
パイプラインの全姿勢自動溶接法の研究

New Process for Automatic Pipeline Welding

阿草 一男(Kazuo Agusa) 赤秀 公造(Kozo Akahide) 坪井 潤一郎(Junichiro Tsuboi)

要旨：

中径固定鋼管の1方向連続回転自動溶接法を確立するため、CO₂-Ar 気中自動溶接装置を用いて溶接姿勢とビード形成に関する実験を行い、初層は溶接速度のみの変化で、2層目以降は各層ごとに同一条件で回転溶接できることをみいだした。この結果に基づき、初層溶接速度の制御と層間での条件変更を自動化した1方向連続回転溶接の専用機を開発し、溶接所要時間の半減、継手性能の向上などが達成できた。

Synopsis：

The joining of medium diameter line pipe in the fixed position is a highly specialized job because of the one-side all-position welding being required. This is usually achieved at present by employing the manual metal arc process. In this case, however, many skilled welders are required and the weld quality is influenced by their skill. In the present paper, to ensure the weld quality and promote the welding efficiency, a new technique has been examined on a laboratory scale using an automatic CO₂ girth welding system. The "vortex type" welding, i.e., continuous multi-pass welding in one direction along the circumference of a pipe, has been developed by a proper combination of welding variables. The root pass can successfully be made by only the travel speed control at every welding position and for each of the succeeding passes no adjustment of welding variables is necessary during welding. By using the new process, the arc time can be reduced to about one half of that of the conventional upward welding method.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

パイプラインの全姿勢自動溶接法の研究

New Process for Automatic Pipeline Welding

阿 草 一 男*

Kazuo Agusa

赤 秀 公 造*

Kozo Akahide

坪 井 潤一郎**

Junichiro Tsuboi

Synopsis:

The joining of medium diameter line pipe in the fixed position is a highly specialized job because of the one-side all-position welding being required. This is usually achieved at present by employing the manual metal arc process. In this case, however, many skilled welders are required and the weld quality is influenced by their skill. In the present paper, to ensure the weld quality and promote the welding efficiency, a new technique has been examined on a laboratory scale using an automatic CO₂ girth welding system.

The "vortex type" welding, i. e., continuous multi-pass welding in one direction along the circumference of a pipe, has been developed by a proper combination of welding variables. The root pass can successfully be made by only the travel speed control at every welding position, and for each of the succeeding passes no adjustment of welding variables is necessary during welding.

By using the new process, the arc time can be reduced to about one half of that of the conventional upward welding method.

1. ま え が き

近年、世界的なエネルギー危機が叫ばれ、油田などの新規開発が活発化しているが、石油や天然ガス類の大量・長距離輸送の必要性から、欧米諸国をはじめ国内においてもパイプラインが注目され、その溶接法について種々の検討がなされている。

パイプラインの現場溶接には、固定管の全姿勢溶接が必要なため、溶接法のいかに問わず、各姿勢に対する溶接現象を十分把握したうえで溶接

条件を設定しないと管全周にわたって健全かつ均一なビードを得ることはできない。また、外径25インチ程度までの中小径管のパイプラインでは、内面溶接が困難なため、外面からの片面溶接を行わざるをえず、姿勢の変化に対して安定した裏波ビードを形成できる溶接法を選択することがとくに重要である。

現在、ほとんどのパイプラインが、被覆アーク溶接法で施工されているが、この方法では、多数の熟練溶接工を要するうえに品質のバラツキが多いため、最近では、自動化の気運が高まっている。これまでに開発された自動溶接装置は、Arcos社

* 技術研究所溶接研究室主任研究員

** 技術研究所溶接研究室室長・工博

や CRC Crose 社などの例にみられるように、 $\text{CO}_2\text{-Ar}$ 気中での短絡移行形アーク溶接法を採用したものが最も多く、特殊な例として、AGA（米国ガス協会）が開発した電子ビーム溶接法がある。しかし、いずれの場合も実用実績に乏しく、将来の技術の蓄積が望まれている。

筆者らは、品質、経済性ともにすぐれた固定管の円周溶接法を確立すべく、 $\text{CO}_2\text{-Ar}$ 気中自動溶接装置を用いて種々検討した結果、能率のよい 1 方向連続回転溶接が条件の選択により十分可能であることをみだし、さらに、この方法でより簡単な操作で行えるよう自動化した専用溶接機を開発した。ここではそれらの概要について報告する。

2. 溶 接 装 置

実験に用いた全姿勢自動溶接装置は、デンヨー

機製であり、電源、溶接機および内面固定装置に大別される。

溶接用電源は、3 相誘導電動機と他励磁差動複巻形直流発電機から構成される定電圧特性の電源で、最大溶接電流 300A、最大無負荷電圧 28V である。短絡移行形溶接法では、電源 2 次回路のインダクタンスにより溶接現象が変化するが、ここでは、全実験を通してインダクタンスを一定に保持した。

円周溶接機は、外径 16 インチの鋼管に対する専用機である。Fig. 1 に示すように、アルミ軽合金製フレーム⑤上に諸装置を搭載して、3 組の走行車輪でパイプ表面を回転する。溶接トーチは、ウィビング可能で、両端停止時間を組入れた左右単振動方式が採用されている。制御箱④には、電流、電圧、ウィビング回数および両端停止時間の調整ダイヤルがあり、オペレータは、溶接開始前にこれらを適正值に設定しておき、溶接中はアー

