
高炉鉄皮周継手用横向自動溶接設置の開発

Automatic Horizontal Welding Machine Developed for Girth Seam Welding of Blast Furnace Shell Plates

山下 至(Itaru Yamashita) 坂本 昇(Noboru Sakamoto) 和気 利明(Toshiaki Waki) 藤井 浩史(Koshi Fujii)

要旨：

近年、高炉の炉命延長を目的として、高炉鉄皮の性状の改善に関する検討が行われている。このうち、鉄皮の溶接継手の品質の均一性を向上させることも 1 つの重要な課題となっている。このような状況にあつて、これまで手溶接に依存していた高炉鉄皮継手溶接の自動化を目的として、施工の実態を十分に考慮した適切な溶接法の選定と装置の機能面での改良、開発を行い、新たにウィービングパルス MIG 溶接法および装置の新機構や自動化機能を備えた実用性に富む高炉鉄皮継手横向自動溶接装備を開発した。本装置を当社の高炉鉄皮改修工事の周継手溶接に適用し、鉄皮溶接継手の品質の安定および均一化を達成するとともに、さらに、作業能率、作業環境の改善にも大きな成果を得た。

Synopsis：

With a view to constructing a longer life blast furnace, studies have recently been made on measures for improving the properties of furnace shell plates. One area of importance in this field is a quality improvement in weld joints of shell plates. Based on actual welding conditions of furnace shell plates, efforts were made to use a proper welding method and welding equipment improved in various functions and necessary developments. As a result, a new automatic horizontal welding machine capable of performing Weaving Pulsed MIG welding of blast furnace shell plates has been developed. This system has contributed largely to attaining quality stabilization and uniformity of furnace shell welded joints and, in addition, improvement in working efficiency and work environment.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

高炉鉄皮周継手用横向自動溶接装置の開発

Automatic Horizontal Welding Machine Developed for Girth Seam Welding of Blast Furnace Shell Plates

山下 至*

Itaru Yamashita

坂本 昇**

Noboru Sakamoto

和气利明***

Toshiaki Wake

藤井浩史****

Koshi Fujii

Synopsis:

With a view to constructing a longer life blast furnace, studies have recently been made on measures for improving the properties of furnace shell plates. One area of importance in this field is a quality improvement in weld joints of shell plates.

Based on actual welding conditions of furnace shell plates, efforts were made to use a proper welding method and welding equipment improved in various functions and necessary developments. As a result, a new automatic horizontal welding machine capable of performing Weaving Pulsed MIG welding of blast furnace shell plates has been developed. This system has contributed largely to attaining quality stabilization and uniformity of furnace shell welded joints and, in addition, improvement in working efficiency and work environment.

1. 緒 言

低成長時代にあつて、高炉メーカーにとっては、高炉の炉命延長は重要な課題になっている。

周知のように、高炉は鉄皮で形成され、その炉体強度は鉄皮強度で保持されている。したがって、高炉鉄皮の性状の良否は高炉の炉命を左右する大きな要因となる。

その面から、近年、鉄皮の構造および適用鋼種などについての詳細な検討が行われているが、鉄皮を組立てる溶接継手の品質向上も炉命延長のための欠かせない大きな要素である。

一般に、溶接継手の品質は溶接材料と溶接方法によってほぼ決定されるが、品質の均一性と安定性をより向上させるには溶接の自動化の推進が肝

要である。

これまでも、高炉鉄皮の溶接について自動化が検討され、縦継手はエレクトロスラグ溶接法により施工されているが、周継手溶接はいまだに手溶接に依存しており、改善すべき余地を残している。しかも、周継手の鉄皮溶接継手全長に占める割合は縦継手とはほぼ同長の50%であることを考えると、周継手溶接の自動化は鉄皮の溶接継手の品質を高め、炉命延長のための重要な課題である。また、自動化は、能率の向上、省力などの経済面での利益も附随的に期待でき、その意義は大きなものがある。

このような状況にあつて、当社では水島第2高炉および同第4高炉の改修を行うにあたり、鉄皮周継手溶接の自動化が急務となり、この目的に適う溶接施工法と装置の検討を行った。

* 溶接係・鉄粉工場技術管理室主任(課長待遇)

*** 水島製鉄所保全全部保全技術室主任(課長待遇)

(昭和55年2月13日原稿受付)

** 溶接係・鉄粉工場技術管理室主査(副部長待遇)

**** 水島製鉄所保全全部保全技術室

その結果、高炉鉄皮周継手用の横向自動溶接装置 HW-1 と、HW-1 の機能性をさらに高めた HW-2 の開発に成功した。これらの装置は上記高炉改修に適用され、高炉鉄皮周継手溶接自動化の実用機として、当初の目的を十分に達成できた。

