

(技術資料)

中厚板向け溶接ロボットシステムと前工程自動化新技術

長島 稔*¹・川口雄太*¹・五十嵐大智*¹

Medium-to-thick Plate Welding Robot System and New Automated Pre-process Technology

Minoru NAGASHIMA・Yuta KAWAGUCHI・Taichi IGARASHI

要旨

これまで中厚板溶接市場において、国内外を問わず数多くのアーク溶接ロボットシステムを納入してきた。溶接システムには、生産性や効率の向上とともに、コスト低減が求められる。本稿では、これらを実現する新型アーク溶接ロボットや溶接技術の特徴を紹介するとともに、仮組や予熱作業の自動化を実現したシステム事例を紹介する。

Abstract

Kobe Steel has delivered a number of arc-welding robot systems for the medium-to-thick plate welding market, both domestically and internationally. Welding systems are required to achieve cost reduction as well as improvements in productivity and efficiency. This paper introduces the features of a new arc welding robot and welding technology that realize these improvements, while showcasing examples of automated-system implementation for pre-assembly and preheating operations.

検索用キーワード

溶接ロボットシステム, 前工程自動化, すき間埋め溶接, 予熱自動化, ARCMAN, 組立自動化, ハンドリングロボット, アーク, センサ

ま え が き = 当社のアーク溶接ロボット ARCMANTM注1) は、中厚板分野（建設機械、建築鉄骨、橋梁、鉄道車両など）を中心に、1980年代から国内外の顧客において数多く採用いただいている。同分野の溶接ロボットシステムに求められるニーズは、従来の自動化率の向上、安定した溶接品質や能率の向上に加えて、溶接前工程自動化の要望も増えてきている。

本稿では、最近の新技术を活用した事例や、溶接前工程を自動化した事例を紹介する。

1. 最近の新商品の紹介とその活用事例

1.1 ARCMANTM Aシリーズ

2017年に販売開始した ARCMANTM Aシリーズは、ARCMANTM A60を主力として図1に示すようにアーム長が短い機種から順に ARCMANTM A30, A40, A60, A80の4機種をラインナップしている（以下、各機種をA30, A40, A60, A80という）。システムを構築する際に、溶接対象ワークのサイズや溶接部への適用性、ロボット設置姿勢（床置、天吊）、周辺装置構成などを考慮して各機種を使い分けている。なお、最も小型のA30は造船向け大組立などの限定的なシステムで活用してい

る¹⁾。本稿ではA40, A60, A80の特徴およびシステムでの活用例について紹介する。

1.1.1 逆エルボ姿勢を利用したアーム干渉回避

Aシリーズではマニピュレータ第3軸の動作範囲を拡大したことにより、従来とは逆方向にアームが折れ曲がる「逆エルボ姿勢²⁾」が可能となった。図2および図3がこの逆エルボ姿勢を活用した事例である。従来のロボットではロボットアームがワークやクランプ治具等と干渉する継手に対しても、Aシリーズはロボットの姿勢変更で適用可能となり適用率が向上する。

