実 用 講 座

自動溶接のポイント (2) アーク溶接ロボットのティーチング操作の要点*

Esence of Automatic/Semi-Automatic Arc Welding (2) The Point of a Teaching Operation in Arc Welding Robot*

関 野 昭 幸**

by Teruyoshi Sekino**

キーワード：溶接ロボット、ティーチング、ロボット操作、プレイバック、
作業方法、ロボット溶接

1. は じ め に

最近のアーク溶接用ロボットの普及は目覚しく、溶接自動化のツールとして重要な位置を占めているが、現在使われているロボットの大半は「プレイバック型」と呼ばれるもので、ロボットを使って溶接を行わせるには、動作する位置や速度、あるいは溶接条件などをティーチング（教示）してやらなくてはならない。言わばロボットは、人間に教えられた通りに動作して溶接をプレイバック（実行）するわけで、ロボットアーク溶接オペレータにとって、このティーチング・プレイバックに関する知識と技量の修得は、たいへん重要なことであり確実にマスタしておかなくてはならない。

ロボットの具体的な操作方法や用語は、各メーカーのロボットによって違っており、またさまざまな機能がつけられているロボットもあって、統一して説明することは困難であるため、ここではアーク溶接用ロボットを操作する上で、基本となる事柄について述べる。

2. 安全確保と作業準備

ティーチング作業は、ロボットの可動範囲内にお

いて実施する作業であるため、まず安全の確保を図らなくてはならない。そのための基本的な事項としては、

- ・「作業表示札」の設置
- ・「作業監視者」の配置
- ・「合図（あいず）の方法」の確認
- ・「異常時における措置」の確認

などが挙げられる。

「作業表示札」は、一目で現在の作業状態が分かるようにするためのもので、起動スイッチや安全柵の入口、あるいは所内規則で定めた所などに、「教示作業中」の表示札をつけておかななくてはならない。

またティーチング作業を行う場合には、作業を監視する人を配置することが望ましい。これは、異常時の措置（例えば、非常停止ボタンを押すなどの措置）がただちに実行できるようにしておく目的のほかに、関係者以外の人々の立入りや起動ボタンの不用意操作を未然に防止したり、ティーチング作業を行っている人が危険状態（例えば、万一の場合に逃場がない所にいるなど）にならぬよう監視するなどの目的である。

ティーチング作業を実際に行うには、それに先立って以下のことを確認あるいは実施しておく必要がある。

- ・「溶接トーチの芯合わせ」の確認
- ・「溶接ワイヤの突出し長さ」の確認

*原稿受付 平成4年3月10日

**正 員 関神戸製鋼所, Member, Kobe Steel, Ltd.

- ・「非常停止機能」などの点検
- ・「原点復帰動作」の実行
- ・「位置確認用プログラム」の実行
- ・「リモート操作速度」の設定あるいは確認

「溶接トーチの芯合わせ」はロボットの作業基準点と溶接中のアーク発生点とが一致するように、溶接トーチをロボットの手首先端に取付けることで、その際「溶接ワイヤの突出し長さ」も所定量になるよう調整しておく必要がある。

「非常停止機能」の点検では、制御盤面や教示用ペンダントの非常停止ボタンについて確認するほか、ロボット作動の異常の有無、周辺装置や治具などとの各種インターロック機能についても点検しておくことが望ましい。

また「原点復帰動作」の実行では、その正常終了とともに、プレイバック位置精度の確認を行うため「位置確認用プログラム」を実際にプレイバックして、プレイバック等の位置ずれがないことを確認しておくといふ。

位置確認用プログラムというのは、架台や治具などに固定点を設けてその点をティーチングしたもので、さまざまな手首姿勢をとらせたり固定点を何点か設けて、万一ずれが発見された時にどの軸のずれであるかが推定できるようにしておくなどの工夫があるとさらによい。またこの方法は、位置ずれの原因がワーク側にあるのかロボット側にあるのかを見分けたり、溶接トーチ交換時の取付け姿勢や位置の目安にしたり、あるいはチップの摩耗や溶接ワイヤの曲がりぐせ矯正不良の発見にも役立つため、たいへん便利である。

