

(技術資料)

大入熱サブマージアーク溶接装置の最新技術

Latest Technology in Welding Equipment for High-heat-input SAW



安原拓也*¹
Takuya YASUHARA



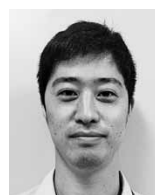
木幡 茂*¹
Shigeru KIHATA



齋藤康之*¹
Yasuyuki SAITO



小西宣彰*¹
Nobuaki KONISHI



諏訪尊信*¹
Takanobu SUWA

Submerged arc welding (SAW) is known as an automatic welding process for achieving high efficiency and high quality. Above all, high-heat-input SAW, using multiple electrodes to finish in a single layer on one side, is used in the fields of shipbuilding, steel construction frames and others. This paper focuses on special apparatuses for realizing high-heat-input submerged arc welding, namely, one side welding apparatus used in the field of shipbuilding and a box-column welding apparatus used to make steel construction frames. The description includes the features and automation technologies which contribute to high efficiency, high quality and labor saving.

まえがき = 造船分野における船体平行部の板継溶接では、1960年代まではブロックの反転作業を必要とする両面溶接が主流であった。しかし船体の大型化や建造数の増加に伴い、建屋の制限からワークを反転できない、あるいは反転するためのクレーン待ち時間が発生するなどの理由によるブロックの建造効率低下が大きな課題となった。これらを背景に、片側から1層1パス溶接で完了できる溶接法としてFCBTM注1)法、RFTM注2)法と名付けられた施工法が1964年に当社で開発された¹⁾。これらは現在では船体平行部のブロック建造に欠かせない施工法の一つとなり、国内はもとより海外でも広く採用されている。

また、建築鉄骨分野における4面ボックス柱（以下、ボックス柱という）角部の溶接（図1）では、1970年頃まで炭酸ガスアーク溶接とサブマージアーク溶接で多層盛を行う施工法が主流であった。しかし1990年頃から、建築物の超高層化などに対応すべく、強度面で優れるボックス柱の使用率が増大し、さらに部材の厚肉化も進ん

だ。これらを背景に、1層1パスが可能となる大入熱施工法と溶接材料、これを実現する溶接装置が開発された。

本稿では、造船の板継工程でFCBTM法またはRFTM法を行う片面サブマージアーク溶接装置と、建築鉄骨分野で使用されるボックス柱角溶接装置を取り上げ、これら大入熱サブマージアーク溶接装置の最新機能や自動化技術を中心に紹介する²⁾。

1. 片面サブマージアーク溶接装置

片面サブマージアーク溶接装置外観を図2に示す。比較のため1970年代の導入初期の装置を(a)に、最新装置を(b)に示している。また片面サブマージアーク溶接装置の全体図を図3に示す。ワイヤ、フラックスを搭載した溶接装置は、箱型のビーム上を走行するため単板工法に対応できることはもとより、溶接作業の動線を阻害しないため作業負荷軽減などにもつながっている。

1.1 片面サブマージアーク溶接装置の機能

溶接品質の安定化や脱技能化、作業負荷軽減に寄与す

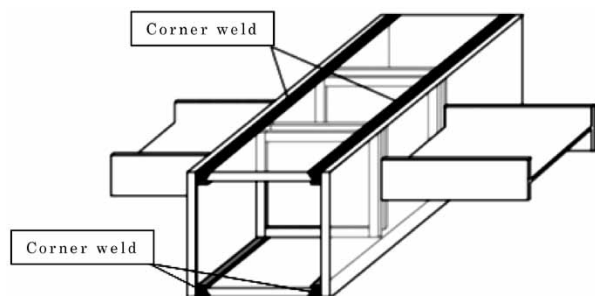
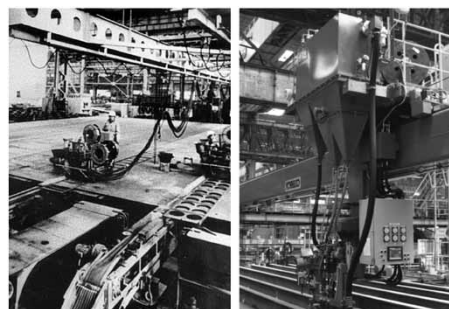