本報では HW-2 を中心に本装置の開発経過と、この装置の概要について紹介する。

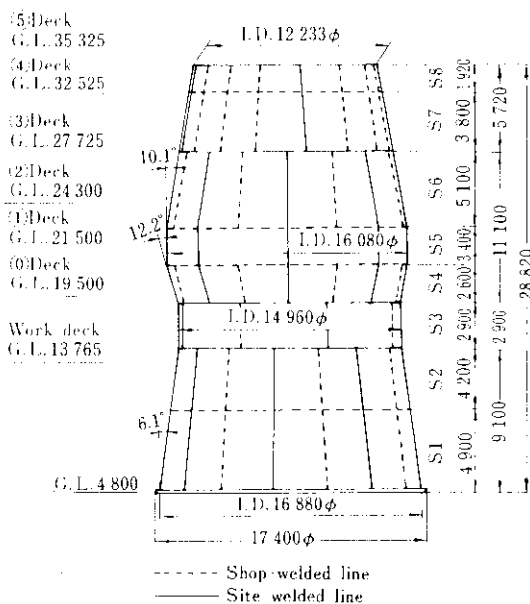
2. 自動化の問題点とその対策

溶接施工法および装置の開発に際しては、適用すべき溶接法は所定の要求性能を満たし、それを装置化した時に被溶接物の性状と溶接作業の環境に良く適合することが、必要不可欠である。

これまで、土木・建築・造船・石油貯槽類などの分野では横向溶接の自動化が図られているが、高炉鉄皮の周継手の横向溶接の自動化は遅れていた。その理由は、高炉鉄皮周継手には以下に示す特有の問題点があり、それ故に、実態に即した溶接法の選定と装置の開発には他分野以上に困難を伴うためにはならない。

Fig. 1 に高炉鉄皮のプロフィールを、サイズ、適用鋼種、溶接継手位置、作業デッキの位置関係などとともに示したが、特有の問題として、次の点が挙げられる。

- (1) 厚板の横向溶接であり、8mm 程度のルートギャップのバラツキがある。したがって、開先内の状況変化に即応し得る溶接法の選定が必要となる。
- (2) 炉床・炉腹・朝顔・炉胸等の各部ごとに形状が変り、それらのブロック形状は円筒形、円錐形、逆円錐形を成す。周継手溶接はこれらのブロック同志の突合せ溶接であるため、溶接面は直立部だけではなく縦方向に傾斜した部分が多い。また、傾斜した面では内外面のいずれか一方の面がやや上向き気味の横向溶接となる。したがって、装置の構成と溶接法の選定に際しては、いつれの溶接面に対しても直立面と同じ条件で溶接し得ることと、ビードのたれ落ちの生じ難いことが必要となる。
- (3) さらに、溶接はこれらの異形の曲面に沿って行うので、装置の走行方式には一考を要する。
- (4) 各継手の周長は短部でも 30m 以上、最長部では約 55m になるので、装置としては長時間の連続



Shell plate No.	Kind of steel	Plate thickness (mm)
S 8	SM 41 CN	45
S 7	SM 41 CN	45
S 6	SM 41 CN	55
S 5	SM 41 CN	60
S 4	SM 41 CN	70
S 3	SM 50 BN	80
S 2	SM 50 BN	60
S 1	SM 50 BN	60

Fig. 1 Schema of a profile of blast furnace

溶接に耐えられることが要求される。特に、溶接法の選定にあたっては、この点の適否の検討を慎重に行わなければならない。

- (5) 溶接は工場内作、現地溶接とを問わず高所作業で、しかも作業足場は狭い。また、現地作業では、資材置場となる作業デッキと被溶接箇所は離れている。このため、被溶接箇所に設置する装置本体は作業の安全面への配慮と、その溶接に必要な全ての機能が装備されていることが必要である。しかも、取扱いの面からはセット、リセット時の簡便性と可搬性も必要である。

以上の問題に対し、以下のように検討を行った。

2-1 溶接法の検討

最も大きな問題は溶接法の選定であった。

鉄皮周継手溶接の自動化の試みは、これまでも断片的には行われて来たが、実用機として満足できるものはなく、いまだに試行段階にある。また、これまで試用されてきた溶接法は、それぞれに問題を残している。