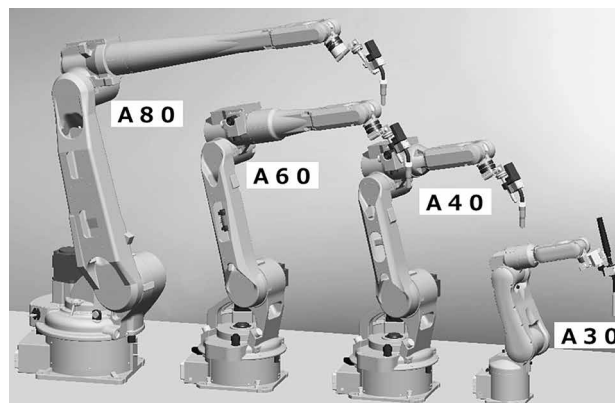


図1 ARCMANTM Aシリーズ一覧
Fig.1 Lineup of ARCMANTM A series

脚注1) ARCMANTMは当社の登録商標である。

*¹ 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部

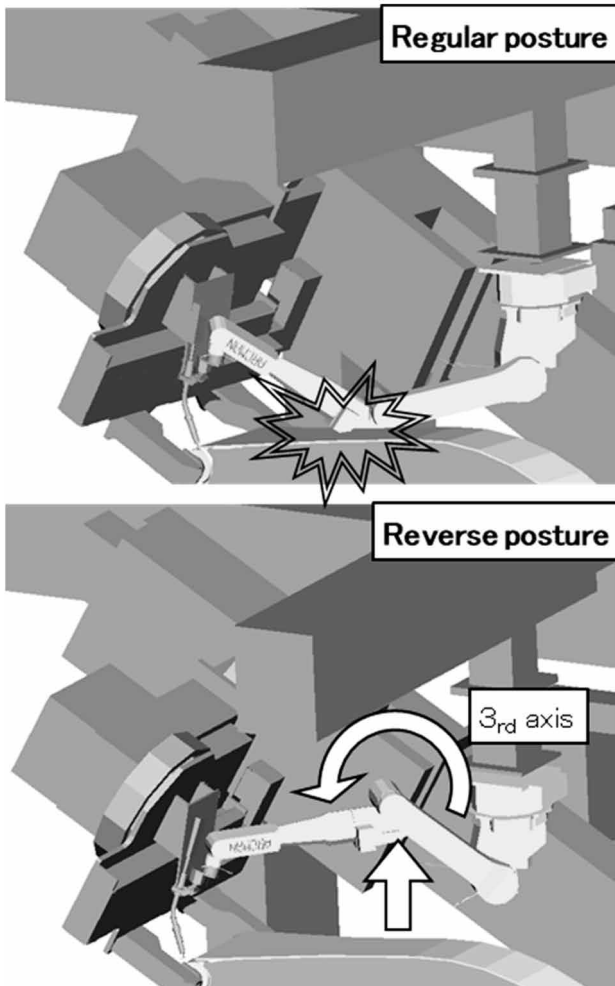


図2 天吊システムにおける逆エルゴ姿勢 (ARCMAN™ A60)
Fig.2 Reverse posture of ARCMAN™ A60 (ceiling)

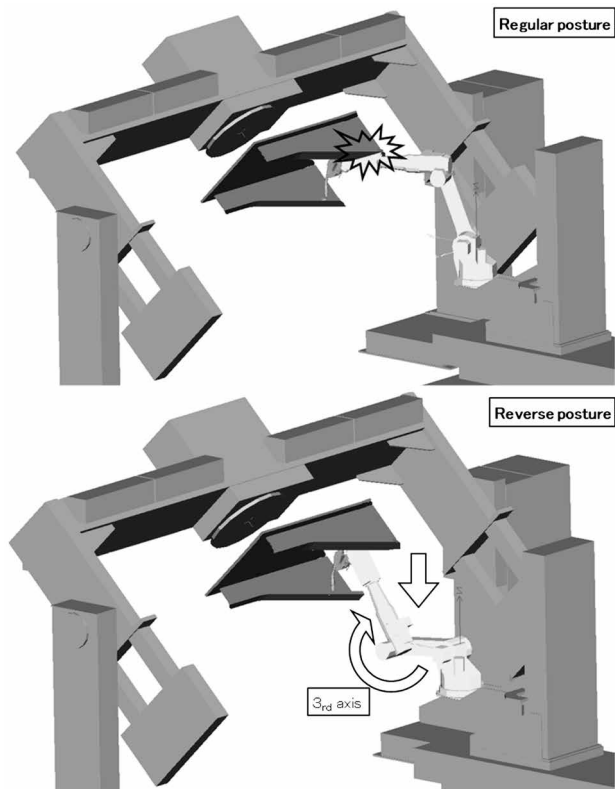


図3 床置システムにおける逆エルゴ姿勢 (ARCMAN™ A60)
Fig.3 Reverse posture of ARCMAN™ A60 (floor)