図1 四面ボックス柱の角溶接部
Fig. 1 Corner welded part of 4-side box pillar



(a) 1970's System (b) Latest system

図2 新旧片面サブマージアーク溶接装置の外観例
Fig. 2 Exemplary appearance of old and new one-side submerged arc welding system

脚注1) FCBTMは当社の商標である。

脚注2) RFTMは当社の商標である。

*¹ 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部

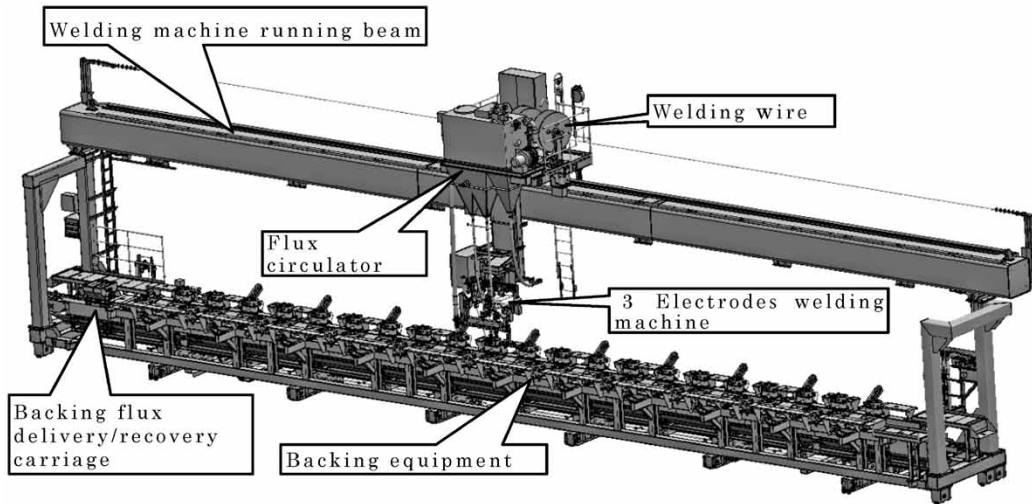


図3 片面サブマージアーク溶接装置全体図
Fig. 3 Overall view of one side submerged arc welding system

る最新型装置で採用されている主な機能を以下に紹介する。

1.1.1 溶接時の監視不要機能

溶接中の溶接電流は、一次電源の電圧や溶接電源の二次側ケーブルドロップなどの変動で不安定となる。また、アーク電圧はアーク直下の熔融プールの変動などで不安定となり、これらはともに溶接品質を劣化させることがある。最新型装置では、各電極の溶接電流およびアーク電圧のフィードバック制御機能を有しており、その実効値が常に設定された値となるように溶接電源への電流指令やワイヤ送給速度制御が実行されている。このため、各種変動に影響され難く安定した溶接が可能となっている。

図4に本装置での溶接状況の例を示す。第1電極の前方には溶接線自動追いをするための接触式の検知器（以下、追い検知器という）と溶接線終端を検知するセンサ（以下、板端検知器という）が設けられている。追い検知器は、先端のローラを開先に接触させて常にワイヤ先端が開先の中央から外れないよう、また鋼板表面とコンタクトチップ先端の距離が一定となるよう溶接装置を左右・上下に微調整制御するために活用している。板端検知器は、溶接終了部の任意に設定された位置で各電極の溶接が自動的に完了する機能のために活用している。これらの機能により、溶接開始から溶接完了までの間に装置を操作することはほとんどなく、溶接品質は安定化しオペレータの負荷も軽減される。

1.1.2 タッチパネルを用いた各種機能

溶接条件の調整などにタッチパネルを採用することで、溶接条件の設定や微調整が容易となり、また視覚的にも確認しやすいため誤操作の低減に寄与している。タッチパネルを活用した幾つかの機能について紹介する。

