キャンペーン特集

情報データベースの接合・加工プロセスへの応用

データベースのCO₂, MAG 溶接条件設定への応用*

長谷川 壽 男**, 田 中 將 基**

Application of Data Base to Set CO₂ & MAG Arc Welding Parameters

by Hisao Hasegawa**, Masaki Tanaka**

キーワード: データベース, CO₂溶接, MAG 溶接, 溶接条件, 自動設定, 多層盛溶接, ロボット溶接

1. 結 言

溶接界における人手不足の問題は熟練作業者の高齢化と3K等による若年労働者の業界離れ等により年々その深刻の度合いを増している。

この問題を解決するために種々の方策が講じられている。具体的には①作業環境の改善, ②待遇の向上, ③作業の簡易化による高齢者, 女子労働者の戦力化と④溶接作業の省力化・自動化をあげることができる。なかでも, 上記④の自動化に関連し, 溶接ロボットの利用はこれらの問題解決方法として最も有望なものと考えられている。

アーク溶接ロボットは, ロボット単体の制御技術やCPUの発達, さらに溶接電源の改良等により年々ハード面の能力が著しく向上してきており, 人手不足とあいまって, 溶接ロボットの適用は急速に増加しつつある。

アーク溶接ロボットの適用は1980年代以降, 自動車業界などの比較的多量生産かつ溶接が1パスで済む程度の薄板の溶接分野が主体に適用が進められてきた。

それに比べて, 少量生産(場合によっては一品生産)かつ厚板の多層盛溶接については適用が遅れているのが現状である。厚板の溶接の場合, 薄板と違い多層溶接が

適用され, 十分な溶接継手性能を得るためには, 初層から仕上げ層までの全ての層, 全てのパスにおいて適正な溶接条件で施工する必要がある, この溶接条件の設定が各パス相互に影響するため薄板溶接に比べて飛躍的に難しくなる。

さらにロボット動作の位置指示点数がパス数に比例して増加し, 動作プログラムの作成に要する時間も大きくなる。従来, これらの作業はユーザが個々の対象溶接継手に対して独自に行っているのが殆どであり, 多品種少量生産ではこれら溶接条件の設定と位置指示及び動作プログラムの作成というティーチング作業の繁雑さが低稼働率, 低アークタイム率の一因となり, 効率的なロボット運用の妨げとなっていた。

これらの問題を解決するために溶接条件を内蔵し, かつ指示作業を単純化できる機能を備えたロボットが開発されつつある。また, 厚板の溶接では, 薄板に比べて開先加工誤差および組立誤差が生じた場合, その誤差に応じて溶接条件の変更が不可欠であり, これに対応するシステムも必要となってくる。本報告ではこれらの機能・システムについて紹介する。

2. 熟練溶接作業者が用いるデータベース

従来からある標準溶接条件データベースとしては溶接便覧や溶接データブックなどに示されているが, これらは溶接の技能を持つ溶接作業者を対象としており, その

*原稿受付 平成3年4月17日

**正 員 川崎重工業(株)明石技術研究所

表 1 従来の溶接条件例

○溶接継手試験の一例(シールドガス:CO₂)

姿勢	鋼種	ワイヤ 径 mm	溶接方法	溶接条件				継手引張試験		吸収エネルギー J (kgf·m)
				パス	電流 A	電圧 V	速度 cm/min	引張強さ N/mm ² (kgf/mm ²)	破断位置	
下向	SM 50A	1.2		1~8	260	28	15~30	530(54)	母材	93(9.5)
立向 上進	SM 50A	1.2		1~5	140	19	4~8	520(53)	母材	95(9.7)

内容は表 1 に示す程度の項目が記載されているだけである¹⁾。その内容も初層、中間層、仕上層に分け、溶接電流、溶接電圧、溶接速度に幅を持った値で表記しているにすぎない。また積層法については記載されていないものも多く、記載されている場合でも、おおよその状態を示しているにとどまっている²⁾。

ところが、これだけの情報では一般には実際の溶接を行うことはできず、熟練作業者向けの指示事項にすぎない。これらの指示事項を基に溶接作業者自身のノウハウにより、記載されていない詳細データ(積層法、トーチ角度、ねらい位置、ウィーピング方法など)を補って溶接作業を行っている。

このように、従来の溶接作業者のための溶接データ

表 2 ロボット溶接施工条件項目

パス数、層数、各層毎のパス数
各パス毎の
溶接電流、電圧、速度
クレータ電流、電圧、処理時間
ウィーピング周波数、振幅、両端停止時間
(ウィーピングパターン)
狙い位置、トーチ角度、前進、後退角
ワイヤ突出長

