

(解説)

溶接ロボットシステムの現状と今後

The Present State and Future Prospects of Robotic Welding System



橋本 潔*

Kiyoshi Hashimoto



丸山徳治**

Tokuji Maruyama

Many robotic welding systems for thick plate structures were incorporated in production lines throughout Japan about 10 years ago. After that, a long term recession greatly reduced the number of robotic welding systems installed. For new production industries, new robotic technologies, equipment and software have been developed to encourage the replacement of old systems.

まえがき = 当社は、溶接材料分野のトップメーカーとして、溶接技術の向上に貢献してきた。また、溶接能率、溶接品質、生産効率の向上には、溶接電源、施工法、ロボットおよびその周辺装置も深く関係していることから、これらの要素について幅広く技術開発を進め、トータル溶接システムとして客先に貢献することを目標としてきた。

ここでは、溶接ロボットをはじめとする各種技術の現状および今後期待される技術について簡単にまとめた。

1. アーク溶接ロボット市場動向

ロボット工業会統計によるアーク溶接ロボットの国内出荷台数を図1に示すが、全溶接量の20~30%の溶接がロボットで行われていると推定され、溶接におけるロボットの存在は重要なものとなっている。

当社は、建築鉄骨、橋梁、建設機械、金属加工機械、鉄道車両、産業車両などの厚板分野に溶接ロボットを提供しているが、図1のように1980年代後期から1990年代

初期にかけて、急速にロボット化が進んだ。その後、厚板鋼材を使用する国内産業が活力を失ったため、ロボットの需要は低迷してきた。

2003年は、中国産業の活況から、建設機械、金属加工機械を中心に大幅な増産が始まり、景気の回復基調が明らかになってきたこと、加えて景気低迷のため控えられてきた設備更新(リプレース)が始まり、需要は活発化している。

2. アーク溶接ロボットに求められる性能

現在は、リプレースを主体とした溶接ロボットの需要である。リプレースには、格段の性能向上とより厳しい設備投資効果が求められるだけでなく、置換作業の合理化や下記事項など、リプレースに特有な要望が加わる。

溶接能率の向上によるタクトタイム短縮とロボット台数減少による設備金額削減により、投資効果を高める。ロボット適用率を100%に近づけ、残溶接工数の省人、残溶接用反転治具とスペースの省略を図る。