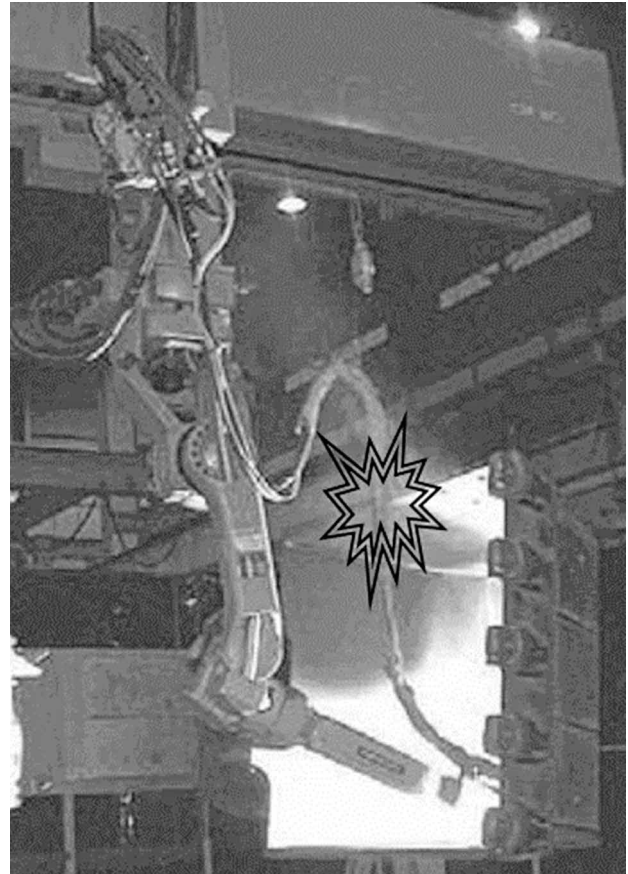


図4 天吊システムにおける従来ケーブル処理
Fig.4 Previous ARCMAN™ (ceiling) & route of cable

1.1.2 天吊システムにおける新ケーブル処理

Aシリーズでは、ケーブル類をマニピュレータ第1軸部（ベース部の旋回軸）にケーブルを通せる機構を設けた³⁾。従来の天吊システムでは、宙吊となるトーチケーブルのワークとの干渉や、ロボット本体への巻き付きが発生することがある。これらを防ぐために、図4のようにケーブル処理バランスによる処理や、ティーチング時にケーブル動作に注意を払った作業が必要であった。

この課題に対して、第1軸部にトーチケーブルを通す機構を採用することで、ケーブルを空中で吊るの必要がなくなり、アームに沿わせる経路とする改善が図られている。

事例を図5と図6に示す。図5では、凹形状のワークの内側を溶接する際のトーチケーブルとワークの干渉を改善した。図6では、先述の逆エルゴ姿勢との組み合わせによって、大径の周溶接継手においてロボット本体にケーブルが巻き付く課題を解決した。

1.1.3 床置システムにおける新ケーブル処理

前項に示すように、Aシリーズでは第1軸部にケーブル類を通せる機構を採用した。また、第1軸から第3軸の間はアームにケーブルに沿わせて固定できる機構を用意した。これらの機構を用いてケーブルを配線することで、ロボットに搭載される送給装置に接続されるケーブル類のうち、ワイヤコンジットケーブルのみがロボット後方で吊られる形のシンプルなケーブル処理を可能とした。これにより、ロボット動作に伴うケーブル類の振れによる、ワイヤコンジットケーブルの破損リスクも低減

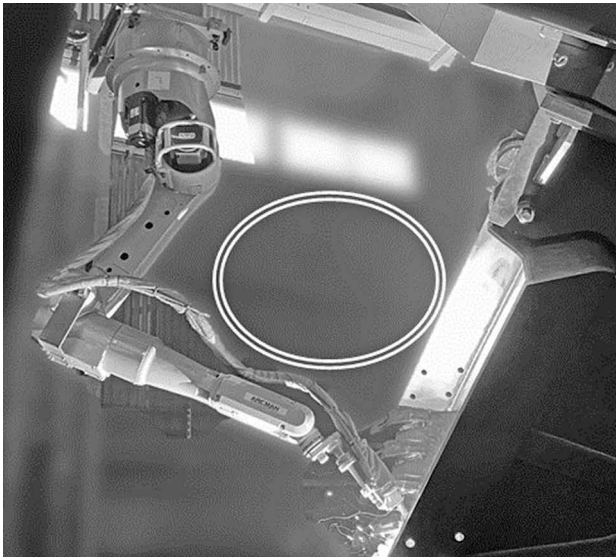


図5 天吊システムにおける新ケーブル処理 (ARCMAN™ A60)
Fig.5 ARCMAN™ A60 (ceiling) & new designed route of cables