1) 溶接条件のデータバンク化

100種以上の溶接条件データを格納することが可能で、溶接条件の設定ミスを防ぎ、また、オペレータによるばらつきをなくすことで溶接品質の安定化につながる。格納された溶接条件データは表計算ソフトで編集でき、また、表計算ソフト上で編集した溶接条件を溶接装置へ転

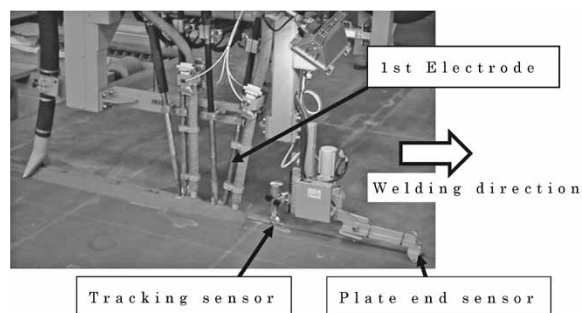


図4 溶接装置ヘッド部詳細
Fig. 4 Welding device head part details



図5 マルチオペレーション機能画面
Fig. 5 Multi-operation function reference screen

送することが可能である。

2) 生産管理データ

溶接装置の稼働時間や溶接長、異常停止回数などの生産管理データをタッチパネル上に表示することができる。また、同データは前述の1)と同様に表計算ソフトで作表でき、日ごとあるいは月単位で集計することが可能である。これらのデータは、生産の能力や状況を把握する手段に活用できる。

3) マルチオペレーション機能

複数の溶接装置を保有する場合において、1台の溶接装置で他の溶接装置の溶接電流・アーク電圧をモニタしつつ、溶接条件の微調整や溶接開始・停止を操作することを可能とした機能である³⁾。図5はタッチパネルに表示される画面の一例であり、①が電流・電圧モニタ部、

②が溶接条件微調整部である。画面を切り替えることによって一人のオペレータで複数台の装置を操作することが可能になり、省人化に寄与している。

4) トラブルシューティング

溶接線の途中で溶接装置が異常停止した際には、停止原因の究明と復旧のための確認項目が表示される。例えば、第1電極のアーク切れにより溶接が停止した場合には、タッチパネルに第1電極アークOFF異常と表示される。それとともに、ワイヤ残量の確認や、チップの点検、ワイヤの送給性の確認など、原因となり得る箇所の点検を促すメッセージが表示される。これにより、異常原因の特定や復旧にかかる時間が短縮でき、経験の浅いオペレータでも対応が可能になる。

1.1.3 溶接状況ロギング機能

近年、品質管理を目的としたトレーサビリティのニーズが高まっている。当社の従来装置では、全ての溶接線でデータを収集することは困難であった。溶接電流やアーク電圧を溶接装置のメータで目視確認して記録用紙に記入するか、対象とする溶接線ごとに計測パラメータに応じた測定機器やレコーダを取付けるなどの対応を必要としたためである。最新装置では、溶接線ごとに設定された溶接条件や溶接中の溶接電流やアーク電圧、ワイヤ送給速度などを単位時間ごとに記録し、ログデータとしてCSVファイルにて保存する機能がある。これにより、全ての溶接線のデータを自動で収集することが可能となっている³⁾。

データ収集機能は、原因究明ツールとしても活用可能である。例えば、ある溶接でビード外観不良あるいは内部欠陥が発生した場合、実際に設定した溶接条件に間違いがないか、あるいは溶接電流やアーク電圧に異常がないかなどを他のデータと比較検討することができる。本機能で収集したデータをもとに作成したグラフを図6に示す。アーク切れ発生原因の調査に活用した例である。アーク電圧が一定時間以上しきい値を超え続けたことでアーク切れを検出し、ワイヤ送給モータがスロウダウンして再アーク発生を促していることが分かる。この事例では、装置を納入してから比較的短期間でアーク切れが頻発したため、ワイヤ送給に関する制御機器の初期不具合も考えられた。しかし、図6のデータから適切に制御されていることが明確になり、制御面の不具合の可