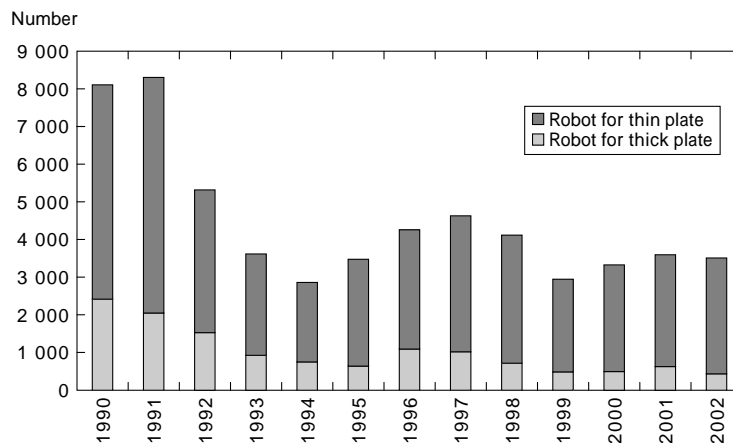


図1 アーク溶接ロボット国内出荷台数

Fig. 1 Shipping numbers of arc welding robots for domestic industry

*溶接カンパニー 溶接システム部 **コベルコロボットサービス㈱

オフライン教示システムを利用し、事前に教示を行い、設備交換後短時間で生産を立上げる。

夜間運転や自動搬送装置などにより、ロボットをフルに活用できるようにする。

これらの市場の要求を満足するための技術が開発され、また今後も充実してゆくものと考えられる。

3. 溶接能率の向上

溶接速度の向上あるいは溶着速度の向上は、厚板構造部材の溶接において、生産性の向上に直結する。短納期対応にも有効な手段となる。

また、1システム当りの生産量の増加は、導入するシステム数の減少と工場スペースの節減に寄与し、投資効果を高める。

このような効果が期待できることから、溶接能率の向上のために、表1に示すような高能率ロボット溶接方法が開発され、実用化されている。

3.1 高溶着溶接方法

高溶着溶接方法は¹⁾、従来 1.2mmのワイヤの場合約300Aで、1.6mmの場合約380Aで溶接していたものを、1.2mmワイヤを用いて400~450Aで溶接する方法である。細径ワイヤを使い大電流で溶接することにより、溶着速度を約1.5倍に向上している。

大型構造物の溶接では、必須であるアーク做いが大電流域では不安定で、高溶着溶接を使用できなかったが、ロボットのウィーピング動作精度、アーク做いの制御方法などの改善により、ロボットを用いた高溶着溶接が広く使われるようになった。

3.2 ダブルワイヤ溶接方法

ダブルワイヤ溶接法は、2本のワイヤを用い、先行極には大電流のアークを発生させ、後行極は、先行極の溶融池の中にフィラーワイヤを挿入する方法である。フィラーワイヤが溶融池の中で溶け易いようにワイヤに加熱電流を流して、溶融速度を増加させる工夫をしている。

この方法は、前節の高溶着溶接の1.5倍程度まで溶接能率を向上させることができる。また、溶融池の冷却速度が速くなるために強度低下が発生しないこと、先行極が大電流であるにもかかわらず、溶落が発生しにくいことなどの特長がある。

3.3 タンデムアーク溶接方法

タンデムアーク溶接法は^{2),3)}、先行電極と後行電極にそれぞれ独立して電流を流し、アークを発生させ溶接する方法である。極間を15~20mmと短くしてワンプール

で溶接すること、1つのシールドノズルの中に2つの電極を絶縁して内蔵するトーチを使うことにより、コンパクトでロボットに搭載できるようにしている。

この方法は、溶着速度が前述の高溶着溶接の2倍、従来方法に比べると3~4倍に向上するので極めて能率的と言える。一方、両極のアークの干渉がありスパッタの増加を回避する溶接条件の選択に注意が必要であること、トーチが大型化するので狭隘箇所の溶接に制限があることなどの弱点がある。

一般に、厚板溶接では高価なポジショナやロボット移動装置を用いるので、1システムの設備金額が高くなるが、タンデム溶接法を使えば設備が半分で済み投資効果が高くなる。

3.4 鉄骨柱大組立2アーク溶接方法

鉄骨柱大組向け2アーク溶接法⁴⁾は、1台のポジショナで鉄骨柱を回転させながら、2台のロボットで同時に溶接する方法であり、ロボット間の速度同期方法と溶接施工技術の開発により、開先幅の異なる2つの継手を同時に溶接するという機能を実現している。

この方法は、タクトタイムを半減させることができ、短納期受注生産の大きな武器となる。また、従来の1アークシステムは、ロボット、ロボット移動台車、レール、ポジショナで構成されているが、これにロボットとその移動台車を付加すれば、能率が約2倍になるので投資効果も大きい。更に、システム占有面積は1アークのものと同様であり、スペース効率も高い。

4. ロボット適用率と品質の向上

ロボット溶接適用率と品質の向上は、残溶接または手直し溶接作業の省人化に寄与するだけでなく、手溶接作業に用いるポジショニング装置を不要とするため、設備費用の削減と工場床面積の有効活用が計れる。

4.1 ツールチェンジ

複数種類の溶接トーチを自動交換する装置をツールチェンジャといい、この装置を用いて適用箇所に合ったトーチに交換し、狭隘箇所や複雑な形状を有するワークの溶接適用率を向上している。