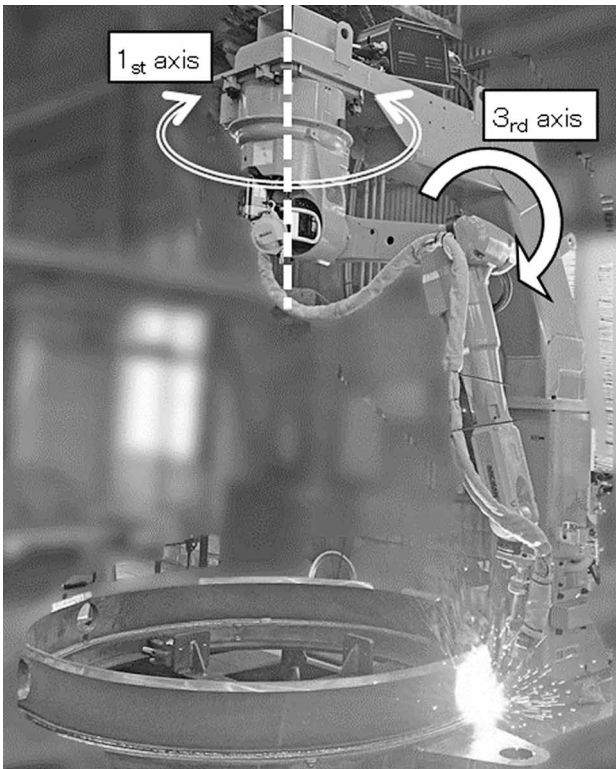


図6 天吊システムにおける新ケーブル処理と逆エルボ姿勢 (ARCMAN™ A60)
Fig.6 ARCMAN™ A60 (ceiling) & new designed route of cables & reverse posture

される。

A80にて本ケーブル処理を適用した事例を図7に示す。この事例ではケーブル処理のみならず、A60と比較してアーム長が長いA80を採用することで、移動装置を無くすことによる設置スペースとコストの削減も図られた。

1.2 すき間埋め溶接施工

1.2.1 概要

溶接組立工程では、部材の切断精度や組立誤差により意図しないギャップ (すき間) が生じることがある。この場合、裏当て材を使用せずにすき間が開いたままの状

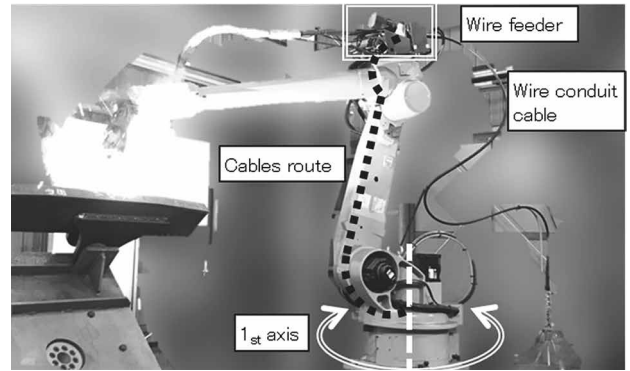


図7 床置システムにおける新ケーブル処理 (ARCMAN™ A80)
Fig.7 ARCMAN™ A80 (floor) & new designed route of cables

態で溶接すると、溶落ちの発生リスクがある。それを防止するため、ロボットによる自動溶接の前に半自動溶接ですき間を埋める処置を行う必要があり、溶接工程のサイクルタイム増加やロボットによる自動化を阻害する要因となっていた (図8)。

