

# 配管の高能率自動溶接技術の開発

## Development of Highly Efficient and Fully Automatic Welding(GMAW) for Pipeline

池辺真人/Masahito Ikebe・建設・エネルギー事業部 エネルギープラント技術部 大阪プロジェクト室

中村啓一/Keiichi Nakamura・建設・エネルギー事業部 エネルギープラント技術部 大阪プロジェクト室 課長

笠谷龍也/Tatsuya Kasatani・住友金属プラントエック(株) 施工技術部 課長

### 要 約

当社建設・エネルギー事業部では、さまざまな分野でパイプラインを中心に配管設計・施工に携わってきており、現地工事の効率化を目的に溶接工事の自動化を推進してきた。

パイプラインの現地溶接工事はその現場環境に応じ、必要となる溶接工法も変わってくる。

これまででは、ガスパイプラインの現地工事を中心に炭素鋼管の自動溶接の開発を行い、溶接能率に応じ、狭開先1ヘッドMAG自動溶接法および内外面3ヘッドMAG自動溶接法の開発を推進する一方、LNG基地内配管を対象にステンレス鋼管のMIG自動溶接に着手し効率化を実現した。

### Synopsis

Sumitomo's construction and thermal plant division has been engaged in engineering and construction work for pipelines, in various fields and has developed fully automatic welding for the purpose of increasing of field construction efficiency.

For field welding of pipelines, the welding technique used is changed according to the environment.

Automatic welding methods for carbon steel are mainly available for gas pipeline field construction.

We developed a narrow gap GMAW method (one internal and two external heads) to give greater welding efficiency.

In addition, an automatic GMAW method for stainless steel pipe has been developed and will be utilized for LNG terminal piping.

## 1. はじめに

パイプラインによる流体輸送は近年急速な発展を遂げ、現在では石油・天然ガスの長距離大量輸送パイプライン、都市ガス配管、水輸送用配管、地域冷暖房配管等、今後ますます増大すると考えられる。

特に、クリーンエネルギーとして天然ガスの需要増加に対応するため、これらパイプラインの需要が増加するものと考えられ、コストダウンに向けた現地溶接作業の自動化および高速化開発が重要課題となっている。

本自動溶接は、このような背景により開発した自動溶接法であり、現地円周溶接の大幅な高速化を実現したものである。

## 2. 自動溶接の開発状況およびその適用

当社では、それぞれの現場環境に応じ、最も適した自動

溶接法の開発を行ってきた。

第1表に適用環境と適用自動溶接法を示す。

## 3. 炭素鋼管向け自動溶接法の概要

### 3-1 狭開先1ヘッドMAG自動溶接法の概要

本自動溶接法は、一般埋設部のような土木作業の進捗が全体進捗に影響を与え、溶接能率が1~2R/日の適用現場を対象としたもので、開先角度を従来の60°V開先から40°V開先へ狭開先化することにより溶接能率の効率化を実現したものである。

API X 65 750 A×19.0t鋼管では、従来溶接ヘッドを2ヘッド化し、アークタイム110分を実現したが、本溶接法の開発により1ヘッドでも同一のアークタイムを実現した。

第1表 自動溶接法とその適用環境  
Table 1 Principal scope of environment to be handled by automatic welding process

(1)対象 ガスパイプライン			
適用場所	← 一般埋設部等 (土木作業の進捗影響大) →		← シールド・共同溝等 (土木作業の進捗影響小) →
溶接能率	1	2	3 (R/日)
炭素鋼	狭開先1ヘッドMAG自動溶接法		
			内外面3ヘッドMAG自動溶接法
(2)対象 LNG基地内配管			
適用場所	← プレファブ工場 (管回転) →	← 地組ヤード (プレファブヤード, モジュールヤード等) →	← 現地ヤード →
SUS鋼管	自動溶接 (下向き姿勢)	全姿勢自動溶接	手動溶接 または全姿勢自動溶接

