

# パイプラインの自動溶接\*1

鎌倉 和彦\*2 福原 昇\*3 阿草 一男\*4

## Automatic Girth Welding for Pipeline

Kazuhiko Kamakura Noboru Fukuhara Kazuo Agusa

### 1 緒 言

パイプラインの円周溶接は、ラインの安全性を直接左右する重要な作業である。この作業では、溝内の狭隘かつ劣悪な環境の下で、連続的に変わる溶接姿勢に対応する必要がある。従来は高度な手溶接技量を有する熟練溶接士に依存してきた。

しかし、近年、溶接士の不足や工期短縮化への対応策として溶接作業の自動化が強く要請されている。

当社では、円周溶接の脱技能化、工期短縮、作業環境改善を目的として、コンピュータ制御による自動溶接システム「パイプライン円周 MAG アーク溶接ロボット」を開発し、パイプライン敷設工事現場への実用化を図ってきた。本報ではその自動溶接システムの概要を示す。また、さらなる高速施工をめざした内外面同時溶接工法についても紹介する。

### 2 円周溶接ロボットの概要

#### 2.1 特徴

新しく開発したパイプライン円周 MAG アーク溶接ロボットの特徴は以下のとおりである。

##### (1) コンピュータ制御

管周 1°ごとに、溶接電流、アーク電圧、溶接速度、ウィビング条件、トーチの上下・左右位置および溶接回路の開閉など 13 項目をコンピュータ制御する。

##### (2) 学習機能

オフラインにて、学習機能を介して熟練溶接士のノウハウを学習し、実際の施工時に、学習した溶接方法を再現することにより、熟練溶接士と同等の溶接を行う。

##### (3) 手動介入機能

実際の開先寸法が、学習データで対応不能の場合や、現地溶接時の突発的な状況変化に対して、オペレータは適宜手動介入

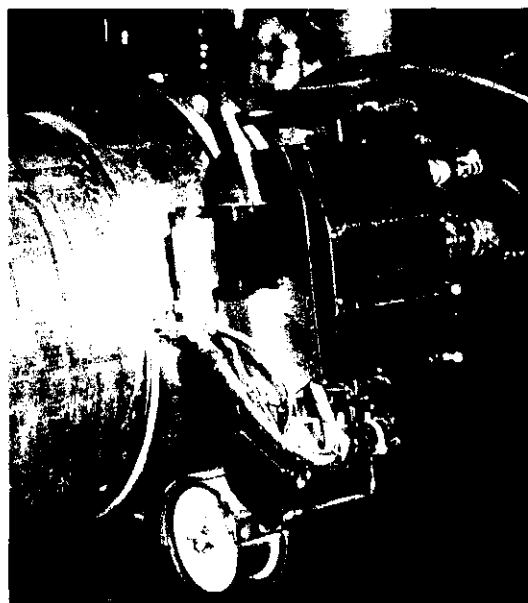


Photo 1 Automatic girth welding

ができる。

##### (4) 開先自動微い

溶接に先立ち、溶接ヘッドが管を一周して開先を微い、溶接時にはこの微いデータをもとにトーチ位置を自動補正し、鋼管の変形やレール設置位置のばらつきに自動追従できる。

##### (5) 小型軽量の溶接ヘッド

溶接ヘッドは小型軽量で、狭い溝内でも取扱いが容易であり、手溶接にくらべ会所幅を狭めることができる。また、溶接ヘッドが管下にもぐっていき、上向き姿勢溶接を自動的に行うので、従来溶接時の作業環境が大幅に緩和される。

本ロボットを用いての溶接状況を Photo 1 に示す。

#### 2.2 システム構成

溶接ロボットは、Fig. 1 に示すように、①鋼管外周面に取りつけられたレール、②溶接ヘッド、③制御盤、④手元操作箱、⑤エンジンウエルダ、⑥シールドガスボンベ、⑦インナーランプとその⑧手元操作箱、⑨溶接データ作成および解析用のオフラインコンピュータでシステム構成されている。

\*1 平成 7 年 10 月 20 日原稿受付

\*2 エンジニアリング事業本部 鋼構造研究所建設エンジニアリング研究室 主任研究員(掛長)