ベースは、溶接に必要な情報の一部を示しているにすぎず、そのままでは従来のサブマージアーク溶接のような専用自動溶接には適用できても、ロボット溶接のように任意の継手形状に対して適用する場合には前述したような詳細データ情報が不足となり、ロボット溶接用の溶接施工条件データベースとしては不適である。

3. ロボット溶接におけるデータベース

ロボット溶接のように自動化された溶接では、表 1 の項目に加えて、溶接作業者のノウハウに頼っていた項目をも加え表 2 に示すような内容(溶接施工条件項目と呼ぶこととする)を全てデータベースに盛り込む必要がある。

これらの項目を対象溶接毎、つまり溶接姿勢や開先形状、寸法はもちろん、母材の鋼種や溶材の種類、ワイヤ径などの条件(溶接前提条件と呼ぶこととする)毎に溶接施工条件項目を選定する必要がある。

3.1 データベースの種類と特徴

溶接条件データベースは設定方法によって分けると大きく 2 つに分けられる。一つは図 1 に示すように溶接条件をデータシートとして持っており、その中から入力さ

図 1 データバンク型データベースの概念図

表3 データバンク例

入力条件

継手形状	溶接姿勢	溶接法	ワイヤ種類	ワイヤ径 mmφ	脚長 mm	ルート ギャップ mm	ワイヤ 突出長 mm
単筋すみ肉	下 向	CO ₂	ソリッド	1.2	14.0	0.0	20

積層溶接条件

層 数	パス 数	溶接条件			ウィービング条件				トーチねらい			脚 長
		電 流 A	電 圧 V	速 度 mm/分	ピッ チ mm	振 幅 mm	停止 時間 sec	周波 数 cpm	Δ Y mm	Δ Z mm	角 度 deg	
1	1 (1)	290	29.9	240	2.0	3.0	0.0	120.0	0.9	0.9	0.0	9.3
2	1 (2)	290	29.9	168	5.0	12.2	0.3	33.3	0.0	7.1	0.0	14.5

れた前提条件項目に合致した条件を検索し、溶接施工条件を読み込むタイプ（データバンク型と呼ぶこととする）、もう一つは前提条件により指定された継手を溶接するのに必要な単位長さ当りの溶着量（溶着断面積と呼ぶこととする）等を計算し、それから溶接速度を逆算するというような、最適化計算により求めるタイプ（アルゴリズム型と呼ぶこととする）とがある。

3.2 データバンク型データベース

データバンク型は従来の便覧などに載っている基本3条件（電流、電圧、速度）に加えて、表3に示すようにより詳細かつ正確な情報を持つものである。条件を選定する場合は仕様合致した溶接前提条件（溶接姿勢、開先形状、寸法など）を検索し、溶接施工条件を読み込み設定する。合致した前提条件が無い場合は1ランク上（板厚や脚長）の施工条件を選択するなどして対応する。この型のデータベースでは1パスでも多層でも基本的に溶接条件は同じ手順で設定されるため、比較的早い時期から多層用データベースが実用化されている³⁾。

3.3 アルゴリズム型データベース

アルゴリズム型はビード形状や溶接ノウハウを予め実験等により関数化あるいは溶接電流の上下限を求めるといように条件（制約条件と呼ぶこととする）化し、これらにしたがって溶接に必要な溶接施工諸条件を設定するものである⁴⁾。したがって、データバンク型とは異なり、基本的には算出された結果は別途試験を実施し、品質を確認する必要がある。1パス溶接では多層盛溶接のように、積層時のビード形状などを考慮する必要がなく、設定された条件の品質確認も容易なため、以前から実用化もされている⁵⁾。

多層盛溶接では、基本的な考えは1パス溶接と同様であるが、溶接条件を飛躍的に正確に制御する必要がある。すみ肉溶接を例にとると、1パス溶接では脚長は+1mm程度なら許容される、つまり1パスでの脚長は通常最大10mm程度として、10%程度の誤差は許容される。しか

図2 アルゴリズム型データベースの条件設定フローチャート例（各パスの溶着量一定の場合）

し、脚長の許容量は脚長が大きくなっても絶対量で規定されるため、多層盛溶接ではパス数が増加すればするほど、1パス当りの許容範囲は小さくなる。また、ビード形状に及ぼす前パスのビード形状の影響が大きいいため、個々のビード形状の偏差は小さくても最終的には大きな偏差となる。また、1パス溶接では主な制御の対象ではなかったウィービング条件やねらい位置、トーチ角度が重要な制御対象となってくる。つまり、積層前のビード形状と積層時のねらい位置、トーチ角度やウィービング条件と積層後のビード形状との関係など全てを関数で表現し、これを全パスについて推定しながら最適化するとい