3-2 内外面3ヘッドMAG自動溶接法の概要

本自動溶接法は、シールド部、共同溝部のような溶接作業の能率が全体能率に影響を与える現場を対象としたもので、2〜3 R/日以上溶接能率を可能とする自動溶接法である。

3-2-1 構造

溶接装置は大幅な開先断面積の削減と溶接品質の安定が実現できるX開先を採用し、「外面2ヘッドMAG溶接装置」と「内面溶接装置兼クランプ装置」との構成となっている。

3-2-2 外面2ヘッドMAG溶接装置

装置の概要を写真1に示す。

3-2-3 内面溶接装置兼クランプ装置

周溶接を行う両管端を固定する油圧クランプ機能と内面溶接機能を合わせ持った当装置を開発し、裏波溶接法を、より品質の安定する内外面溶接法(X開先)に改善するとともに、配管芯出し時間の大幅な短縮を可能とした。

装置の概要を第1図に示す。

3-2-4 両溶接法の比較

両溶接法の比較を第2表に示す。

3-3 インプロセスコントロール技術の概要

内外面3ヘッドMAG自動溶接法ではアークタイムの大幅な削減が可能となるが、3台の溶接トーチ操作が必要となるため、装置オペレータの負担は大きくなる。

そこで、完全自動化の推進、溶接品質の安定性を目的に、インプロセスコントロール技術を開発した。

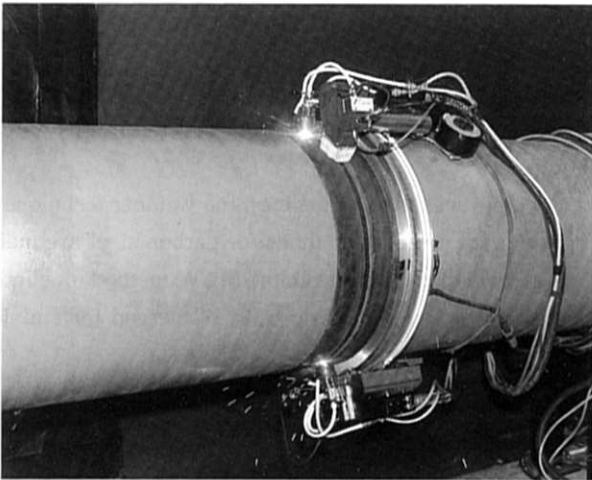
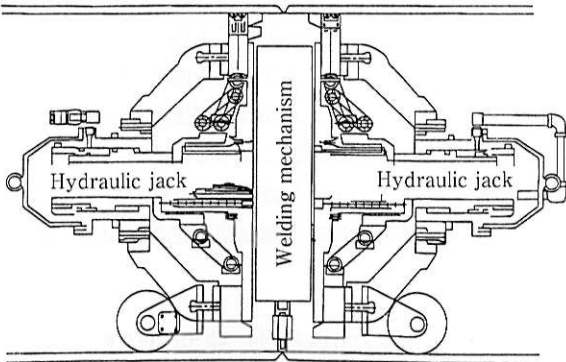


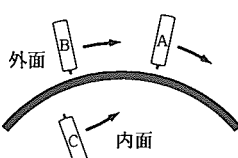
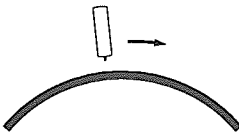
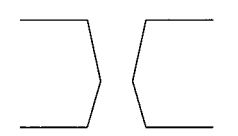
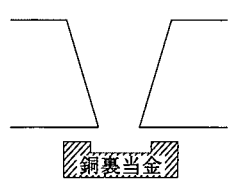
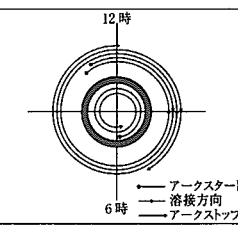
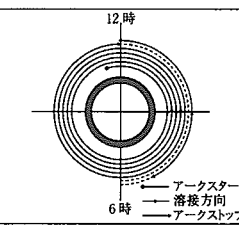
写真1 外面2ヘッドMAG溶接装置  
Photo 1 Appearance of two external head welding device