1.2.2 溶落ちを防止する溶接施工

すき間がある継手の溶接では、溶融池の上にアークを発生させることでアーク力を受け止め、溶落ちの防止を図ることができる。しかし、ロボットのウィービング方法では溶融池先端にアークが集中し、アーク力を受け止めきれずに溶落ちが発生しやすくなる。そこで、ARCMAN™のウィービングカスタマイズ機能で斜めにウィービングを行うことによりウィービング振幅動作を大きくし、溶融池先端へのアークの集中を回避することで溶落ちを抑制した (図9)。

1.2.3 高精度なギャップの測定方法

前述の溶落ちを抑える溶接施工を行うためには、実際のギャップ幅の高精度な測定とそれに応じた精緻な溶接条件制御が必要となる。従来のワイヤタッチセンシングではワイヤ径以下の微小ギャップは測定が困難であることから、レーザセンサによる計測技術を開発して搭載可能とした (図10)。レーザセンサの使用により、従来対応しているレ型開先に加えてワイヤタッチセンシングでは測定できないフレア開先やT継手のすき間も計測可能となり、適用できる開先形状が拡大した。さらにレーザセンサは極めて高速であることから、センシング時間の短縮にも繋がった。

1.2.4 ギャップ変動への対応

実際の溶接対象物は、溶接スタート部とエンド部でギャップ差が生じることが多く、一つの継手内でテーパ状のギャップとなることがある。その場合、ギャップ幅に応じた最適な溶接条件を溶接中に切替えて溶接することでギャップ変動への対応が可能となる。そこで、溶接前工程においてレーザセンサで溶接線のスタート部とエンド部のギャップをそれぞれ測定し、溶接線の長さから継手途中の複数ポイントのギャップ幅を導き、そのギャップ幅に応じた溶接条件を割り当てる機能を搭載した。溶接時には、溶接条件変更機能により、ギャップに応じた最適な溶接が可能となる。