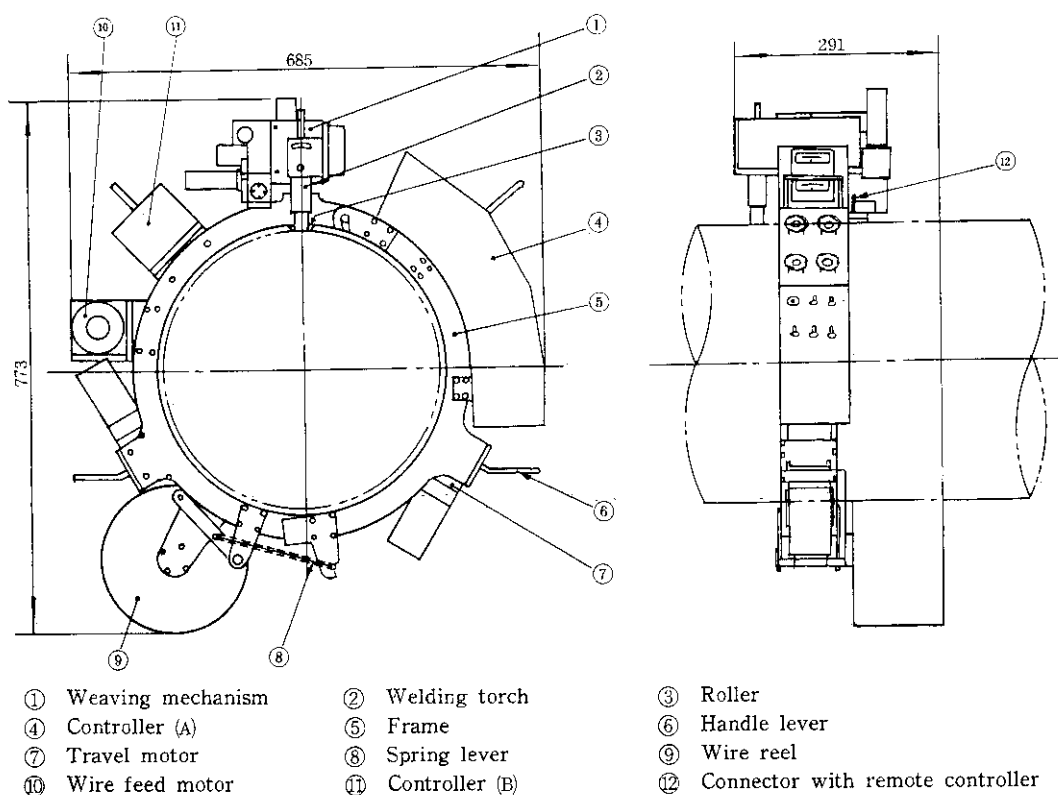
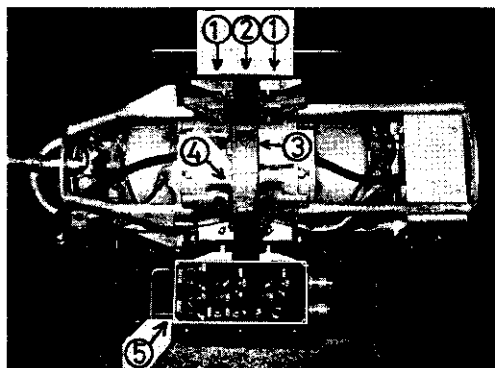


Fig. 1 Automatic girth welder used in this experiment

クを監視しながらコンセント②に接続された遠隔制御箱でフレーム回転速度、トーチ上下・左右位置およびウィビング幅の大小を調整する。溶接中、アークの監視が必要なのは、溶接姿勢の変化ならびに開先形状の変動に対処するためである。

内面固定装置は、既設管と新設管の溶接しようとする部分を内面から固定し、パイプ間の目違いやルート間隙の変動を軽減するとともに、裏当て材（ガラステープ）を加圧保持して、裏波溶接を容易にすることを目的としている。Photo. 1 に示す内面固定装置は、2組のプランジャ①と1組の裏当て治具②が圧縮空気によってそれぞれ独立に作動するようになっており、その操作は管外の遠隔制御箱⑤で電氣的に行うことができる。



① Clasper ② Backing device
③ Cu plate ④ Fill-space Cu bridge
⑤ Remote controller

Photo. 1 Internal line-up clamp used in this experiment

3. 溶接条件の検討

固定管の円周溶接を $\text{CO}_2\text{-Ar}$ シールドアーク溶接法で行う場合、下進振分け法、上進振分け法、1周回転法またはそれらの組み合わせが考えられるが、一般に下進溶接部は裏波ビードが凹状になりやすく、また層間に融合不良が発生しやすいとされており、もっぱら上進振分け法を用いる例が多い。しかし、溶接能率の点では、回転法がすぐれているのは自明であるから、ここでは、初層から最終層まで連続して1方向に回転する溶接法を実現すべく、まず溶接姿勢と溶接可能な条件範囲の

関係を求めた。

円周溶接においては、(1)溶接姿勢が時々刻々変化する。(2)突合わせ作業の段階で開先幅を全周均一に設定するのが困難なうえ、仮付け溶接ができないため、溶接中にも開先幅が変動するなどの特殊性を有しており、溶接中にそれらの変化に応じて電流、速度、運棒条件などを調整しなければならない。実験に用いた溶接機では、(1)に対しては、主として溶接速度、(2)に対しては、トーチ左右位置、ウィビング幅などをオペレータの判断で調整する方式になっているが、この場合、溶接結果がオペレータの技量に左右されやすく、また溶接条件の管理を徹底できない難点がある。したがって、開先形状の変動には人的手段で対処せざるをえないにしても、姿勢変化に対する条件調整が自動化できれば、オペレータの負担を著しく軽減でき、より確実な溶接が行える。このような考えにもとずき、自動化のもっとも容易な溶接条件を選定することに主眼をおいて実験を行った。

3-1 初層溶接条件について

固定管溶接では溶接姿勢が連続的に変化するが、ここでは、現象を明確に把握すべく、下向、上向、立向下進、立向上進の4姿勢に分けて初層溶接条件を求めた。

試験片は、Fig. 2 の開先を有する $11 \times 150 \times 200\text{mm}$ の軟鋼板、ワイヤは、 $0.9\text{mm}\phi$ の KC-45 を用いた。溶接に当たっては円周溶接機のトーチを固定し、試験片を別の台車で走行させた。裏当てにはガラステープを用い、どの姿勢の場合もテープが開先に密着するよう配慮した。

溶接条件は、ビード形成への影響度が大きいと考えられる電流、速度およびウィビング回数を

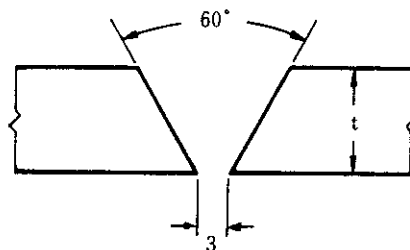


Fig. 2 Groove geometry

Table 1 のように変化し、溶接性の良否の判定はつぎの各項目によった。

Table 1 Welding conditions of root pass used in this experiment

Welding current (A)	80	100	120
Arc voltage (V)	17		
Travel speed(cm/min)	4 ~ 19		
Dwell time of weaving(sec/cycle)	0		
Weaving cycle (cpm)	47 ~ 82		
Wire protrusion length(mm)	15		
Gas flow rate (l/min)	20(Ar/CO ₂ =1/1)		