第1図 内面溶接装置兼クランプ装置  
Fig.1 Outline of internal clamp and welding device

第2表 両溶接法の比較

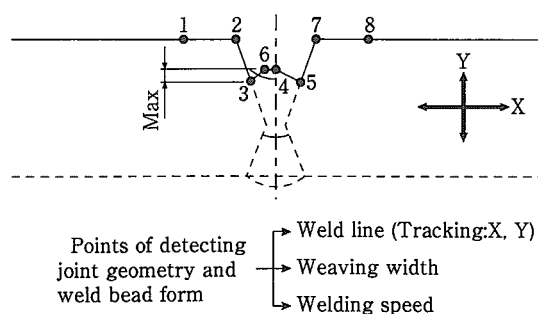
Table 2 Comparison of welding process

	全自動 MAG 内外面	全自動 MAG (従来)
トーチ数	3 トーチ (外面 2+内面 1) 	1 トーチ 
開先形状		
積層法		
能率	溶接時間 従来の約 20%	(100%)

## 3-3-1 光センサによる開先形状の検出

光センサでの開先形状の検出状況を、第2図に示す。

従来の接触式センサーに比べ、約10倍の計測精度と処理速度が可能となる。



第2図 開先形状検出状況

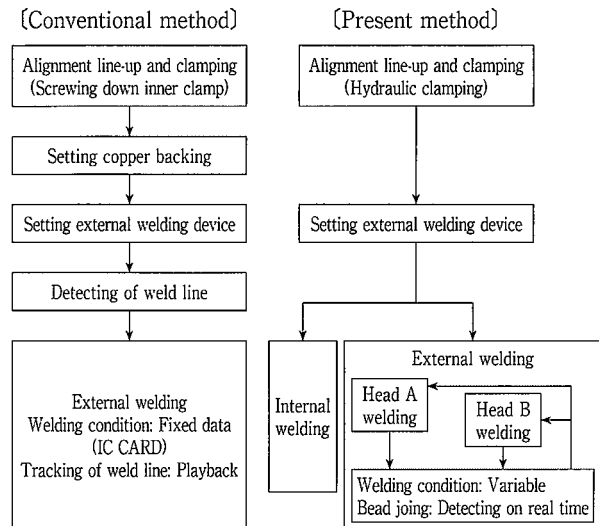
Fig.2 Points of detecting joint geometry

## 3-3-2 最適溶接条件制御

従来の全自動溶接では、接触式センサによる事前ならい方式であり、溶接中はすべて記憶したならいデータを再生しながら固定溶接条件を実行していた。

本技術は溶接中に順次変化していく溶接ビード形状や開先形状をリアルタイムで検出し、そのビード形状に応じ溶接条件の変更と開先ならいを実施するものである。

従来法との施工手順の比較を、第3図に示す。



第3図 施工手順の比較

Fig.3 Comparison of welding procedures

4. ステンレス鋼管向け  
高能率 MIG 溶接法の概要

-162℃の極低温のLNGを輸送する配管はオーステナイト系ステンレス鋼管(以下SUS鋼管)が使用され、その現地施工はTIG溶接法が多く採用されている。

しかし、ステンレス鋼は熱膨張係数が大きく溶接入熱の横収縮で開先幅に縮みが生じ、裏波形成が困難な材料のため、その防止として両管端に治具を溶接し(ウマ付け)縮みを防止する方法や、TIG自動溶接ではU開先を用いる方法が一般的である。