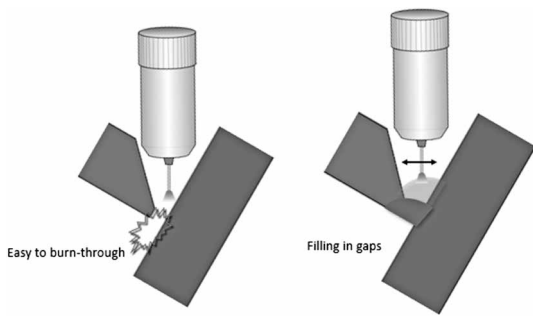


図8 すき間埋め溶接施工イメージ

Fig.8 Gap fill-in-the-blank welding construction image

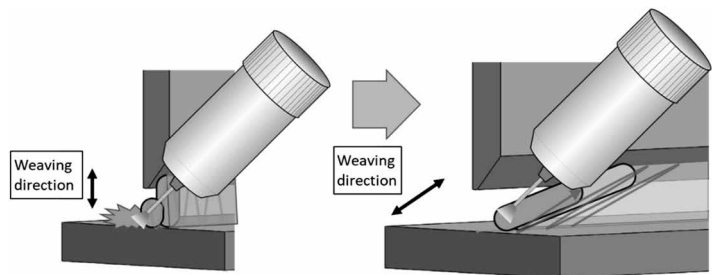


図9 ウィービングカスタマイズ機能によるアーク力分散方法

Fig.9 Arc force dispersion method by weaving customization function

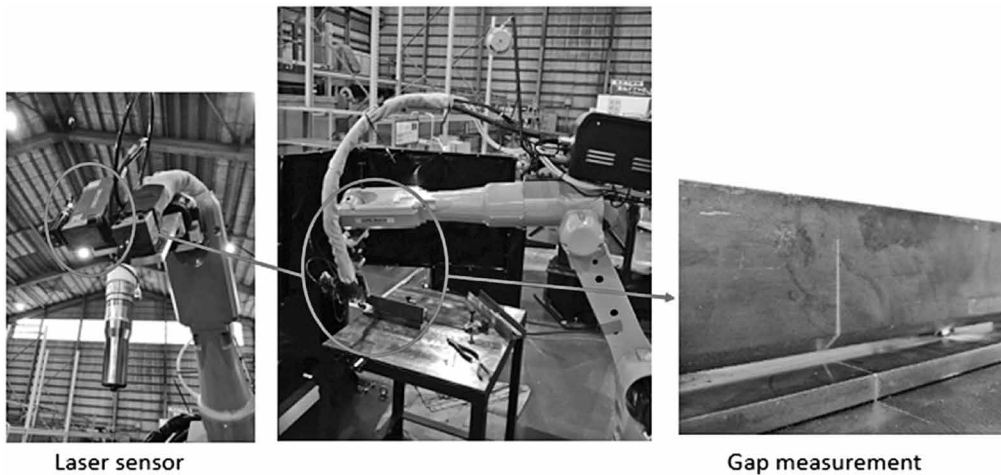


図10 レーザセンサとギャップ測定状況

Fig.10 Laser sensor & gap measurement

2. 溶接前工程を含めた自動化事例

2.1 仮組～本溶接自動化システム

2.1.1 概要

当社のアーク溶接ロボット ARCMAN™ A60とハンドリングロボット（安川電機製）を組み合わせた建設機械部品の仮組～本溶接自動化システムを紹介する。本システムは老朽更新であるため設置スペースはそのままとし、後述する工夫により既設システムに対して生産性向上と溶接品質の向上を実現した。

本システムでは、自動倉庫から機種ごとの構成部材がパレットで排出され、そのパレット内の部材をハンドリングロボットで取り出して「ブラケット仮付け工程（第一工程）」→「ブラケット本溶接工程（第二工程）」→「ブラケットアッセンブリ仮付け・本溶接工程（第三工程）」の順に部材をセットする。それら各工程での溶接を行いながら、次工程へ部材を払い出す全自動のラインである。

本システムは当社とシステムインテグレータ（以下、SIerという）が連携して構築し、ARCMAN™ A60、溶接関連装置、システム構想を当社が担当し、ハンドリングロボット関連とシステム全体制御をSIerが担当する役割分担で開発した（図11、図12）。

2.1.2 ブラケット仮付け工程（第一工程）

最初のブラケット仮付け工程においては、まずベースとなる板をハンドリングロボットで取り出し、仮組み治

具にセットして位置決めを行う。その後、同様にボス部品（溶接にて取り付ける部品）を取り出して仮組み治具にセットし、自動クランプ後にアーク溶接ロボットによってベース板とボス部品の仮付け溶接を行う。

2.1.3 ブラケット本溶接工程（第二工程）

第一工程で仮付けされたブラケットは、ハンドリングロボットによってポジションへ運ばれ、自動クランプ後に下向姿勢にポジショニングして本溶接を行う。設置スペース上の制約や目標生産量を考慮し、溶接ロボットはブラケット仮付け工程と本溶接工程で兼用とした。

2.1.4 ブラケットアッセンブリ仮付け工程（第三工程）

次の工程は、第二工程で溶接完了したブラケットと、新たな4種の部材を仮付けアッセンブリする工程である。パレット上から「アッセンブリ用ベース板」、「ステイフナ右」、「ステイフナ左」、「ステイフナ中央」という4種の追加部材をハンドリングロボットで順次取り出し、ブラケットアッセンブリ仮付け工程に運ぶ。取り出してきた部材は、ハンドリングロボットで押えた状態で溶接ロボットによる仮付け溶接を行う。ブラケットアッセンブリ仮付け工程での溶接完了後は、コンベアによって自動排出され本システムでの作業は完了となる。

2.1.5 自動化システムのポイント

本システムでは、既設の限られた設置スペース内でサイクルタイム短縮を目指した。そこで、前述した2軸ポジションによる下向溶接に加え、ボスの表裏の溶接をハンドリングロボットによる反転作業を伴って実施する手