(1) ビード外観：表裏ビードの余盛高さおよびビード幅の均一性。アンダカット、オーバーラップなどの有無。

(2) ビード断面：融合不良、アンダカット、スラグ巻込み、ブローホールおよびわれの有無。

(3) 作業性：短絡移行の均一性とくにワイヤ突込み現象の有無。

このようにして得られた代表的4姿勢での適正条件範囲を Fig. 3 に示す。図中の数値は、裏ビード幅/表ビード幅を示している。

全般的傾向として、適正条件範囲は、電流値の大小によらず下向、上向、立向下進、立向上進の順にせまくなる。下向溶接では溶接条件の多少の

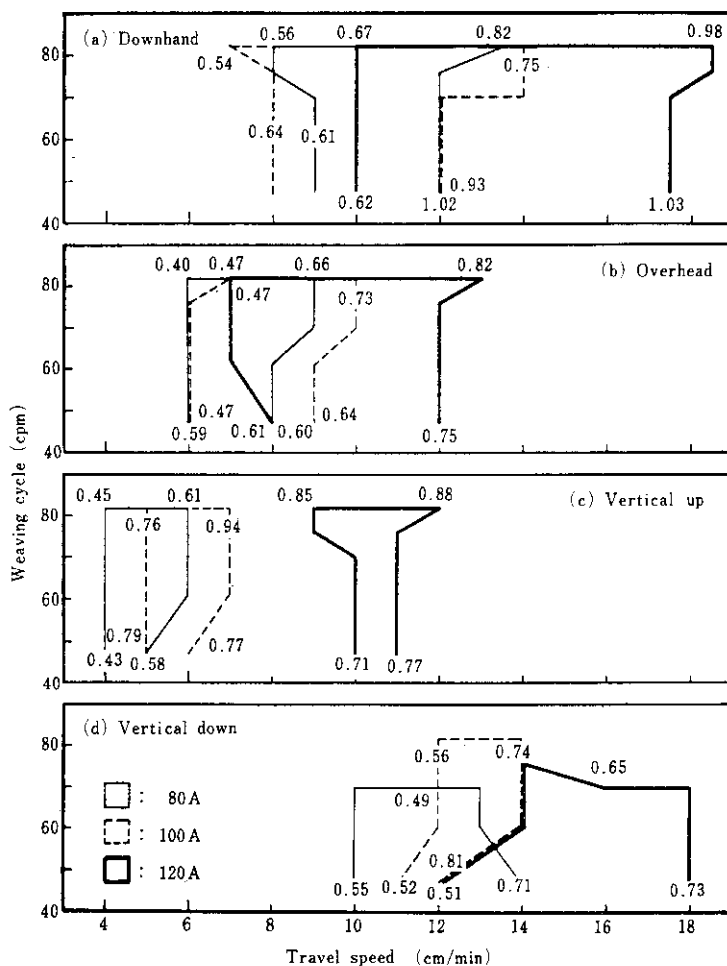


Fig. 3 Critical welding conditions capable of producing good stringer beads. Arc voltage : 17V ; Dwell time of weaving : 0 sec/cycle

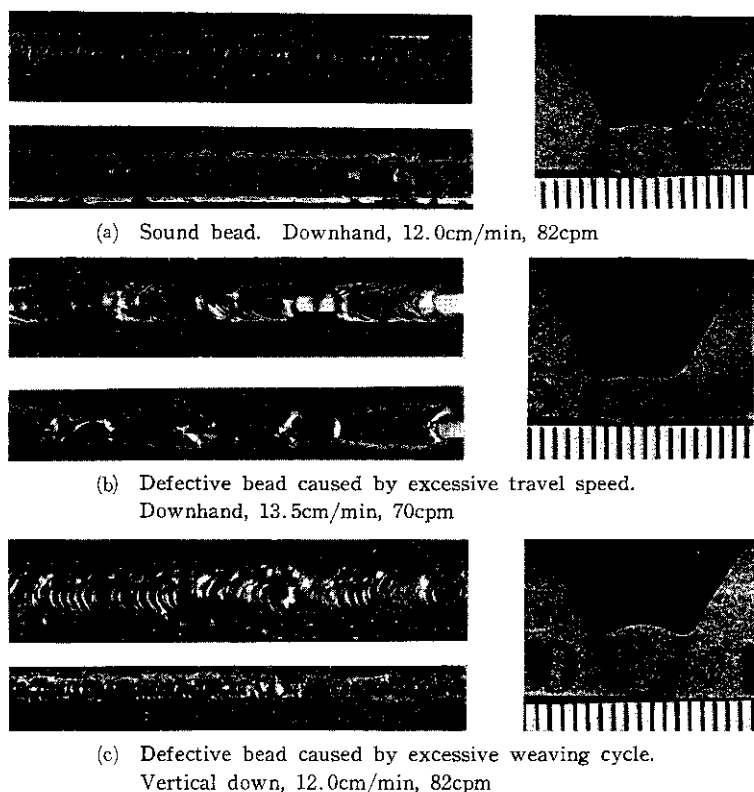


Photo. 2 Examples of stringer bead. 80A, 17V

変動に対しても安定した溶接を行えるが、立向上進では逆に条件の厳密な設定が必要になる。また、裏波ビードは、下向と立向上進のとき凸状になりやすく、立向下進と上向では形成しにくかった。

各姿勢における現象を詳細にみるとつぎのようになる。

下向溶接の場合、**Fig. 3 (a)** の適正範囲内においては、アークは溶融池先端部近傍に発生し、いわゆるキーホール状になるため開先底部が十分に溶融されて裏ビード幅の広い安定した溶接結果が得られる。適正条件での代表的なビード形状を**Photo. 2 (a)** に示す。高速側の限界速度以上では、ワイヤが溶融池前方のガラステープに突込んで、**Photo. 2 (b)** に示す不連続ビードが発生し、低速側の限界速度以下では、アークが溶融池の中央部に発生するため、開先底部が溶融しにくくなり、**Photo. 3 (a)** のように幅のせまいアンダカットのある裏波ビードになる。上述の傾向は溶接電

流が変化しても変わらないが、大電流ほど適正領域が高速側に広がる。また、ウィビング回数を増すと低速での裏波ビードのアンダカットや高速でのワイヤの突込み現象は発生しにくくなる。

上向姿勢での適正領域は、**Fig. 3 (b)** に示すように、大電流ほど高速側に広がる点では下向の場合と変わらないが、一定電流で下向と比較すると低速側に移行している。高速側の限界線は、下向の場合と同様、電流値に関係なくワイヤの突込み現象により決まるが、上向では溶鋼の重力による垂下りがあるため速度上限が低下したものと考えられる。低速側の限界速度以下では、**Photo. 3 (b)** のように裏ビード幅がせまくなり、著しい凹みを生じる。