まず、サブマージアーク溶接法は継手性能を得やすく、長時間の連続溶接にも十分耐え得るが、フラックスの散布・回収装置を必要とするために装置の大型化が避けられないことと、アークとその周辺部がフラックスで覆われてしまうために開先の状況変化に即応し難い欠点がある。

一方、オープンアーク溶接法や CO_2 ガスシールドアーク溶接法、あるいは MIG 溶接法は装置が簡便であり、また、可視アーク溶接法であるため開先の状況変化に対する即応性も優れている。しかし、このうち、オープンアーク溶接法は溶接継手性能が悪いという欠点を持っている。したがって、これまでは CO_2 ガスシールドアーク溶接法あるいは MIG 溶接法をオシレート電流変化法などと組合せて用いるのが一般的であった。しかし、この CO_2 ガスシールドアーク溶接法や MIG 溶接法でも、スパッタの発生とビードのたれ落ちの問題が残されている。すなわち、スパッタはシールドガスノズルに付着、堆積し、ノズル孔をふさぎ、ガスのシールド効果を著しく劣化させる。特に、横向溶接ではノズルがスパッタの付着しやすいため、付着したスパッタ除去のための溶接中断を余儀なくされ、長時間連続溶接が困難となる。また、横向溶接でのビードのたれ落ちは、特に仕上げ層のビード形状を整えるうえで大きな支障となり、種々の補助手段による予防措置を必要とする。

以上、述べたように、これまで試用されてきた溶接法はどれも難点を持ち、実用性に欠けると考えられる。

今回、新たな検討を行った結果、実用性に富む溶接法として後述のウィーピングハルス MIG 溶接法を確立するに至った。

2-2 走行方式の検討

専用作業ユニット方式は自動化のために最も効果的な方法であるが、その建造費は高く、高知のような製作基数の少ないものに適用することは不適當である。したがって、装置は安価なキャリッジタイプで、床走行式かレールによる懸垂走行式のいずれかになる。

床走行方式はレールによる懸垂方式のように、鉄皮の曲率半径が変わる度に、それに応じたレールの準備をする必要がなく、いずれの曲率の鉄皮面にも順応できる利点を持つと考えられるが、その前準備として、装置が走行する平滑な床面の確保が必要となる。このために、作業用足場の加工度と取り付け精度をあげる必要が生じ、むしろ、レール懸垂走行方式の方が優利と判断された。したがって、指向性が無く、かつ、安価な鉄管を用いたパイプレール懸垂方式を採用した。

2-3 全機能装備と可搬性の検討

必要な機能を全て装備するためには、装置のある程度大型化と重量の増加は避けられない。しかし、その反面、装置に可搬性をもたせることも実用上重要なことであり、この矛盾する要件をも満たす必要がある。このために、リセット、セットのための運搬移動時には分割できる、いわゆるユニット分割方式を採用した。

2-4 鉄皮面の傾斜角に対する検討

鉄皮面上のレールに懸垂した装置は、その面の傾斜角が変わっても、それに応じて安定に保持されることと、いずれの角度で保持されても、溶接トーチは溶接線に対して常に同じ状態が維持されなければならない。さもないと、各部の傾斜ごとにトーチの位置、角度が変わるため、開先形状および溶接条件を各部の傾斜角ごとに変えざるを得なくなり、品質の均一化と作業の標準化を果たすうえで大きな支障となる。このために、後述の傾動装置を設けることとした。

2-5 操作の自動化の検討

装置の操作の簡素化は作業者の操作面での精神的負担を軽減し、危険を伴う高所作業で注意力を

安全面に向ける余裕を与え、かつ、作業者の技量を問わずに溶接品質の均一性を確保するためにぜひ必要である。このために、可能な限り操作の自動化を行い、簡単な押ボタン操作で行えるような制御方式を採用した。

3. 溶接装置について

本装置は新たに確立したウィーピングパルス MIG 溶接法によって、予め鉄皮面に取りつけたパイプレベルに懸垂して、左右の往復走行を繰り返して多層溶接を行う鉄皮周継手用の横向自動溶接装置である。

3-1 ウィーピングパルス MIG 溶接法について

本法に用いられる溶接電源の仕様と組合せるオシレート条件を、それぞれ Table 1 および Table 2 に示す。

溶接電源は直流のパルス電源で、その特徴は、バックグラウンド部の外部特性が垂下特性であるため、パルス部とバックグラウンド部が完全に独立し、パルスピーク値の高い電流が得られることである。また、オシレートは本装置のために新たに開発した小型の電子制御式オシレータ（後述）によって行われる。