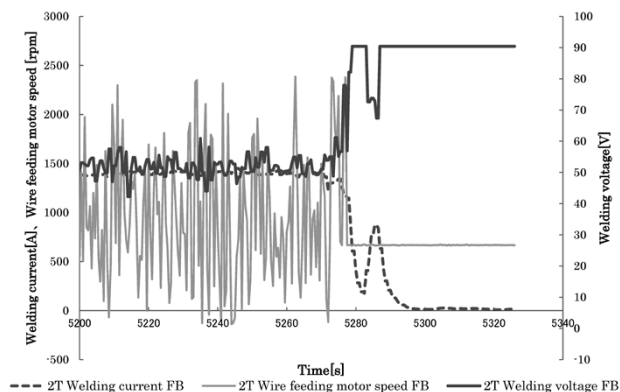


図6 溶接状況ロギング機能活用例

Fig. 6 Application example of welding situation logging function

能性が排除された。その結果、確認箇所をワイヤ送給経路に絞り込むことができ、点検を集中的に行うことで原因特定し解決に至った。

1.1.4 表フラックスの自動散布回収機能

溶接装置上部には表フラックスを収納するホoppaが搭載されている。表フラックスは散布ホースの途中に設けられたスライドバルブにより散布を開始・停止でき、溶接完了時は自動で散布を停止する。散布された表フラックスは、装置後方の回収ノズルから吸引し、再びホoppaに投入され、自動で散布・回収を繰り返す。

表フラックスと同時に吸引されたスラグはホoppa内に設置してある篩網により除去される。回収過程で粉化し微粉となった表フラックスの増加は溶接作業性などに影響をおよぼすため、ホoppa内のフィルタで分離される。

また、片面サブマージアーク溶接に広く適用されるポンドフラックスは吸湿しやすい特性がある。このため溶接装置が稼働しない間の吸湿を防止する目的から、ホoppa外面に結露を防ぐパネルヒータを設置し、さらに外気の侵入を防ぐ機構を取り入れている。

これらの機能により、繰返し使用される表フラックスの劣化を防ぎ、自動での散布・回収を実現するとともに、安定した溶接品質を確保している。

1.1.5 使用済み裏フラックスの回収機能

図7に使用済み裏フラックスの回収の説明図を示す。溶接完了後の使用済み裏フラックスは、裏フラックス散布回収台車を走行させて装置の下部に掻(か)き落とし、そこに組み込まれたスクリーユ式搬送機構(図8)によ

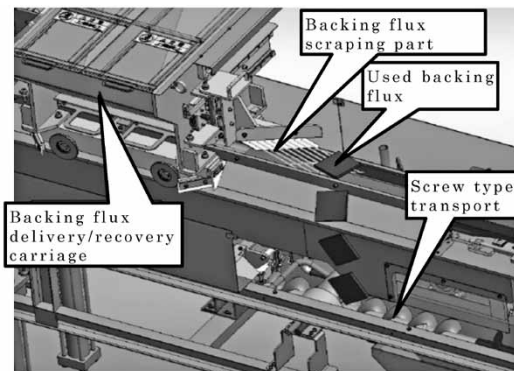


図7 使用済み裏当てフラックス回収機構説明図

Fig. 7 Illustration drawing Recovery of used backing flux



図8 スクリュー式搬送機構の一例

Fig. 8 Example of screw type transport mechanism

り所定の回収箱まで搬送される。使用済み裏フラックスは床面に散乱することがなく、清掃作業の負荷低減に寄与している。

2. ボックス柱角溶接装置

ボックス柱角溶接装置の一例を図9に、トーチ周辺詳細を図10にそれぞれ示す。本装置は溶接ヘッドを2セット備えたサブマーシアーク溶接装置で、主に門型構造の全体フレームが溶接線方向に走行しつつ、左右の開先を同時溶接する。