立向上進での適正範囲は、**Fig. 3 (c)** のように大電流ほど高速化が可能になるが、その範囲は逆にせまくなる。高速側の限界速度以上では、ワイヤがガラステープに突込み、低速側の限界速度以下では、**Photo. 3 (c)** のように溶鋼の垂下りのた

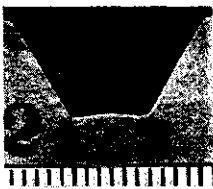
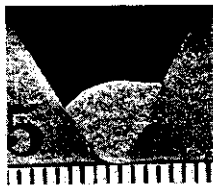
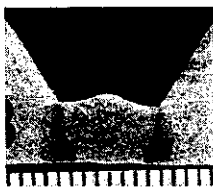
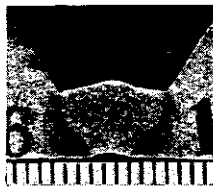
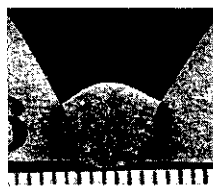
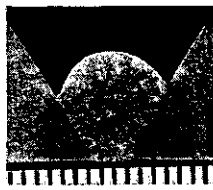
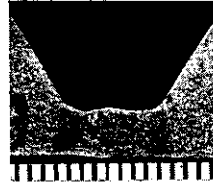
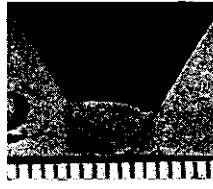
Sound bead	Travel speed (cm/min)			Defective bead
	Weaving cycle (cpm)			
	12.0	(a) Downhand	6.5	
	61		82	
	8.0	(b) Overhead	5.0	
	61		82	
	6.0	(c) Vertical up	3.5	
	82		82	
	13.0	(d) Vertical down	9.0	
	47		70	

Photo. 3 Examples of stringer bead. 80A, 17V

め表ビードが著しい凸状を呈する。

立向下進の場合、Fig. 3 (d) のようにやはり大電流ほど高速化できるが、他の姿勢と異なる点が高ウィビング回数が制限されることである。これは、ワイヤが溶融メタルに突込み、Photo. 2 (c) に示すようにスパッタの発生が著しくなるとともに溶込み不良になるためである。高速側の限界はワイヤのガラステープへの突込み、低速側の限界は Photo. 3 (d) の溶込み不良の発生による。

つぎに、これまでに求めた代表的4姿勢での適正条件範囲から、固定管の回転溶接条件を考えてみる。

初層溶接時の管全周にわたる速度プログラムを Fig. 3 から求めると、たとえば、ウィビング回

数 70cpm の場合は Fig. 4 のようになり、このプログラムを用いれば1周回転溶接が可能なのはである。図において興味ある点は、電流 120A で

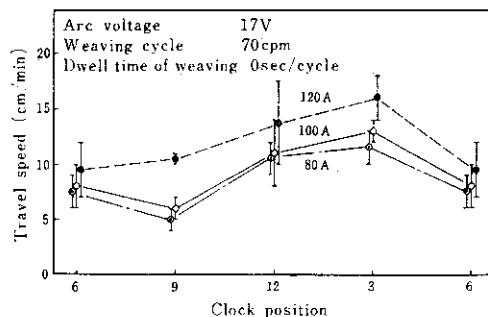


Fig. 4 Relation between welding position and welding speed

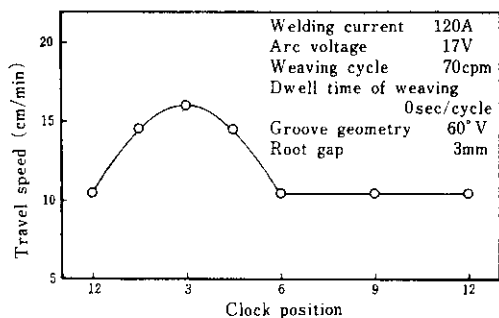


Fig. 5 Welding conditions of root pass

の上進部(6→9→12時)に限り, 約10.5cm/minの一定速度で溶接が行えることで, 溶接姿勢の変化に対して条件をまったく変更する必要のないことがわかる。このことは, 実験を行ったウィビング回数の全範囲(47~82cpm)において成立した。

以上の結果から初層溶接条件を Fig. 5 のように決め, これの実管に対する再現性を確認するため, 外径16インチ, 肉厚0.5インチのSTK-41鋼管を用いて初層ビードのみの1方向回転溶接を行った。Photo. 4 が得られたビードの断面形状であり, 6時位置においても裏波に凹みは発生せず, 全周にわたって良好な結果が得られた。

3.2 2層目以降の溶接条件について

前節では初層溶接条件について述べ, 回転法によっても安定した溶接結果が得られることを示した。ここでは, 2層目以降の溶接を初層と同一方向に回転して行うための適正条件を求めた。

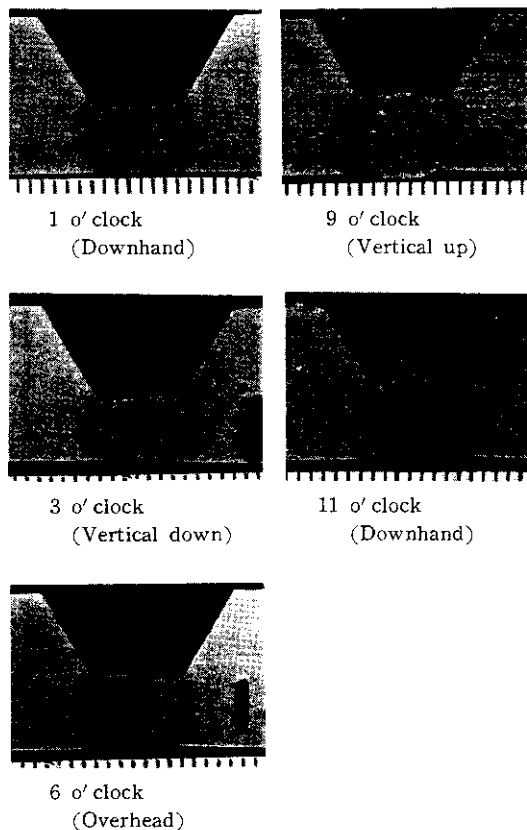


Photo. 4 Sections of stringer bead made by one-directional rotating welding. 120A, 17V