このウィーピングパルス MIG 溶接を横向溶接に適用すると次の大きな利点を得られ、従来の CO_2 ガスシールドアーク溶接法あるいは MIG 溶接法の抱えていた問題が解決された。

(1) アークは完全にスプレー化し、スパッタの発生が著しく減少する。このため、ガスシールドノズル孔のスパッタによる閉塞現象が起こらない。通常の MIG 溶接法では 15～20 分ごとにノズル孔のスパッタの除去と清浄を必要とするが、本溶接法では 2 時間の連続溶接でもノズル孔にスパッタは殆んど付着せず、長時間連続溶接が支障なく行える。

(2) ビードの垂れ落ちが生じ難い。Fig. 2 に示すように、従来の電流変化 MIG 溶接法で必要とする垂れ落ち防止用テープや銅板などの補助的措置を講ずることなく、そのまま、垂れ落ちのない、しかも母材と良く融合した良好な仕上げ層基盤ビードが得られる。

この利点は次の理由によるものと推察される。すなわち、通常の MIG 溶接法では、ワイヤ先端に

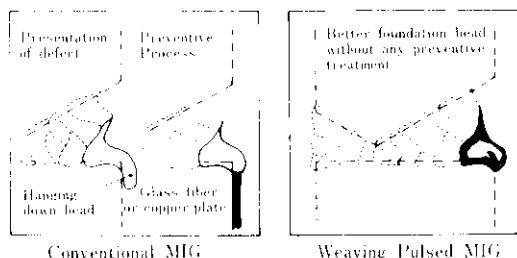


Fig. 2 Comparison of the foundation head shapes of final layers of horizontal welding between conventional MIG welding process and newly established Weaving Pulsed MIG welding process

生成した溶滴が粒滴となって懸垂し、そこで過熱されるのに対して、アークが完全にスプレー化した状態では、溶滴は粒滴に成長することなく早期にワイヤ先端から千切れ飛ぶため、母材へ移行する溶滴の温度は低くなり、その結果、溶融池の温度が下がるためである。

3-2 構造と特徴

本装置の基本構成は装置本体、電源および制御装置、冷却水循環装置によって構成される。

Photo. 1 および Fig. 3 は、夫々装置の外観とそ

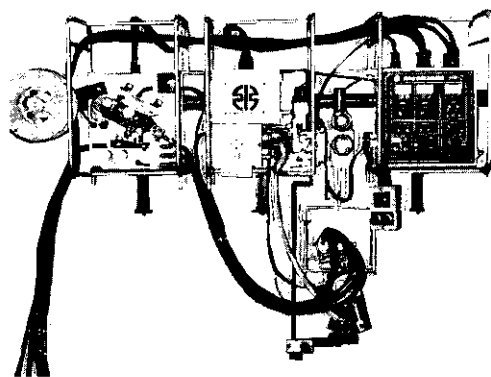


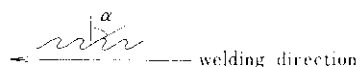
Photo. 1 External view of newly developed automatic horizontal welding machine HW 2 for welding girth seams on shell plates of the blast furnace

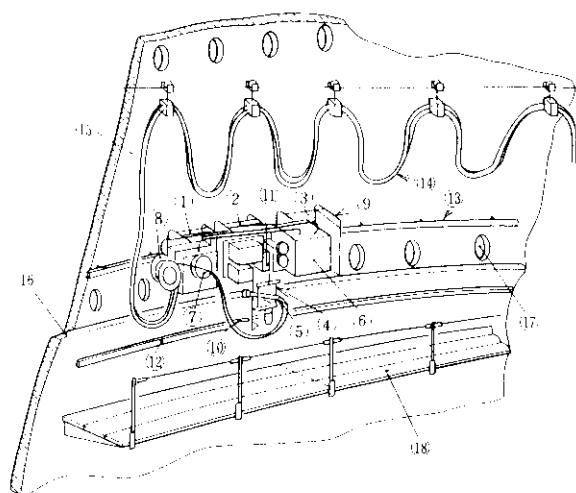
Table 1 Specifications of D. C. pulsating power source used for Weaving Pulsed MIG welding process

General characteristics	
Open circuit voltage	90V at max. pulse width
Maximum welding current	300A (average)
Duty cycle	100% at 300A (1h duty)
Background circuit	
External characteristics	Drooping characteristics
Open circuit voltage	50V
Welding current	0~74A
Duty cycle	100% (1h duty)
Pulsating circuit	
External characteristics	Constant potential
Pulse cycle	50 & 100 or 60 & 120pps
Control range of pulse width	0°~90°
Maximum pulsed welding current	300A (average) 900A (peak)
Duty cycle	100% (1h duty)