また、裏波ビードの酸化防止のため、管内面側を不活性ガス(Arガス)によるバックシールドが必要となり、これら作業が溶接能率向上の阻害の原因となっている。

当社はLNG配管現地溶接施工の大幅な能率向上を目的に、MIG自動溶接施工法の開発に着手した。

以下にこの概要を紹介する。

## 4-1 MIG 溶接法の概要

本MIG溶接法の概要を第3表に示す。

4-2 本開発の施工手順と  
従来TIG溶接法との比較

第4表にMIG溶接法とTIG自動溶接法との比較を示す。

第3表 MIG 溶接法の概要

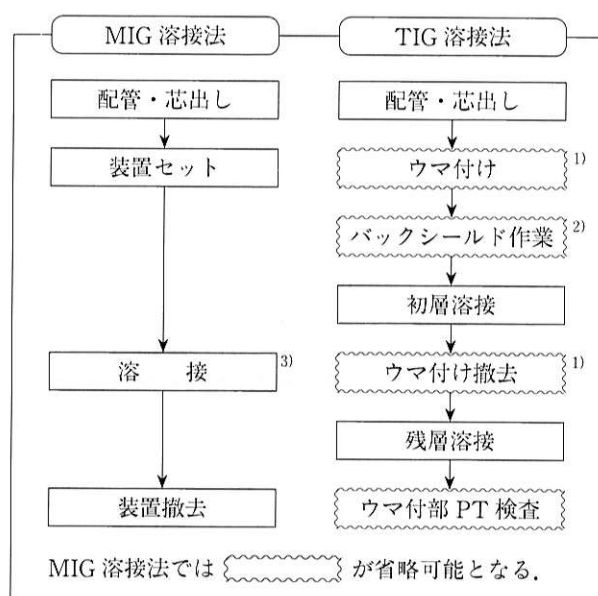
Table 3 Specifications of welding (GMAW)

項 目	MIG 溶接法
溶接トーチ数	1 トーチ
開 先 形 状	V 開先 (片側 30 度)
溶 接 ワ イ ヤ	新規開発ワイヤ

溶接ワイヤは本溶接法採用のため、全姿勢溶接性および低温靱性を満足すべく、住金溶接工業㈱と新規に開発したものである。(特許出願済)

第4表 両溶接法の比較

Table 4 Comparison of welding process



1) MIG 溶接法は TIG 溶接法に比べ溶接速度が3倍近いため、横収縮の影響を受けずウマ付けによる両管端の固定が不要。

2) MIG 溶接法はコアードワイヤを使用するため内面バックシールドが不要。

3) 溶接時間(アークタイム)は TIG 溶接に比べ大幅に短縮。  
(例) 600 A×6.5 t でのアークタイム

MIG 溶接法 32 分 (31%)

TIG 溶接法 104 分 (100%)

## 5. 機械的性質

本開発で得られた溶接継手は、ガス事業法および電気事業法の溶接施工法確認試験要領に従い試験を実施し、その判定基準を満足していることを確認している。

## 6. まとめ

- (1) 溶接工事適用場所に応じ、前記第1表に示す開発をした。
- (2) 本溶接法の開発により従来溶接法に比べ、アークタイムで大径炭素鋼管では約1/5、ステンレス鋼管で約1/3に短縮が可能になった。
- (3) ステンレス鋼管ではアークタイムの効率化に加え、溶接に付随する作業(ウマ付け、バックシールド等)の省略が可能となり、溶接作業全体での効率化が可能となる。
- (4) インプロセスコントロール技術の開発により、完全自動化および溶接士の削減が可能となる。
- (5) 継手性能は各法規の判定基準を満足するものが得られた。

内外面3ヘッドMAG溶接法は、本年ガスパイプライン現地溶接工事に採用されることとなり、溶接部の信頼性および経済性が評価されたものと考えられる。

ステンレス鋼向MIG溶接法は、実用機による現地施工性を確認し、早期実用化を目指すものである。



池辺真人/Masahito Ikebe

建設・エネルギー事業部  
エネルギープラント技術部 大阪プロジェクト室

(問合せ先：06(220)5729)