フラックスがワークからこぼれるのを防ぐために、ワーク側面に押し当て、走行と同調して回転する機能を持

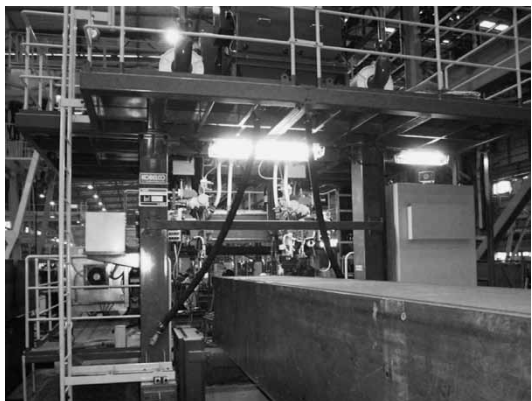


図9 四面ボックス柱の溶接装置外観の一例

Fig. 9 Exemplary appearance of welding equipment of 4-side box pillar

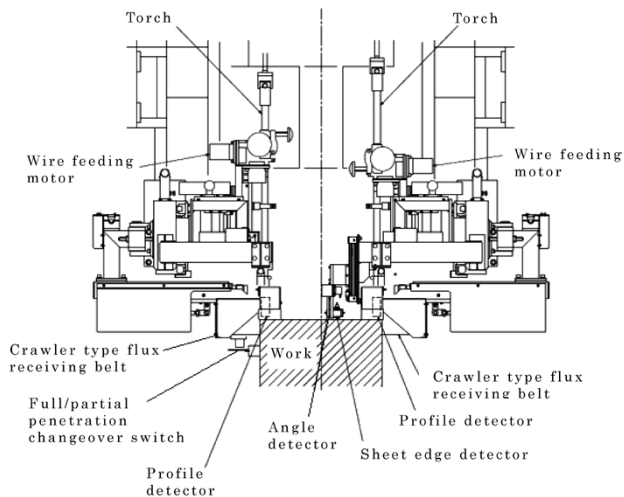


図10 トーチ周辺の詳細

Fig.10 Details about the torch

ったクローラ式のフラックス受けベルトを配置している。

また、溶接中のコンタクトチップの温度上昇に起因するチップ摩耗とワイヤ送給不良を防ぐため、トーチは水冷方式を用いている。

2.1 ボックス柱角溶接装置の機能

ボックス柱角溶接装置は様々な省力化、省人化、溶接品質の安定化に寄与する機能を具備している。本装置に具備している主な機能を以下に紹介する⁴⁾。なお、1章と重複する機能については割愛する。

2.1.1 フルペネ／パーシャル溶接条件切り替え機能

ボックス柱の角溶接においては、フルペネ（完全溶込み部）とパーシャル（部分溶込み部）で溶接条件を切り替える必要がある。本装置には、溶接中に自動的に切り替える機能を備えており、オペレータが溶接条件を都度調整する必要がない。

2.1.2 ワーク自動ポジショニング機能

ボックス柱の角溶接では、溶接熱によりワークの長手中央部が持ち上がるような形に大きく変形することがある。その状態で溶接を行うと、溶接位置により上り坂や下り坂となり、安定した溶接品質が得られない。これを防ぐために溶接ヘッドに傾斜角度検知器を取付け、アーク点付近のワークの傾斜を検出し、昇降式ワークポジショニング装置でワークが設定傾斜角になるように位置決めしている。傾斜角度検知器にはロータリエンコーダを、昇降ポジションにはサーボモータをそれぞれ用いることで、正確な角度検知と傾斜角度制御を実現している。

むすび=本稿では、大入熱サブマーシアーク溶接の最新機能・自動化技術を中心に紹介した。しかしながら、サブマーシアーク溶接においては現在の機能や技術でもまだ多くの作業にオペレータが介在しており、さらなる自動化の推進が必要と認識している。溶接施工技術や各種センサ技術などと組み合わせ、オペレータの負荷を軽減するとともに、より高品質で高能率な溶接の実現に向け、継続して開発を進める所存である。

参考文献

- 1) 長谷薫ほか. R&D神戸製鋼技報. 2000, Vol.50, No.3, p.70-73.
- 2) 小西宣彰. 溶接技術. 2015, 12月号, p.53-60.
- 3) 諏訪尊信. ほうだより. 2015, Vol.486, p.2-6.
- 4) 大久保宜正. 溶接だより技術がいと. 1989, No.232, p.1-5.