Table 2 Welding conditions of Weaving Pulsed MIG welding process

Gas shielding	Double nozzle type Inner nozzle 85%Ar + 15%CO ₂ Outer nozzle 100%CO ₂
Oscillation	Width : 0 & 2~3mm Cycle : 35~40cpm Dwell time at each edge : 0.2~0.4s Plane angle* : 10~14°
Torch angle	Against horizontal line : 10~15° Against welding direction : 90°
Welding conditions**	Current (average) : 200A & 250~280A Voltage (average) : 24~28V Welding speed : 15~20cm/min

* Oscillation plane angle means α ** Wire used : Solid wire, 1.6mm ϕ
Welding power source used : Shown in table 1



- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| ① No.1 carriage unit | ⑩ Probe of seam follower |
| ② No.2 carriage unit | ⑪ Cross slide unit of seam follower |
| ③ No.3 carriage unit | ⑫ Guide bar for seam follower |
| ④ Oscillation unit | ⑬ Pipe rail |
| ⑤ Welding torch | ⑭ Cables & hoses |
| ⑥ Operation box | ⑮ Shell plate of blast furnace |
| ⑦ Wire feed drive | ⑯ Girth seam on shell plates |
| ⑧ Wire | ⑰ Stave holes |
| ⑨ Protection frame | ⑱ Scaffolding |

Fig.3 Constitutional details of the automatic horizontal welding machine HW 2

の装置の機構を示し、Fig. 4 には本体を No.2 台車側面から見た状況を示す。

装置本体は、周継手溶接線とほぼ平行に鉄皮面に取りつけたパイプレールに、3 台の走行台車と

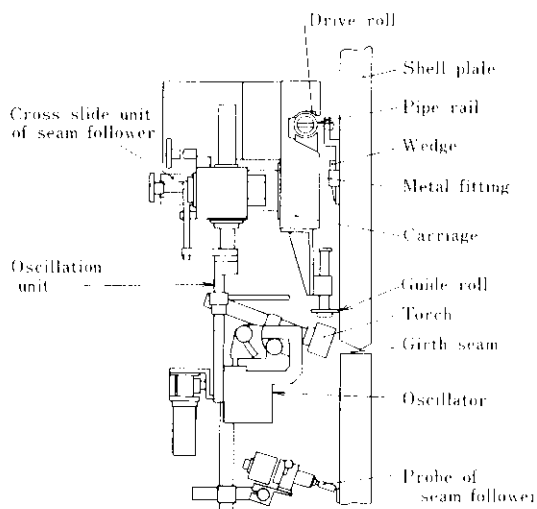


Fig.4 Schematic cross sectional view of welding machine HW-2

その中央部の走行台車側面下部に取りつけられたオシレートユニットの4ユニットから構成し、この各ユニットはユニットごとに分割可能とし、ヤット、リセットの移動時における装置の可搬性を高めた。また、オシレートユニットはトーチとオシレータのみが開先線にあるように配置し、溶接状況の監視を容易にした。

本装置の操作面については、スタート・停止は簡単な押しボタン操作で全ての動作が自動的に進行・停止できるようにした。溶接中の開先へのトーチのならいは自動的に行われ、また、溶接中に開先の状況変化に応じて操作する必要があるボタン類についても、再現性に優れたデジタル制御によるロータリ・デジタル化し、標準化しやすくとともに操作性も向上させた。

本装置の詳細について以下に述べる。

3・2・1 レールおよび台車ユニット

レールおよび台車ユニットの主要点は次のとおりである。

(1) レールは SGP-2B パイプ（外径 60.5mm、肉

厚 3.8mm の配管用炭素鋼鋼管)とし、サポートビッチ 2.5m で鉄皮に溶接した金具に金矢で取り付けられる (Fig. 4 参照)。

(2) 台車のレールへのクランプは、1 台車につき上下 2 対の車輪でパイプをくわえる方式とし、ラッチレバーおよびラックピニオンにより開閉される。

(3) No.1~No.3 の 3 台車の内、中央の No.2 台車のみが駆動装置を有し、他の 2 台を牽引する。駆動車輪はパイプレールに跨る鼓型の歯切り車輪とした。

