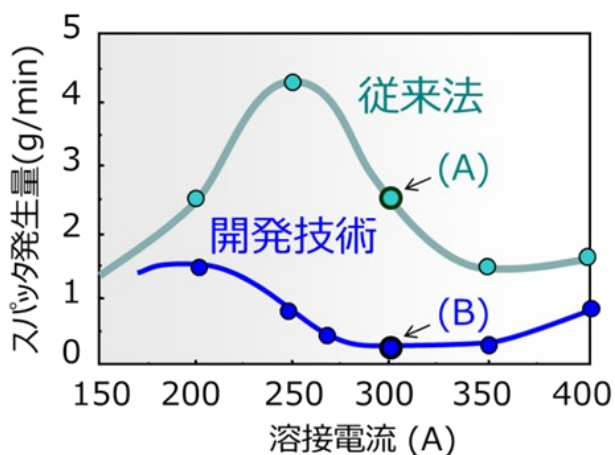


図4 開発技術の極低スパッタ化効果

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5）と180°反転可能な溶接トーチ（図6）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」が実現された。

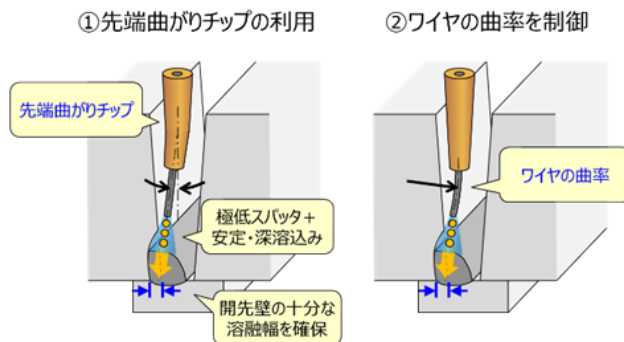


図5 ワイヤ曲率のコントロール

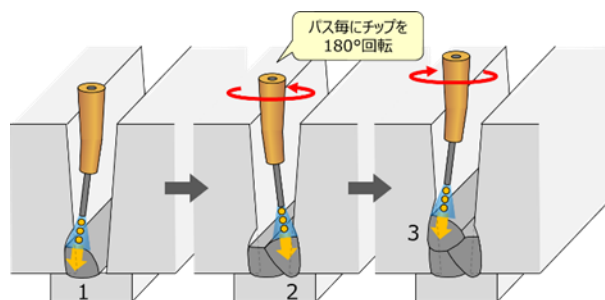


図6 180° 反転可能な溶接トーチ

以上の技術的課題を克服し、開発した超狭開先溶接は溶接量が従来比で約 1/3 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。

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7は開発技術の適用状況、図8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。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、国内建築鉄骨ファブリーケーターやゼネコン、造船所などで合計21台が導入済みであり、首都圏のオフィスビルや大型コンテナ船など、鋼構造物の製造現場



図7 開発技術適用状況
(四面ボックス柱の角溶接)

(熊本市ホームページから引用)



図8 開発技術の適用箇所

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。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第 3941528

名称：炭酸ガスシールドアーク溶接用ワイヤ
概要：スパッタの発生が少ない炭酸ガスシールドアーク溶接用ワイヤに関する

② 日本国特許第 5861785

名称：狭開先ガスシールドアーク溶接方法
概要：ガスシールドアーク溶接の狭開先溶接方法に関する

むすび

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「高能率超狭開先溶接システム」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。

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