「リモート操作速度」は、ティーチングのモードが設定されたり、安全柵入口扉が開放されたりすると、自動的に安全な速度に減速されるようになっていくが、ロボットによっては、熟練度や作業状況に応じて速度の選択ができるようになっているものもあるので、操作キーと動作方向の確認も兼ねて、チェックしておくといふ。

3. ティーチング作業の実際

アーク溶接用ロボットでは、基本的には

- ・ティーチング
- ・ティーチングチェック
- ・プレイバック

という3つの操作を行わなくてはならない。また必要に応じて、ティーチングデータの編集を行う。

3.1 ティーチング

(1) モードの設定と起動

前項に挙げた操作は、まずどの操作を行うのかという「操作モードの設定」ということから始める。ロボットによっては「ティーチング」と「ティーチングチェック」は、同じモードで行うもの、また別々のモードで行うものもある。

各モードの設定方法は、各メーカーのロボットによって異なるが、セレクトスイッチあるいは何らかの方法で「ティーチング」を選択し、モードを設定するスイッチをオンにするか、あるいは「ティーチング」という押しボタンスイッチをオンにすることで「ティーチングモード」が設定されるというのが、よく行われている方法である。そして後述するティーチングデータの番号を設定してから、起動ボタンを押してティーチングモードに入るようになっている。

またこの「モードの起動スイッチ」は、ロボット動作範囲外に固定された制御盤に設けられており、不用意操作を避けるため、ガードやふたなどがつけられていて、安全の確保が図られるようになっている。

(2) ティーチングの作業手順

ティーチング作業では、

- ・「ティーチングモード」の選択
- ・「ティーチングデータの番号」の設定と、

「ティーチングモード」の起動

- ・「動作すべき位置（教示点）」と、

「溶接トーチ姿勢」の教示

- ・各教示点での「命令データ」の設定

を行うことが基本的な操作である。

図1はティーチング作業の手順例を示したものである。

まず、ティーチングデータ(プログラム、ジョブ、ブロックなどとも呼ばれる)の番号を設定し、起動をかける。アーク溶接用ロボットでは、例えば1つの溶接線をティーチングするには特別な場合を除けば最低4つの教示点が必要で、これら一つづきの教示点の集まりに対して、番号を設定して区分けするようになっている*。

*ティーチングデータに名称をつけられるロボットもあるが、ティーチングデータは番号で管理されるようになっているのが一般的なので、どのワークがあるいはどの溶接線が何の番号でティーチングされているかという一覧表をつくって管理する必要がある。

図1 ティーチング作業の手順例

図2 1つの溶接線のティーチング例

「教示点」は、ポイントあるいはステップなどとも呼ばれ、リモート操作でロボットをその動作すべき位置まで実際にもって行って、位置記憶（教示、あるいはインプット）ボタンを押すことで、その「動作点の位置」が教示され、ロボットの内部メモリ（RAM）の中にその位置データが記憶される。

この教示点が、溶接線の開始点、途中点、終了点である場合には、位置の教示とともに「溶接トーチの姿勢」も教示しなくてはならない。これは、溶接トーチをその溶接線に合った角度姿勢に実際に整えて、位置教示することで行われる。

図2に、1つの溶接線のティーチング例を示す。

この時のリモート操作は

- ・各軸ごとに動かす操作
- ・ロボットの座標軸に沿う操作

などがあり、ロボットによって、そのどちらかで動かすもの、あるいはどちらかを選択できるものなど

がある。この操作は、ティーチングボックスあるいはペンダントと呼ばれるリモート操作盤のキーを操作して行う。

また、リモート操作の速度は「低速」「高速」などを選択できるようになっているので、ワークやクランプ治具に近い所では「低速」に、またそれらから遠い所では「高速」にするなどこまめな切換えが必要である。この時の速度は、プレイバック時、すなわち実際稼働時のロボットの動作速度とは関係ないので、技量に応じた速度を選択するとよい。このリモート操作は、常日頃から練習を重ね十分熟練しておく必要がある。