(4) 重量を軽減するため、台車本体はアルミ構造とし、各台車ユニットの総重量は 15~30kgf である。

(5) 台車ガイドローラは鉄車輪とし、鉄皮ステップ孔の位置によって上下に位置調整ができる (Fig. 4 参照)。

(6) 各台車ユニットは、下記のように機能別にまとめられ、また、ジョイント類もターミナル化し、分割・組立を迅速にした。

No.1 台車……ワイヤ送給、ガスおよび冷却水の分配、溶接電源関係

No.2 台車……走行駆動、トーチならい制御、オシレートユニット

No.3 台車……操作盤

3.2.2 溶接トーチならい装置、オシレートユニット、クロススライド傾動機構

Fig. 4 は No.2 台車ユニットに取りつくオシレートユニット、溶接トーチ、溶接トーチならい装置の相互の位置関係も示している。各装置の主要点は次のとおりである。

(1) 溶接トーチのならいは接触式の 2 軸方向 (上下、前後) 同時制御可能なものとし、接触子と No.2 台車ユニットに内蔵されたクロススライド機構から構成される。接触子は溶接部直下に予め下板の開先線と平行に取りつけられたガイドバーに沿って、その凹凸を検出し、その信号を受けてクロススライド機構で、その凹凸に応じて安定位置になるようオシレートユニット位置を制御し、その結果、溶接トーチの開先線へのならいが行われる。開先を直接ならわせる方式では、積層が進むと開先がビードで覆れ、接触子が沿えなくなるか、本

方式によると、最終仕上げパスまでトーチのならいの自動制御が可能となり、作業者は各パスの溶接開始に先立ち、トーチ狙い位置を決めるだけで良い。

(2) オシレートユニットは Fig. 4 および Photo. 2 に示すものとし、溶接トーチのオシレートおよびそのトーチの開先線への投入角度、位置の調整機

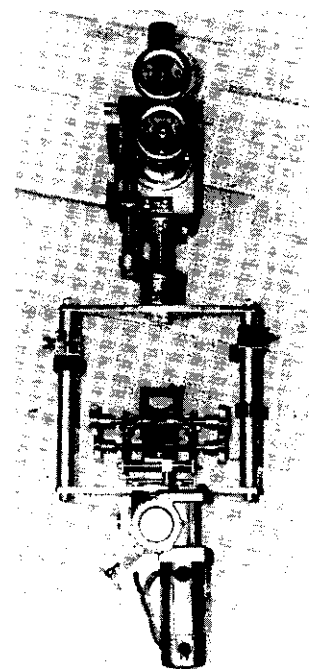


Photo. 2 Oscillation unit

能を全てこのユニットに納めた。そして、このユニットは No.2 台車ユニットのクロススライド機構と結合して本装置の溶接ヘッド搭載部を形成する。オシレートパターンはトーチの先端部を支点位置とした振り式の上下単振動タイプとし、接点寿命とオシレートボックスの小型・軽量化を考慮した電子制御によるオシレータを新たに開発した。オシレートの振幅、速度、端部停止時間の精度と再現性を向上させるために、制御系はデジタル化しており、オシレート面角度は飛び込みピン方式によってワンタッチで設定でき、溶接進行方向に応じて簡単に切換えられる。

(3) Fig. 5 に示すように、鉄皮の傾斜によって装置の保持姿勢が変わっても、傾動機構によりクロス

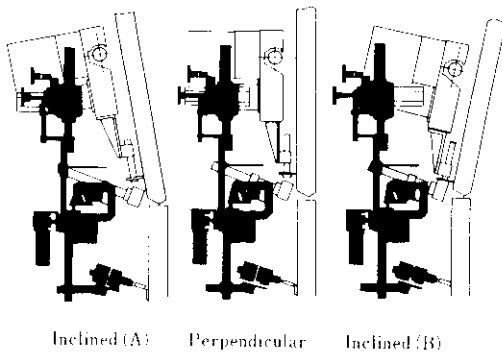


Fig. 5 Postures of welding machine HW 2 applied to different inclined shell plates

スライド機構とそれに結合するオシレートユニットは直立部における姿勢に修正でき、いずれの継手についても直立部と同じ状態で溶接ができる。(4) 溶接トーチは、シールド性を向上させるために二重シールドタイプのものを適用した。そして、トーチ本体とアウター・ノズルは水冷式とした。このための冷却水循環装置は、被溶接箇所と離れた作業デッキに設置されるが、高所への循環能力を確保するために揚程 12m の能力を有するポンプを用いた。

3.3 制御装置

主制御盤は溶接電源、冷却水循環装置、ガスボンベなどとともに、被溶接箇所とは離れた作業デッキに設置され溶接装置本体とは 2 本の制御ケーブルで接続される。溶接装置本体には操作盤と各種の補助制御盤を設けた。