う、より高度な処理が必要である。

この型のデータベースの場合は種々の設定方式が考えられているが⁹⁾、そのうちの各パスの溶着量を一定にした場合の設定方法と各パスの層の厚さを一定にした場合の設定方法の手順を図 2 および図 3 に示す。

アルゴリズム型の場合、設定は予め許された範囲内であれば、どの様な前提条件に対しても施工条件が設定できるが、この条件は無限にあるため、実施工への適用に関しては品質保証が問題となる。

この型のデータベースは実用化されつつあるが⁷⁾、適用を限定するとか⁸⁾、データの修正を可能とし保証済みのものをデータバンクに登録して使用するというような複合型のデータベースも開発されている。⁹⁾

自動溶接条件を用いての多層溶接条件設定のフロー

図 4 溶接条件自動設定機能

図 3 アルゴリズム型データベースの条件設定フローチャート例 (層の厚さ一定の場合)

4. 接合条件データベースの応用

前述のようにデータベースを利用することにより、溶接施工条件の設定は容易に行えるようになるが、多層盛溶接に伴う位置データの算出と教示、および動作プログラムの作成の問題が残る。

従来のロボット溶接では、ルートパスの溶接開始点と終了点を教示し、これらの点を基にねらい位置情報に従って、2パス目以降の教示点の座標もしくは移動量を設定し、教示していた。同時に動作プログラムを作成し、溶接条件をパス数回繰り返して入力して、全ての教示作業を終了していた。このため、これらの作業はパス数が多くなればなるほど多くの時間を必要としていた。これに対処し、データベースを有効に利用するために、データベース情報に基づき、必要とする位置情報と動作プログラムを自動生成する機能を内蔵したロボットや簡易自動

機が開発されている¹⁰⁾。

以下に当社のアーク溶接ロボットを例に取り、溶接条件自動設定機能と多層盛展開機能について説明する。

本機能は当社の新アーク溶接ロボット Arc-Js (アークジェイス) に搭載されている機能であり、ロボットによる多層盛溶接の教示作業の簡素化、品質の向上およびスキルレス化を目指したものである。

4.1 溶接条件設定機能

溶接条件自動設定機能とは前述のデータバンク型のデータベースであり、図4に示す様に溶接姿勢と継手種類と脚長または板厚と開先角度を対話式に選択するだけで内蔵したデータバンクから溶接前提条件項目が合致したデータを検索し、自動的に多層盛溶接に必要な全てのパラメータを設定するものである。

4.2 多層盛展開機能

多層盛展開機能は多層盛時に必要な位置情報および動

図5 多層盛展開機能

図 6 カスケード機能

作プログラムを自動作成する機能である。(図 5)。この機能には、ユーザが選択可能な以下の機能を具備している。

a) 円弧，円周溶接機能

溶接条件自動設定機能は直線のほか折れ線，円弧の溶接にも適応できる。円弧の場合は始終端 2 点と円弧上の 1 点の計 3 点の教示だけで多層盛の溶接が行える。さらに，後述するカスケード機能と合せて利用することにより，円周の溶接の場合でも，ビードの継目部分の処理が簡単に行え，高品質な溶接が行える。

b) カスケード機能

カスケード量を始端側と終端側個別に層毎に長くすることも，短くすることも指定でき(図 6)，始終端での垂れ落ち防止やビード継ぎ，特に円周溶接の場合始終端の処理が容易に設定できる。

c) その他の機能

① 往復，片道選択機能

多層盛時に溶接歪などを考慮して片道で溶接するか，あるいはサイクルタイムを向上させるために往復溶接をするか選択が可能である。さらに往復の場合は，始終端での欠陥発生を低減するために両端でアークを切らずに継続して溶接することも可能である。

② 位置修正機能

初層の溶接線位置の結果を後の層に反映して，自動的に位置情報を補正する機能である。

③ 標準溶接条件修正機能

標準溶接条件の一部あるいは全部を修正しユーザの独自の溶接条件に修正できる。

④ ユーザ登録機能

最大層，パスの溶接条件を一度に 36 種類登録できる。また，登録条件は，磁気ディスクの併用により増やすことができる。

4.3 溶接施工例

CO₂溶接，開先付すみ肉継手，水平溶接の溶接施工例(マ

カスケード量

溶接された部位の上へ積層する時，層単位で溶接の始・終端の長さを指定することができます。

(単位 mm)

正の数値の場合，ビードは短くなります。

負の数値の場合，ビードは長くなります。

図 7 断面マクロ写真(開先付すみ肉継手；35mm 深さ)

クロ試験結果およびビード外観を図 7 に示す。全層において十分な溶込みが得られ，ビード形状，ビード外観とも非常に美しいものが得られている。

5. 今後の展望

現在，市販されているロボットシステムではデータベース型のデータベースが多いようであり，かつ，その対象も CO₂, MAG 溶接による軟鋼クラスの鋼材に対するものがほとんどである。