「命令データ」というのは、パラメータ、命令コードなどとも呼ばれ、各教示点での制御条件、すなわちエアカット速度、溶接条件、センシングコード、外部機器への指令出力、外部機器の状態確認などを行うための信号である。これらの具体的設定方法は各メーカーのロボットにより違っており、例えば溶接条件では、実速度、実電流で入力するものや、それらをコードで入力するもの、あるいは開先の種類と脚長を指定するだけで、所要パス数と各パスのシフト位置および溶接条件が自動的に設定されるものなど、さまざまである。

以上はアーク溶接用ロボットのティーチング操作における基本的なことであるが、よりよいロボット溶接結果を得るためには、さらに以下のことに注意を払わなくてはならない。

- ・各溶接線に合った溶接姿勢と溶接条件の設定
- ・センシング機能の有効利用
- ・エアカット動作における無駄な動きの排除

このうちセンシング機能については、文献1)に詳述されているので、ぜひ参考とされるようおすすめしたい。

(3) 直線補間と円弧補間

アーク溶接用ロボットは、基本的にはティーチングされた教示点間の軌跡を演算してプレイバックするようになっている。すなわちティーチングされた2点間づつを直線、あるいはどれかの軸で結ぶ補間演算を行い、それを細かな制御周期ごとの位置データに割出して制御しているのであるが、溶接線は直線とは限られておらず、円や円弧あるいはくら形などがあるため、アーク溶接用ロボットでは、直線補間と円弧補間を組合わせてティーチング・プレイバックできるようになっている。

直線は2点、円弧は3点のティーチングを行うよ

図3 直線と円弧のティーチング例

図4 ティーチングチェックの手順例

うになっており、また3点以上の点を結んで自由曲線としてティーチングできるようになっているロボットもある。

図3に直線と円弧のティーチング例を示す。

3.2 ティーチングチェック

(1) ティーチングチェックの目的

ティーチングチェックは、

- ・各教示点位置やそれを結ぶ軌跡、及び溶接トーチの姿勢が正しいか
- ・各教示点での命令データに間違いがないか
- ・周辺装置の治具の動きは正しいか

を確認する目的で行うもので、プレイバックを行う前に必ず一度は実施しておかなくてはならない。したがってこの作業は、ティーチング作業の仕上げと考えてよい。

(2) ティーチングチェックの作業手順

ティーチングチェック作業では、モードを起動した後、

- ・「教示点間の前後送り操作」による

軌跡及び溶接姿勢の確認と修正

- ・各教示点における「命令データ」の確認と修正を行うことが基本的な操作となる。

ティーチングチェックモードは、テストプレイバック、テスト運転などとも呼ばれ、前述のようにティーチングモードと一緒にしているものや別々になっているものもある。また、ロボットの動きを止めておいて周辺装置や治具類だけの動きをチェックする機能、あるいは命令データだけのチェックをする機能などがついているロボットもある。

以下図4に示すように、ごく一般的に行われている手順について述べる。

まず「ティーチングチェック」のモードを選択し、これから確認しようとする「ティーチングデータの番号」を設定してから起動ボタンにより、モードを起動する。この時、この番号とワークとに間違いがないよう十分に注意しなくてはならない。

つぎに「教示点間の前後送り操作」を行いながら、チェック作業に入る。ここでのポイントは、思い通りのティーチングができていないのかということになるが、軌跡や姿勢については、特に以下の点に注意を払う。