この制御による主な特徴は次のとおりである。

- (1) 溶接前に用いる各種条件の単動チェック回路と、溶接時には 1 ボタン操作のみで全動作が作動する自動回路を設け、誤操作の防止と操作の簡素化を図った。
- (2) Fig. 6 に示すタイム・チャートに従ったアーク発生、ガス供給、走行に関する遅延回路により、スタート部とクレータ部で問題となるビット、ブローホールの発生を予防した。
- (3) シールドガスボンベの内圧低下を知らせる警報器を装置本体に設置した。また、冷却水循環系路に故障が生じた場合に装置を全停止させるインターロック保護回路を設けた。そして、回路間には作業者の誤操作により危険な異常動作をしない

ようにインターロック回路を設けた。

- (4) 主制御盤と溶接装置本体がケーブル長で 50m 離れても、制御系がノイズによって乱されないように配慮した。また、長尺ケーブルの本数も溶接用ケーブルと合わせて 3 本で済み、移動時および設置時のケーブル移動の負担が軽減される。
- (5) 各制御装置を連結するコンセント類は全て型式の異なるメタルコンセントにして、セットでのジョイントミスを予防した。

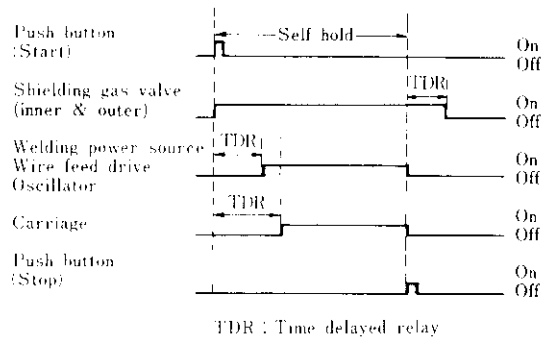


Fig. 6 Time chart of self control sequences applied to welding machine HW 2

3.4 主な仕様

Table 3 は本装置の主な仕様を示す。

4. 溶接施工について

4.1 溶接条件

本施工法による板厚 70mm の継手についての開先形状と積層方法、および、溶接条件をそれぞれ Fig. 7 と Table 4 に示す。

シーリングビードについてだけは、ルートギャップを設けて、外面から手溶接による裏波溶接を施した。これにより裏当材を用いなくとも良好な裏ビードが形成され、ガウジングなどを施すことなく、そのまま本法による自動溶接ができる。

4.2 溶接継手部の性能

上記の溶接条件により得られた溶接継手の断面マクロ組織と衝撃試験結果を、それぞれ Photo. 3 および Fig. 8 に示す。

Table 3 Specifications of welding machine, HW 2

Main welding device	1 set
Width × length × height	555mm × 1700mm × 1205mm
Weight	Total ab. 90kg *
Travelling speed	5.5~55cm/min
Oscillator	Oscillation width : 0.2~19.8mm Oscillation cycle : 0~150rpm Dwell time ** : 0~2s
Torch adjustor	Adjustable stroke 100mm (up & down) 230mm (front & back) Oscillation plane angle : -14°~+14° Torch angle -5°~+14° (against horizontal line) 70°~110° (against welding direction)
Cross slide unit inclination adjuster	Adjustable range *** : 20°~+20°
Seam follower	Two dimensional follower
Welding power source ****	1 set
Main control box	1 set
Water circulator	1 set
Tank capacity	100l
Pump capacity	12m in head