実験材としては, 前述のSTK-41鋼管を用い, 開先形状は Fig. 2 と同一にした。溶接条件は Table 2 のとおりで, 初層以外は1周溶接中の条

Table 2 Welding conditions for each weld pass

Pass	Welding current (A)	Arc voltage (V)	Weaving cycle (cpm)	Dwell time of weaving (sec/cycle)	Travel speed (cm/min)
1	120*	17*	70*	0 *	10.5, 10.5, 10.5, 14.5, 16.0 *
2	80	17*	57*	0.25*	8.8 11.3 13.8
	100				8.8 11.3 13.8 16.3 18.8
	120*				8.8 11.3 13.8* 16.3 18.8
3	120*	17*	41*	0.35*	8.8 11.3 13.8* 16.3
4	120*	17*	22*	0.50*	6.3 7.5* 8.8

* Available welding conditions

Table 3 Radiographic test results of multi-pass weld

Pass	Welding current (A)	Travel speed (cm/min)	Clock position			
			3	6	9	12
1 ~ 2	80	8.8	A		①	
		11.3				
		13.8				
	100	8.8	B	②	①	
		11.3				
		13.8				
		16.3				
		18.8				
	120	8.8		③	③	
		11.3				
		13.8				
		16.3				
		18.8				
1 ~ 3	120	8.8	②	①		
		11.3				
		13.8				
		16.3				
1 ~ 4	120	6.3	②	④		
		7.5	①			
		8.8				

①~④: Classification of radiographs conforming to JIS Z 3104

④, ⑤: Defects shown in Photo. 5

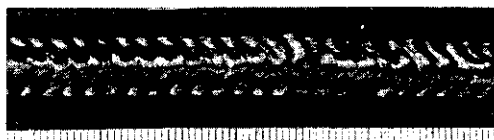
件変更を行っていない。各層の溶接条件の適否を検討する場合、前層までのビードをすでに得られた最適条件 (Table 2 の * 印のもの) で溶接し、その上に対象とする層を種々の条件で置いた。各層とも時計の1時半相当位置から下進で溶接を開始し、層の変わり目ではアークをいったん停止して次層の溶接条件設定後再スタートさせた。

溶接結果の良否は、溶接終了後3, 6, 9, 12時位置を中心にしてX線透過試験 (JIS Z 3104) を行い、とくに内部欠陥の点から検討した。

Table 3 は溶接部のX線透過試験結果であり、①~④は JIS に基づいて判定した等級分類を示す。また、④, ⑤は Photo. 5 に示すような表面欠陥で、次層溶接によっても除去できない可能性



④ Irregularity of weld ripple caused by disordered short transfer



⑤ Irregularity of weld ripple caused by excessive travel speed

Photo. 5 Surface defects of weld bead

が考えられるので、ここでは級外として扱った。1~3級に認められる欠陥は、すべて層間の止端部またはビード中央部において丸味を帯びた不連続な像を呈し、断面観察の結果、融合不良と判定された。また、4級の欠陥はすべて連続した融合不良であった。

Table 3 にみるように、2層目を80Aで溶接すると、立向下進から上向姿勢に当たる部分に表面欠陥④が発生した。これは、短絡移行が順調に行われず、ワイヤ先端に垂下った溶鋼の大塊が溶融池に接触したとき発生するものである。いっぽう、100Aでは溶接速度16.3cm/min以上で、高速のため表面ビードの乱れ⑤が発生した。溶接電流120Aでは、実験の全速度範囲において表面欠陥は発生せず、1級領域のもっとも広い安定した結果が得られた。

3層目と4層目については、電流を変化した実験を行っていないが、初層と2層目に共通の120Aのとき良好なビードの得られる条件範囲が存在した。

以上のように、2層目以降の溶接においては、各層ごとに全溶接条件を一定に保持したままで、1方向回転溶接が可能であり、溶接中に条件調整の必要のないことがわかった。実施工での各層の溶接条件の組合せは、被溶接鋼管の肉厚およびそれを何層で仕上げるかによって異なるが、たとえば、外径16インチ、肉厚0.5インチの鋼管の4層盛の最適条件は Table 4 のとおりであり、溶接

Table 4 Standard welding conditions for 0.5 in wall thickness pipe

Pass	Welding current (A)	Arc voltage (V)	Weaving cycle (cpm)	Dwell time of weaving (sec/cycle)	Travel speed (cm/min)
1	120	17	70	0	10.5→10.5→10.5→14.5→16.0 10.5←10.5←10.5←14.5←
2	120	17	57	0.25	13.8
3	120	17	41	0.35	13.8
4	120	17	22	0.50	7.5

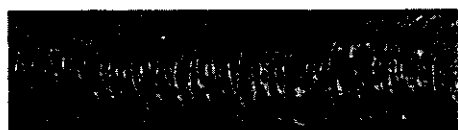
Groove geometry : 60°V ; Root gap : 3mm



(a) Hot pass. 13.8cm/min, 57cpm



(b) Filler pass. 13.8cm/min, 41cpm



(c) Cap pass. 7.5cm/min, 22cpm

Photo. 6 Bead appearance of each weld pass.
120A, 17V, 12 o'clock

中に調整の必要があるのは初層下進部の速度のみで、あとは各層ごとにウィビング回数、ウィビング両端停止時間および溶接速度の組合わせを変えただけでよい。

Table 4 の条件で実際に溶接を行った場合の中間層および最終層のビード外観を Photo. 6 に示す。

3.3 1方向連続回転全姿勢溶接法の検討

従来の振分け溶接法では、1継手に層数の2倍のビード接合点が存在し、また、前項までに述べた1周溶接終了ごとにアークを切る回転溶接法では、層数に等しい接合点が発生する。一般に、接

合点近傍には溶接欠陥が集中しやすいとされているので、もし、初層から最終層までアークを完全に連続させた1方向連続回転全姿勢溶接ができれば、接合点が1箇所になり信頼度の高い継手になるとともに作業時間の大幅な短縮が期待できる。そこで、このような溶接法の可能性を以下に検討した。

供試鋼管は、外径16インチ、肉厚0.5インチのSTK-41で、開先形状および溶接条件は、それぞれ、Fig. 2, Table 4 に示したものをを用いた。溶接は12時位置から開始し、アークが6時近傍まで移動したとき、ビードスタート部をグラインダ研磨し、裏波ビードがなめらかにつながるようにした。層の変わり目では、アークを点弧・走行させたまま、溶接速度とウィビング条件（幅、回数、両端停止時間）を変更した。