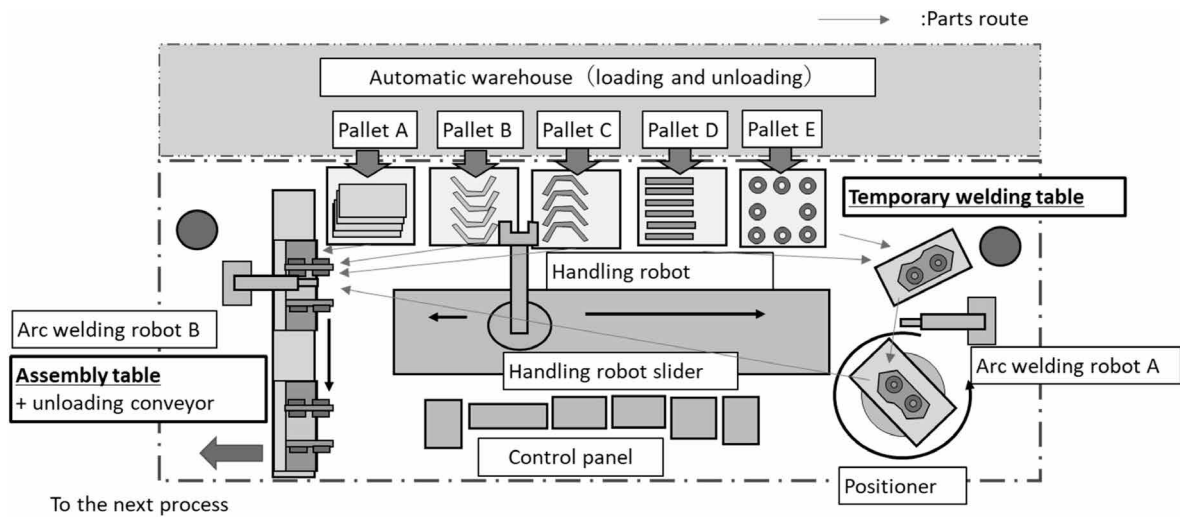
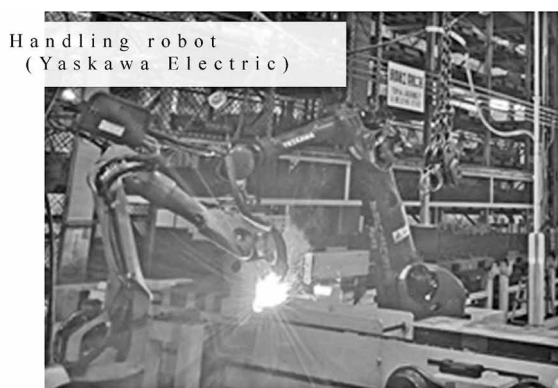


図11 システム配置図
Fig.11 System layout



Handling robot (Yaskawa Electric)
Arc welding robot (KOBELCO)

図12 ハンドリングロボットとのコラボ
Fig.12 Collaboration with handling robots



図13 ツール持ち替え
Fig.13 Tool change

段では時間が掛かることから、クランプ治具による反転によってサイクルタイム短縮を図った。

さらに、1台のハンドリングロボットを三つの工程で兼用することとしたため、ハンドリングロボットの動作で待ち時間が発生しないように効率的に動かすべく各作業時間を細かく算出し、必要に応じて部材の一時仮置き台を設けるなどの工夫をした。その結果、更新前のシステムに対して、機種により差はあるが2~3割のサイクルタイム短縮を実現した。

2.2 予熱兼用溶接システム

2.2.1 概要

中厚板の溶接構造物は溶接前に予熱が必要な場合がある。とくに鋳物や高張力鋼板を用いた構造物の溶接において、予熱は健全な溶接品質を得るために重要な工程となる。従来、予熱が必要な溶接では、ガスバーナーなどを用いた手作業で予熱作業を行い、所定の温度まで上昇させた後にロボット溶接を実施していた。しかし、この方法では予熱してから時間が経過すると構造物の温度が下がるため、ロボット溶接を中断して再び手作業で予熱を行う場合もあった。