4.2 レーザセンサ・アダプティブ制御

切断精度、曲げ精度、仮付精度などの誤差で開先に隙間が生じ、溶落や脚長不足などの溶接欠陥が生じる。

これらの対策として、レーザセンサを用いて隙間を計測し、隙間の幅に応じて健全な継手が得られる溶接条件を選択して溶接するレーザセンサ・アダプティブ制御⁵⁾

表1 高能率ロボット溶接方法の特徴

Table 1 Features of high deposition rate robot welding process

	Conventional process	High deposition rate process	Double wire process	Tandem arc process	Twin arc process
Deposition rate	1 times	1.5 times	2.25 times	3 times	2 times
Spatter amount	Level	Slightly large	Level	Large	Level
Heat input	Level	Level	Small	Large	Level
Access to narrow part	Level	Level	Difficult	Difficult	Level



図2 ロボットとポジショナの協調制御システム
Fig. 2 Robot system synchronized with positioner

が使われている。

4.3 ロボット・ポジショナの協調制御

ロボット・ポジショナの協調制御は、曲線部と直線部が混在した継手を下向き姿勢を維持しつつ溶接することができ、ビード形状および溶込の信頼性が格段に向上する。図2にロボットとポジショナの協調システムを示す。

協調制御するためには、ポジショナは大型のワークを高速で回転させる必要があり、制御性能の向上と大容量サーボモータにより実現した。

4.4 開先ギャップセンシングおよび開先幅微い制御

下向き突合せ溶接は、開先幅が変動すると溶込不良や溶接金属量の過不足が発生する。

ワイヤの先端で開先幅をあらかじめ測定しておき、開先幅に応じた溶接条件を適用する開先ギャップセンシング制御方法と、溶接中の電流から開先幅をリアルタイムに検出し溶接条件を逐次変更していく開先幅微い制御方法⁶⁾が開発され、ロボットによる高品質な突合せ溶接が可能になった。

5. 教示作業の能率化

ロボットを使う上で教示作業は必須であるが、この作業の能率化がなければ、少量多品種である大型構造物の溶接ロボットは現在のように普及しなかったと言っても過言ではない。この教示作業の能率化で、最も貢献しているのはオフライン教示システムである。

5.1 建築鉄骨のオフライン自動教示システム

建築鉄骨は、物件ごとに異なる設計になるので、現物で教示作業をしては、教示時間の割合が高くなり、ロボット導入効果は得られない。鉄骨構造物は、板厚やサイズは異なるが相似形をしており、寸法入力だけでロボットの軌跡や溶接条件を作成する自動プログラミングが可能であり、教示作業は極めて能率的である。

5.2 橋梁のオフライン自動教示システム

橋梁構造物も鉄骨と同様に案件ごとに設計が異なる。橋梁の自動プログラミングは、設計時に得られたCADデータから溶接線を抽出してロボットの軌跡を自動的に作成するソフトウェアで行われる。

5.3 金属加工機械のオフライン教示システム

大型プレス機械などの金属加工機械のフレームは、少量多品種である。このため教示作業の能率化は重要であるが、鉄骨や橋梁と異なり、狭隘箇所があり、また上側が閉じている形状のワークであり、自動プログラミングソフトの開発が難しい。このため、あらかじめ類型的な教示を行っておきこれをソフトウェア上で自動的に変形させる方法⁷⁾、教示の簡易化機能のあるオフライン教示システムを用いてマニュアル作業で行う方法が使われている。

いずれの場合もロボットの稼働を妨げないオフラインの教示であり、ロボット稼働率向上効果は大きい。

5.4 建設機械のオフライン教示システム

リブレース時にロボットや周辺装置の入替作業が必要であるが、教示作業の時間も大きな比重を占める。リブレース時の部品在庫数量の増大を防ぐために生産中断時間の短縮は重要であり、オフライン教示システムが使われている。