- ・溶接の順序、ロボットの移動のさせ方は正しいか。
- ・ティーチング時に思い違いをしていないか（抜けやダブリのチェック）。

- ・各溶接線に対する溶接トーチの姿勢、ねらい位置は正しいか。

（溶接線全線に対してロボットを動かして確認する）

もちろんワークや治具との干渉があってはならないし、不具合があれば修正しなければならない。修正には「変更」「追加（挿入）」「消去」があるが、一般的には修正をしたい教示点まで前後送りあるいはリモート操作でロボットを移動させ、そこで修正操作を行うという手順で行われる。また、表示機能のついているロボットでは、各教示点の座標値やロボット手首の角度データ呼び出し、修正データを数値でインプットして修正する機能をもつロボットもある。

命令データの確認では、以下の点に注意を払う。

- ・エアカット速度
- ・溶接条件 (電流・電圧・速度・クレータ条件など)
- ・アークのオン・オフ
- ・外部機器 (クランプ治具など) への出力オン・オフ
- ・外部機器 (リミットスイッチなど) からの状態入力
- ・センシングコードの使い方

これらの修正の操作方法は、ロボットによりさまざまであるが、ロボットをその教示点まで実際に移動させた上で命令コードを表示させて修正を加える方法と、ロボットを動かさずに所望教示点の命令データを呼び出し表示させて修正を加える方法がある。

以上のようにしてティーチングデータのチェックが終わると、いよいよ「プレイバック」をさせて確認することになる。

3.3 プレイバック

(1) 作業準備

プレイバックを行う場合は、ロボットの稼働範囲内あるいは安全柵内に人が立ち入ってはならないし、安全柵入口扉も閉めた状態とし、さらに「作業表示札」の設置などの安全確保を図らねばならない。

また2項に述べた作業準備のほか、溶接ワイヤの残量やシールドガス流量の点検も行われていなくてはならない。これらは、ロボットアーク溶接を行う際の作業準備として基本的なことである。

(2) プレイバック時の注意点

ロボットの操作としては、「プレイバックモード」の選択、「データ番号」の設定と「モード」の起動という手順になるが、「プレイバックの起動」は前項までの場合と違い、ロボットはすぐに動作を始めることになるので、今一度の状況確認が必要とである。特に周辺装置やクランプ治具と組合わせているシステムでは、それらのチェックも必要である。

ティーチングしてはじめてのプレイバックでは、正常終了するまで、状況を監視する必要がある。この時には、溶接の状況、ロボットの動きなどをよく観察し、不具合や気づく所があれば修正を加えてお

かねばならない。プレイバック途中での修正は、各ロボットの操作説明書に従い、慎重に行う必要がある。

また、でき上がった製品の状態も入念にチェックし、必要があれば検査工程にまわすなどの措置をとる。その他、常々運転しているプログラムであっても、不具合があれば原因を確かめて修正を加えるなど、日常のこまめな努力も必要である。

3.4 ティーチングデータの保存

ティーチングデータは制御装置のRAM(ラム)と呼ばれる内部メモリに記憶されており、プレイバックする時には必要なデータを読み出してロボットを運転している。この内部メモリの容量には限りがあり、これを超えてはデータを記憶することはできないため、記憶容量が限度近くになった時には、そのデータを外部のメモリに移し保存しておかなければならない。

また、RAMに記憶されているデータは、停電時にも保持できるようバッテリでバックアップされている。しかしバッテリには容量的な限界や寿命もあるため、万一の場合にもデータを消失してしまうような事態にならぬよう、新たなティーチングデータをつくった時やティーチングデータに修正を加えた時には、必ずそのデータを外部メモリにセーブ(格納)しておくことが大切である。

4. お わ り に

以上アーク溶接用ロボットを操作する上で、基本となる事柄について、特にティーチング操作を中心に述べた。

ロボットアーク溶接オペレータにとって、ロボット操作に関する知識と技量の修得はたいへん重要なことであり、常日頃から実地での訓練に励み、その向上に努めることが大切であるが、そのために少しでも参考になれば、幸いである。

参 考 文 献

- 1) 溶接学会溶接法研究委員会編：アーク溶接におけるセンシングと制御 (1990年5月)