このような課題から、予熱も含めた自動化システムの実績が増えている。予熱に関する技術の一例を紹介する。



図14 ツール置台
Fig.14 Tool stand

2.2.2 ガスバーナートーチ自動持ち替え

ロボット1台で予熱と溶接を行うには、溶接トーチとガスバーナートーチの自動交換が必要となる。そのような自動交換は、ロボットとツール間の着脱機構と、取り外したトーチを置く「ツール置台」の構成で実現される(図13、図14)。

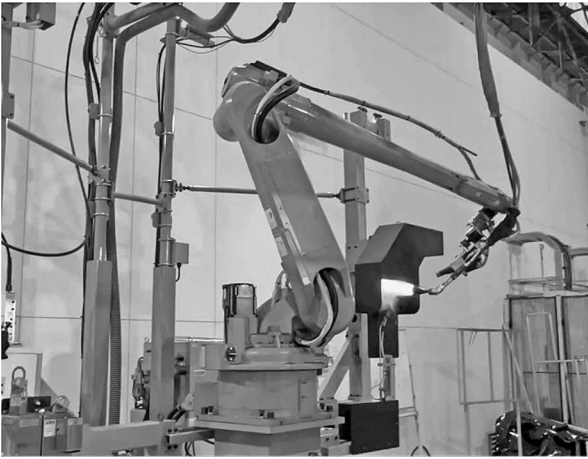


図15 ガスバーナー Torch着火動作
Fig.15 Auto ignition action of pre-heating burner torch

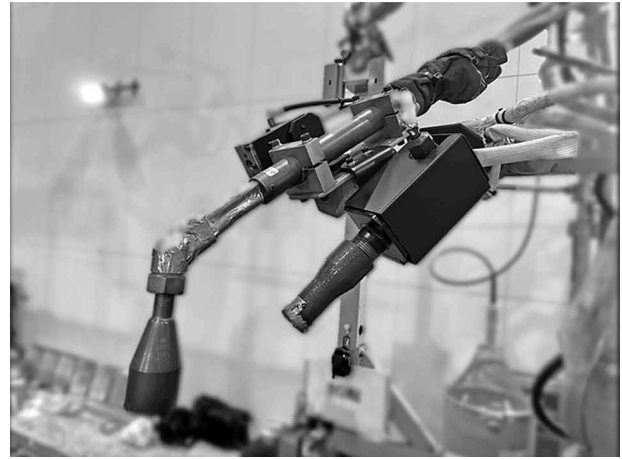


図16 ガスバーナー Torch温度センサ
Fig.16 Temperature sensor of pre-heating burner torch

2.2.3 自動着火・自動消火

予熱炎の着火は自動着火装置により行われる（図15）。着火後は、失火による燃焼ガス漏れを防止するために、Torch近傍に取付けた火炎検知器で予熱火の状態を監視している。何かの要因で失火した場合には、燃焼ガスの供給を止め、ロボットの稼働を停止する。

2.2.4 予熱温度測定

教示したロボットプログラムにおいて予熱時間や動作回数を設定して予熱動作を行うが、外気温などにより予熱後の母材温度は変動する。所定の温度まで確実に温めた後に溶接を行うため、予熱Torch近傍に非接触型温度センサを配置することもできる（図16）。そのセンサにより母材の温度を測定し、設定温度に達するまで予熱動作を継続する。

むすび＝最近の当社の新技術とその導入事例を紹介した。新型アーク溶接ロボットによる適用向上やすき間埋め溶接施工のような従来からの本溶接工程での自動化拡大と並行して、仮組や予熱自動化の事例のような自動化範囲拡大の対応も行っている。

今後も市場やお客様のニーズを捉え、それに必要な商品開発を推進し、溶接の自動化や高品質化に合わせるだけでなく、溶接の前後工程の自動化にも積極的にチャレンジすることにより、お客様の利益の最大化に貢献していく。

参考文献

- 1) 定廣健次ほか, R&D神戸製鋼技報, 2018, Vol.67, No.1, p.61-65.
- 2) 五十嵐大智ほか, ほうだより技術がいと, 技術レポート, 2019, Vol.60 2019-4.
- 3) 五十嵐大智ほか, ほうだより技術がいと, 技術レポート, 2017, Vol.58 2017-4.