溶接線とトーチ角度を指定すれば軌跡が生成できる機能、処理速度の向上による軽快作業、3次元CAD設計の普及によりワークモデルはCADデータの変換だけで済むことなどにより、オフライン教示の環境が改善されてきた。

6. 生産性の向上

ロボットの稼働率を向上させるためには、ロボットの性能向上だけでなく、段取手段、周辺機器、管理ツールなどロボット以外の進歩を必要とする。以下のものは、このような観点で開発され、ロボットの普及に貢献している。

6.1 夜間運転促進ツール

ロボットの連続運転を阻害する要因として、スパッタ、スラグ、センシングミスなどがあり、夜間の連続運転が確実に実施されるまでには至っていない。

しかし、従来に比べると、トーチクリーナ、ワイヤカッター、ノズルチェンジャなどの付帯機器の開発とセンシングリトライ、アークリトライなどのロボットソフト機能の向上により、確実性が増してきている。

6.2 スラグ取りシステム

鉄骨の大型物件では、板厚が厚いため溶接途中でロボットの作業を中断してスラグ除去作業を行っていた。夜間にはロボット溶接を最後まで続行できず、翌朝スラグを除去した後再開するという非効率があった。

ロボットが、溶接トーチとスラグ除去用タガネを持替え、溶接とスラグ取りを交互に行うスラグ自動除去機能⁸⁾の開発により、ロボットの稼働率が大幅に向上した。

6.3 鉄骨生産管理情報ソフト

ロボットが持っている情報をネットワークでパソコンに吸上げ、生産管理に有効な情報に加工し、生産性向上に有効なソフトウェアが開発されている。

ロボット運転の進捗状況・溶接完了予測時刻の把握によりの確な段取りが可能であること、ロボット稼働実績データを見積もりや生産計画の作成に利用すること、継

手のギャップ幅・入熱の実績データで品質管理を徹底できることなどが、工場全体の効率化に寄与している。

6.4 自動クランプ・搬送装置

ロボット溶接の完了後ワーク入替を行う際、クレーン待ち時間、入替作業者の到着遅れ時間などの無駄が発生する。この無駄を省き、かつ昼休みや定時後にロボットを稼働させる積極的な生産性の向上を目指し、自動搬送装置、自動クランプが利用されている。

ポジションナに油圧クランプ治具を搭載するとともに、ポジションナ自身が上下軸、左右軸などを持ち、搬入出装と連携し、次々とワークを溶接してゆくシステムが使われ、生産性の向上を最大限に発揮している。

むすび＝溶接を高品質かつ能率的に行う上で、ロボットの役割は大きいですが、ロボットを真に活用するためには、溶接材料・溶接電源を含む溶接技術、センサ技術、オフライン教示技術、ポジションナなどの周辺装置、生産管理情報活用ソフトの進歩が必要であり、またこれらの技術

を選択して、客先に最も適したシステムを提供するエンジニアリング技術が重要になる。

当社は、溶接のトータルソリューションを目指して、ロボットを核とした溶接システムの開発に注力してゆく。

参考文献

- 1) 村山弘一：溶接だより技術がいど，Vol.38 (1998-5)，p.6.
- 2) 横田順弘：溶接だより技術がいど，Vol.42 (2002-4)，p.6.
- 3) 中尾哲也：溶接だより技術がいど，Vol.42 (2002-5)，p.7.
- 4) 高田篤人：溶接だより技術がいど，Vol.43 (2003-6)，p.1.
- 5) 竹嶋健太郎：溶接だより技術がいど，Vol.40 (2000-3)，p.9.
- 6) 重吉正之：溶接だより技術がいど，Vol.41 (2001-7)，p.8.
- 7) 芝池雅樹：溶接だより技術がいど，Vol.41 (2001-12)，p.6.
- 8) 中西紀晶：溶接だより技術がいど，Vol.40 (2000-7)，p.10.