\*3 エンジニアリング事業本部 鋼構造研究所建設エンジニアリング研究室 主任研究員(課長補)

\*4 エンジニアリング事業本部 鋼構造研究所建設エンジニアリング研究室長(部長)・工博

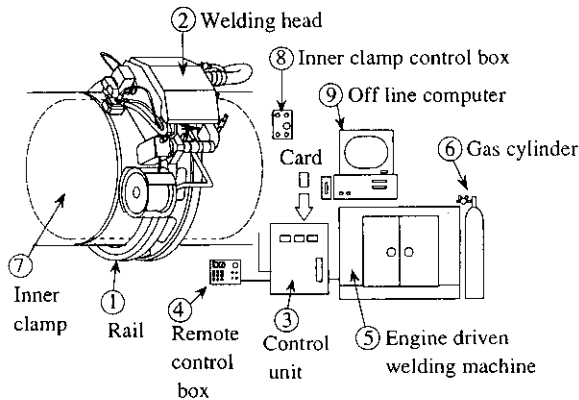


Fig. 1 Welding system

2.3 溶接施工手順

溶接施工手順を Fig. 2 に基づいて説明する。(1)インナークランプを既設管内に挿入したあと、新管を取り込んで開先を組立てる。(2)開先部を管内のインナークランプで固定して芯出しを行う。(3)レールを管外周面に取り付け、そのレール上に溶接ヘッドを搭載する。(4)溶接ヘッドに0時位置をセンシングさせ、原点検出を行ったあと、接触式センサで開先を做う。(5)自動運転を開始すると、溶接ヘッドは0時位置を原点として溶接を開始する。溶接が終了すると、前記レールと溶接ヘッドを取り外し、専用車でつぎの溶接作業場所に移動する。また、インナークランプを管口まで既設管内を牽引する。

2.4 溶接制御データの作成

溶接すべき鋼管の諸元が決まると、溶接制御データの作成が必要となる。それには、初めに、それ以前に作成した他の鋼管用の溶接データを用いて溶接を行う。しかし、溶接データと鋼管仕様が一致していないので、当然、好ましくない溶接現象が生じる。そこで熟練溶接士が手動介入することにより、ロボットに当鋼管に最適な溶接条件を学習させ、つぎの施工時にはこの最新データで適切に溶接することができる。

2.5 溶接施工法

2.5.1 溶接条件

シールドガスは80%Ar+20%CO<sub>2</sub>、ワイヤ径は0.9mmである。

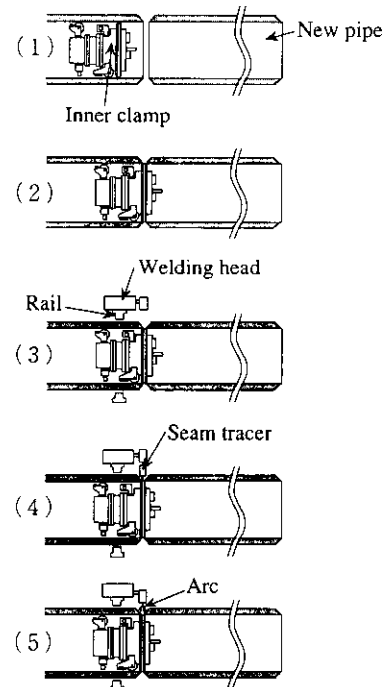


Fig. 2 Welding procedure

開先形状は従来の手溶接用開先にそのまま自動溶接を適用できるようV型、開先角度は60~70°、ルートフェイスは0~2mm、ルートギャップは3.5~4.5mmとした。

2.5.2 裏波溶接

インナークランプに裏当て銅板を組み込み、管外面から裏波溶接する方法を基本としているが、曲り管の溶接など、インナークランプを使用できない場合は、初層を手動によるTIG溶接とし、2層以降をMAGアーク溶接とする方法をとっている。

2.5.3 積層法

積層法はウィピング法による1層1パスの多層盛り法である。積層パターンとしては、①鋼管下部でのビードつなぎがなく、かつ鋼管へのケーブル巻きつきのない一周反転法を基本に、②ビードつなぎ部のない方向連続回転法、③下進部が無く溶け込み確保が容易な左右振り分け上進法、などの順転および反転積層法が可能である。