全層の溶接終了後、12、3、6、9時位置を中心にしてX線透過試験を行ったが、条件変更の12時位置においても欠陥は発生せず、すべて1級を満足した。溶接所要時間は Table 5 のとおりで、振分け法の約1/2に短縮できた。表裏ビードの外

Table 5 Arc time required for one-directional rotating 4-pass welding

Pass	Arc time
1	10' 30"
2	9' 50"
3	9' 00"
4	16' 50"
Total	46' 10"

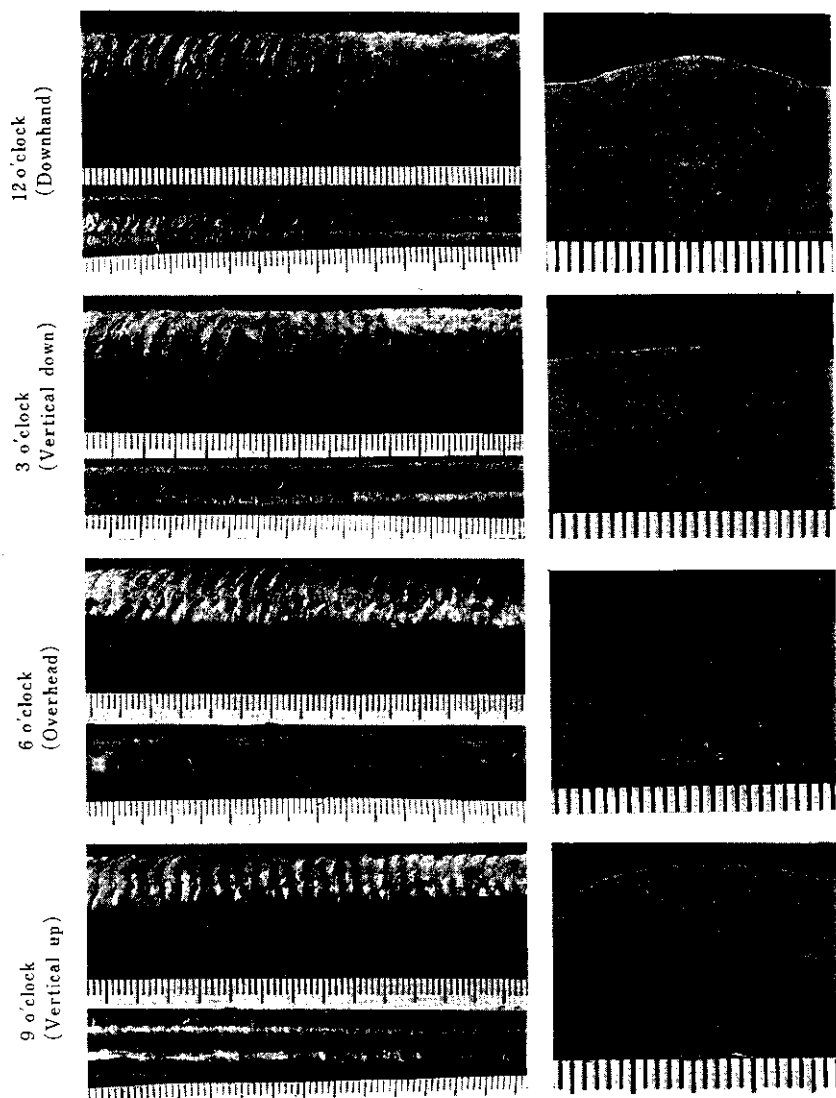


Photo. 7 Examples of bead obtained with one-directional rotating multi-pass welding.
120A, 17V

Table 6 Relation between root gap and welding speed (cm/min)

Root gap (mm)	Root pass					Hot pass	Filler pass	Cap pass
	12	3	6	9	12			
2	13.8	20.0	13.8	13.8	13.8	16.0	16.0	7.5
3	10.5	16.0	10.5	10.5	10.5	13.8	13.8	7.5
4	7.5	11.5	7.5	7.5	7.5	15.0	15.0	7.5

観とビード断面形状を Photo. 7 に示す。

つぎに、実施工ではルートギャップの変動が考

えられるので、2 mmギャップと4 mmギャップ
に対する適正条件も求めた。結果の一例が Table 6

であり、電流、電圧、ウィビング回数および両端停止時間は一定のまま、ウィビング幅と溶接速度を調整すればギャップの変動に対処できる。

Photo. 8 がビード断面形状の一例である。

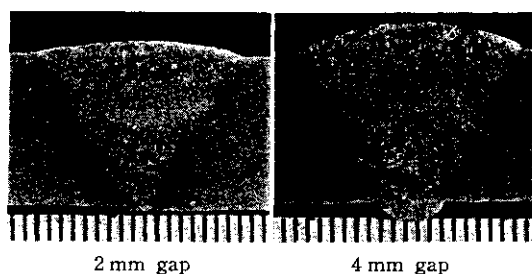


Photo. 8 Bead sections with different root gaps (12 o'clock)

以上のように、固定管の円周溶接に1方向連続回転溶接法を適用できることが明らかになった。実験に用いた溶接機では、層の変わり目における溶接条件の変更を短時間でを行うのがかなり面倒なため、実用化に際しては、これを簡単に操作できるよう自動化する必要がある。

4. 溶接部の機械的性質

本章では、1方向連続回転全姿勢溶接を行った円周継手の機械的性質について述べる。

供試鋼管は、外径16インチ、肉厚0.5インチのAPI 5LBとAPI 5LX X60相当品であり、開先形状と溶接条件は、それぞれ Fig. 2 および

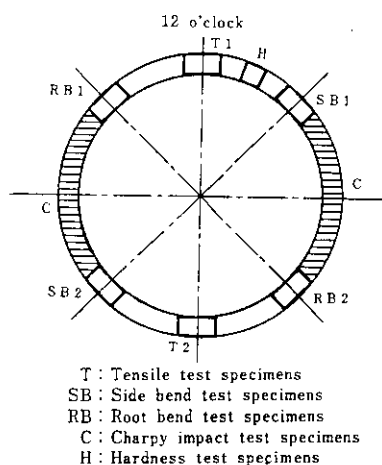


Fig. 6 Removing positions of mechanical test specimens

Table 4 と同じである。

供試材料と溶接金属の化学組成を Table 7 に、試験片の採取要領を Fig. 6 に示す。

引張および曲げ試験結果を Table 8 に、曲げ

Table 8 Mechanical test results of weld joint

Pipe	No.	Tensile test		Bend test	
		T. S. (kg/mm ²)	Location of rupture	Side bend	Root bend
API 5LB	1	55.0	Pipe body	No defect	No defect
	2	55.0	Pipe body	No defect	No defect
API 5LX X60	1	61.0	Pipe body	No defect	No defect
	2	60.0	Pipe body	No defect	No defect