今後は，①コアードワイヤ用や MIG, TIG 溶接，またステンレス鋼などの特殊な材料，さらに特殊形状の継手というように適用範囲の拡大，②ユーザのニーズ(例えば，品質重視か経済性重視か)に応じた溶接条件を選択できるというようなシステムの開発が求められると考えられる。そこで，これらを満足するために，適用範囲の大きいアルゴリズム型のデータベース¹²⁾が増してくると思われる。

ロボットで多層溶接をおこなう場合，溶接施工条件を

厳しく管理するとともに, 開先加工精度, 組立精度と位置決め精度を厳しく管理する必要がある, これがロボット化阻害の一因と成っている。溶接施工条件は溶接電源のインバータ化などにより, 制御は容易になったが, 精度の管理はコストなどとの関連により, 容易に実現できない。そこで, ロボット側からのアプローチが必要となるが, 精度の劣る部材に対してロボット溶接を適用するためにはセンシングによる寸法, 位置計測が不可欠である。この場合, センシングデータを反映した溶接条件の設定が必要となるが, 適用範囲を考慮した場合, こども, アルゴリズム型のデータベースが有効と考えられる。

以上のように, 今後溶接条件データベースの開発対象は, データバンク型からアルゴリズム型のものへと移っていくと考えられるが, これにともない如何にして品質を保証するかが, 重要な課題となってくるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) ㈱神戸製鋼所: 神鋼溶接総合カタログ, 1988, 75
- 2) 例えば 溶接学会編: 溶接便覧
- 3) 例えば アークマン-EX の便利な機能, 溶接だより技術がいに (神戸製鋼所), 24(1984), No. 6, 20~21
- 4) 例えば 三宅, 小倉, 高野: CO₂アーク溶接による下向きすみ肉溶接条件設定プログラム, 溶接学会論文集, 4(1986), No. 2, 26~30
- 5) 坂入, 杉山, 宇田川, 猿楽: 溶接条件自動設定システム: 日立評論, 71(1989), No. 8, 109~114
- 6) 例えば R. W. Graham: Prediction of weld pass size and placement in robotic multipass MAG welding of steel, Weld Inst Member Report, 385/1988
- 7) 中島, 安尾, 大沢, 尾崎, 堀口, 別所: "HIROBO" 用溶接条件ライブラリシステムの開発, 日立造船技報, 47(1986), No. 3, 57~64
- 8) 森安, 平本, 大峯: アークロボット用多層プログラムの開発と重電気部品への適用, 溶接学会論文集, 9(1991), 80~85
- 9) 佐々木, 松田: 多層盛アーク溶接ロボットシステム, National Tech Report, 36(1990), No. 1, 49~55
- 10) 例えば 山崎: 鉄骨専用小型溶接ロボットの開発, 溶接技術, (1987), No. 12, 62~66
- 11) 川崎重工業, アークジェイス 6(多層盛簡易操作仕様) 操作説明書, (1991)
- 12) S. Matsui et al.: Welding Parameters Selection Expert System for Multi-Layer Weld by Arc Welding Robots, The 5th International Symposium of the Japan Welding Society(1990), 5JWS-III-2, 453~458

社団法人日本工学会主催

第 13 回 国際会議のための準備セミナー

—英語によるプレゼンテーションの実際—

1. 対象者:

- ・国際会議で発表する予定のある方
- ・英語によるプレゼンテーション能力の向上を図りたい方

2. 日 時: 1991年 8月19日 (月) 9:00~20:00

20日 (火) 9:00~17:00

(集合: 8月18日 (日) 18:00現地)

3. 講 師:

- ・社団法人日本工学会 理事
- ・㈱ヒューテック代表取締役 肥田 良夫
- ・その他 (国際会議参加経験者からの話題)

4. 会 場: 海外職業訓練センター研修施設

千葉市ひび野 1-1 Tel: 0472-76-0211

5. 交 通: JR 京葉線 海浜幕張駅 徒歩 5分

6. 参加費: 80,000円 (資料代, 懇談会費等を含む)

7. 宿泊費: 17,000円 (2泊, 食事付)

8. 定 員: 18名

9. カリキュラム

- (1) 国際会議の概要
- (2) 国際会議参加の準備
- (3) プレゼンテーションの実際
- (4) プレゼンテーションの評価と練習法

10. 参加申込み方法

- (1) 参加申込みを希望される方は下記に詳細パンフレットをご請求下さい。
- (2) 申込締切は 8月 5日 (月) 日本工学会必着です。

11. パンフレット請求先:

〒107 東京都港区赤坂 9-6-41

社団法人 日本工学会

電話: 03-3475-4621 FAX: 03-3403-1738