以上の積層法およびAPI5L X 65 500A×11.9tの鋼管を溶接したときの所要時間を Table 1 に示す。溶接時間は手溶接に比べて

Table 1 Arc time comparison among different build-up methods<sup>a</sup>

Build-up methods	All layers : MAG			Stringer : TIG		Shielded metal arc welding
	Both side upward welding	Oneway continuous welding	Alternate reverse welding	Both side upward welding	Alternate reverse welding	
Arc time (min)	85	70	70	30+70	30+55	150
Pass sequence <sup>b</sup>						

<sup>a</sup> Pipe dimension : 500A-12t    <sup>b</sup> Legend : — MAG,    TIG

約1/2, すなわち2倍の高効率を得られる。

#### 2.5.4 角度切り管の自動溶接

角度切り管では、溶接位置により肉盛り量が異なるため高度な技能が必要となるが、学習機能、手動介入機能を用いることにより自動溶接を適用することが可能である。

### 3 継手性能

本ロボットで溶接した継手は省令や事業者の要求する余盛高さ、裏波形状などの外観検査基準を満足している。また、継手引張り、曲げ、衝撃、硬さなどの機械試験、およびX線透過や超音波探傷の非破壊試験も行っているが、すべての試験で良好な結果を得ている。

### 4 現地施工対策

開発した溶接ロボットの実際の現場導入に当り、さらに以下のような点について配慮した。

#### (1) ノイズ対策

溶接ヘッドや制御ケーブルからTIGなどのノイズが侵入しないように、ケーブルをシールド線とし、制御盤の入口に高周波フィルタを設ける対策を施した。

#### (2) 溶接電源

商用電源が利用できない敷設現場を対象としたエンジンウェルダに加え、商用電源の利用が可能な洞道内や工場内溶接も考慮して、市販の直流溶接機も使用可能なシステムとした。

#### (3) オペレータ支援システム

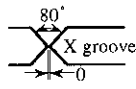
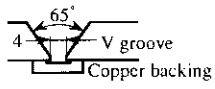


制御盤へエラーメッセージを表示し、操作性向上に配慮した。

### 5 内外面同時溶接

さらなる省力化と高速化の要請に対応するため、内外面同時溶接の開発も行い、溶接時間を1/3に短縮できた。

Table 2に内外面同時溶接と外面自動溶接の比較を示す。新工法では管内面と外面の2電極を同時使用する多電極化の効果と、X形開先の採用による開先断面積の低減効果(約1/2)により、溶接時間の短縮化を図っている。

Table 2 Comparison between inside/outside simultaneous welding and outside welding

Welding method	Inside and outside simultaneous welding	Outside welding
Heat source	MAG	MAG
Number of electrode	2 (inside 1, outside 1)	1 (outside 1)
Groove configuration		
Groove area	95 mm <sup>2</sup>	190 mm <sup>2</sup>
Build-up method	 Alternate reverse welding at inside and outside	 Alternate reverse welding

### 6 結 言

パイプライン敷設工事の工期短縮と配管接合作業の作業環境改善、および熟練溶接士不足への対策としてパイプライン円周MAGアーク溶接ロボットの開発および現地実用化を進めてきた。その特徴は以下のとおりである。

- (1) 熟練溶接士の技能とノウハウを取り込む学習機能を持つ。
- (2) 開先位置を3次元的に測定してトーチ位置を自動補正する做いシステムでを備えている。
- (3) リアルタイムに手動介入可能なコンピュータ制御全自動溶接システムである。
- (4) 2種の裏波溶接法、3種の積層法、角度切り管溶接など多様な溶接方式に対応できる。

現在は内外面同時高速溶接技術にさらに高度な制御技術を適用し、よりいっそうの工期短縮とコストダウンを図った新工法の現地実用化を推進中である。

### 参 考 文 献

- 1) 藤本智也, 福原 昇: 川崎製鉄技報, 25 (1993) 3, 192

### <問い合わせ先>

エンジニアリング事業本部 鋼構造研究所  
Tel 043 (258) 7092