Table 7 Chemical compositions of filler wire, pipe body and weld metal (wt%)

			C	Si	Mn	P	S	Nb
Filler wire	KC-45	—	0.08	0.80	1.37	0.014	0.012	—
Pipe	API 5LB	Pipe body	0.14	0.09	0.85	0.023	0.015	—
		Weld metal	0.09	0.51	1.01	0.011	0.011	—
	API 5LX X60	Pipe body	0.19	0.16	1.22	0.020	0.009	0.049
		Weld metal	0.10	0.59	1.17	0.016	0.012	0.008

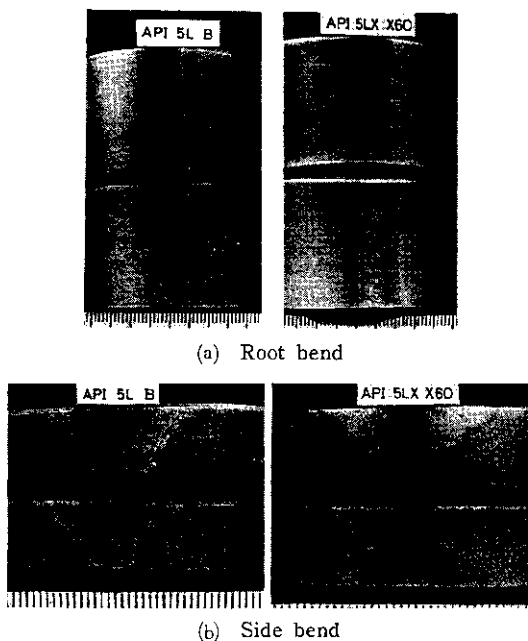


Photo. 9 Bend specimens tested

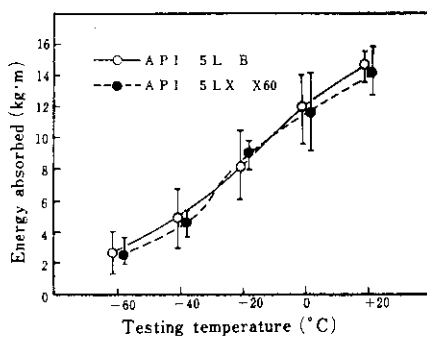


Fig. 7 Charpy impact test results of weld metal

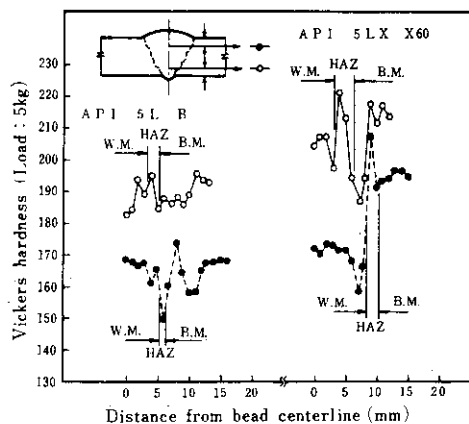
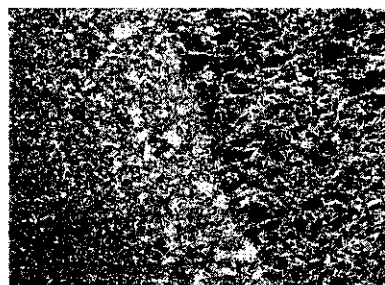
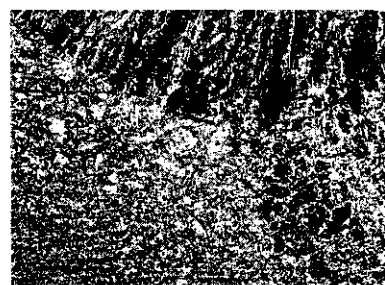


Fig. 8 Hardness value of weld joint



(a) 2 mm under plate surface



(b) Plate center



(c) 2 mm upper back surface

Photo. 10 Microstructure near weld bond. API 5LX X60 ($\times 100 \times 1/2$)

試験片を Photo. 9 に、衝撃試験結果を Fig. 7 に示す。いずれも良好な結果が得られた。

Fig. 8 は溶接部の硬さ分布であり、裏面側が硬化しているが問題になる程度ではない。Photo. 10 は X60 鋼管の溶接ボンド部近傍のミクロ組織である。

5. 試作専用機について

デンヨー機を用いたこれまでの実験から固定管の 1 方向連続回転全姿勢溶接が可能なることをみいだしたが、これを簡単な操作で能率よく行うには

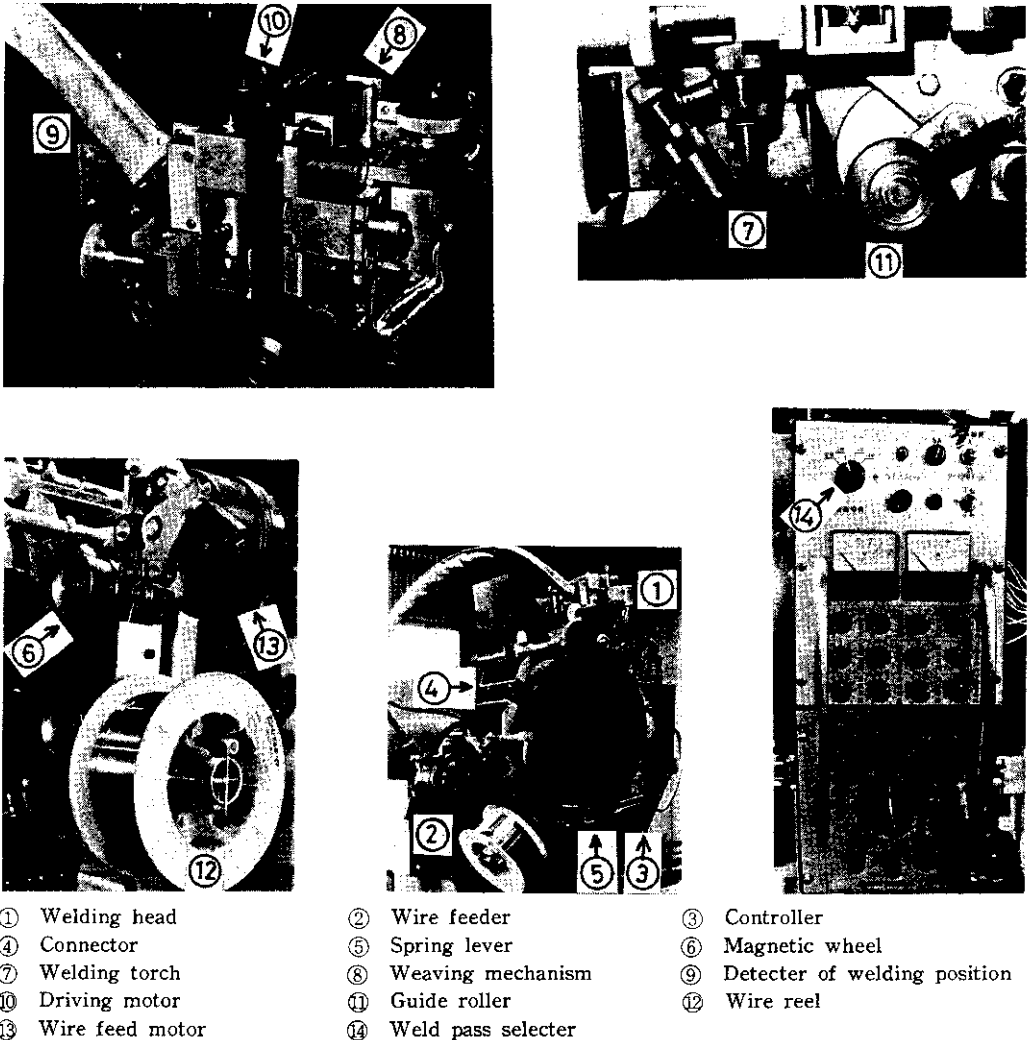


Photo. 11 Prototype of full automatic girth welder

溶接機をさらに自動化する必要がある。ここでは、その点を考慮して試作した専用溶接機の概要について述べる。

Photo. 11 はつぎの基本条件を満足するよう設計した試作1号機である。

(1) 溶接条件の設定はプリセット方式とし、溶接中の条件変更を最少限にとどめる。

(2) 初層溶接速度のみを姿勢変化に応じて自動調整する。

(3) 層間での溶接条件の切換えは、アークを停止せずかつ簡単な操作で行える。

円周溶接機は、それぞれ独立の台車に搭載され

た溶接ヘッド①、ワイヤ送給装置②および制御装置③で構成され、これらをフック④および締付けバネ⑤で連結する方式である。溶接ヘッドとワイヤ送給装置のそれぞれ2個の台車輪には磁輪⑥を用いているので、溶接姿勢の変化に対して安定した走行をえることができ、溶接機の着脱も容易である。また、フック④の長さを調整するだけで外径350～600mmの鋼管の円周溶接に適用でき、連結方式をくふうすれば、さらに太径のパイプにも応用できる。

溶接ヘッド①には、溶接トーチ⑦、ウィビング機構⑧、溶接姿勢検出装置⑨、走行モータ⑩など

があり、このうち⑦と⑧は、開先ならい輪⑪の動きに連動するスライドベース上にのせられているので、溶接線と開先線を常に一致させることができる。

1方向連続回転溶接を行う場合、アーク継続時間が必然的に長くなるため、ガスノズルまたは溶接トーチへのスパッタ堆積によるアークの中断もしくはビード形成への悪影響が問題になる。試作機では、これを防止するためガスノズルをスパッタ飛散の少ない溶融池後方におき、かつ電極チップの先端角度を小さくした耐スパッタ方式を採用している。

溶接姿勢検出装置⑨は、初層溶接速度の制御に用いるもので、時計位置に配した12個の水銀スイッチで構成される。

溶接ヘッド各部の仕様を Table 9 に示す。

ワイヤ送給装置⑫は、ワイヤリール⑬および送給モータ⑭からなり、その電流上限と送給速度上限は、それぞれ 200 A (40%使用率)、12m/min である。

制御装置⑬には、電流、電圧、速度およびウィビング幅を4層目までの各層ごとにプリセットするダイヤルがあり、これにより各層の条件をあらかじめ設定しておき、溶接中は必要があれば速度およびウィビング幅の微調整をリモートコントローラで行う。初層溶接速度の制御は、溶接姿勢に適した速度を6個のダイヤルでプリセットしておき、これを前述の水銀スイッチで順次切換えてゆく方式である。層の変わり目では、条件調整ダイヤルと同じパネルに取付けた層の選択スイッチ⑭を切換えるだけで、アークを点弧したまま全条件

を自動的に次層のものに変更できる。したがって、開先形状が所定のものであれば、層変更のスイッチ操作のみで全層の1方向回転溶接ができるようになっている。

以上に述べた専用機を用いて、現在、性能テスト、溶接性試験さらには実用化のための改良などを行っている。

6. ま と め

CO₂-Ar シールドアークによる固定管の突合わせ溶接法について検討し、つぎのことを明らかにした。

(1) 初層溶接における適正条件範囲は、4つの代表的な溶接姿勢について比較すると、立向上進、立向下進、上向、下向の順に広がる。裏波ビードは、立向上進と下向姿勢において安定した凸状になるが、立向下進と上向姿勢では凹状になりやすい。しかし、立向下進と上向姿勢においても、溶接条件の適切な組合わせにより裏ビードの凹みを防止できる。

(2) 初層を1周回転溶接する場合、下進溶接部(12→3→6時)では、溶接速度を調整する必要があるが、上進部(6→9→12時)では一定条件で溶接可能である。

(3) 初層から最終層まで溶接トーチを同一方向に回転させると、2層目以降は各層ごとに条件を固定したまま溶接できる。

(4) (2)、(3)の結果、固定管の円周溶接条件はきわめて単純化でき、初層下進部と層間での条件変更を自動化すれば、初層から最終層に至る1方向

Table 9 Specifications of welding head

Wheel		Magnetic wheel (motor drive)
Weaving	Width	0-20 mm
	Cycle	0-90 cpm
	Dwell time	0-1.0 sec/cycle
Torch position	Vertical	20mm(motor drive) + 25mm (manual)
	Transverse	20mm(motor drive) + 50mm(follow to guide roller)
Weight		15kg

連続回転全姿勢溶接が容易に行えるようになる。
これにより、溶接所要時間は振分け法の約 1/2 に
短縮でき、継手の健全性も向上する。

(5) 1 方向連続回転溶接を能率よく行うための
専用機を試作した。