* It can be divided into 4 units

** Dwell time at each edge

*** Adjustable range against shell plate inclination

**** See table 1

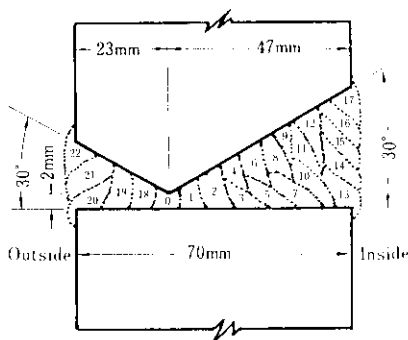


Fig.7 Groove shape and laying sequence used for test

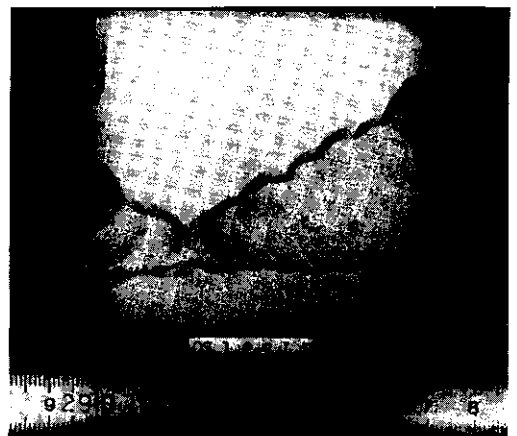


Photo.3 Cross sectional macro-structure obtained

断面マクロ組織は欠陥の無い良好な結果を示し、特に内面側の13パス目の仕上げ層基盤ビードが良好な形状を呈している。

継手衝撃試験の結果も良好で、このほかの継手部の機械的性質についても、引張試験では母材で破

Table 4 Welding conditions used for test

Pass No.*		1 - 3	4		0 (sealing bead)
		5			
		7 - 8	6	17	
		10 - 11	9		
		13 - 16			
		18 - 21	12	22	
Welding process		Weaving Pulsed MIG welding****			One side welding by manual electrode**
Welding condition	Ia (A)	250	250	200	
	Ib (A)	74	74	74	
	Ip (A)	750	750	600	
	Va (V)	27	27	24	
	PPS	120	120	120	
Oscillation width (mm)		2 - 3	Without oscillation		170A***
Dwell time at each edge (s)		0.3			

* See Fig. 7

** Manual electrode used was ultra low hydrogen type, KS-76EL 4.0mm ϕ

*** General A. C. welding power source was used

**** (1) Welding material used was solid micro wire, KC 50 1.6mm ϕ
(2) Other welding conditions were same as shown in Table 2

Ia : Average current

Va : Average voltage

Ib : Background current

PPS : Pulses per second

Ip : Peak current

断し、側曲げについても問題はなく、いずれも良好な結果が得られた。

4.3 実施工への適用

Photo. 4 は当社の高炉鉄皮改修工事の周継手溶接への本装置の適用状況を示す。

本施工法を実施工に適用するに際しては、ひずみの防止と能率向上の面から1周継手に対して4台の装置を等間隔に配列し、4箇所から同時に溶接を行う方法を採用した。

その結果は、いずれの装置、いずれの作業者によっても、均一な、安定した溶接が行われ、UTチェックの結果も欠陥のない良好な鉄皮周継手を得ることができ、当初の目的を十分に果たすことができた。

5. 結 言

以上、本装置の開発経過とその装置の概要について述べた。

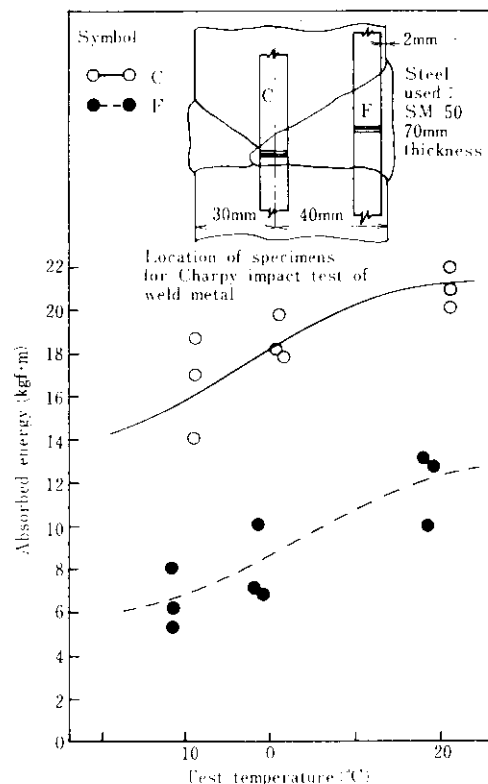


Fig.8 Result of impact test of weld metal

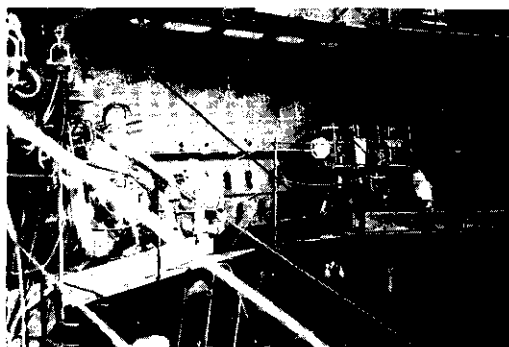


Photo. 4 HW 2 being applied to the girth seams on shell plates of No. 2 blast furnace in Mizushima Works

本装置の開発にあたっては、これまで自動化には技術的に多くの困難があった高炉周継手溶接施工の実態を十分に考慮した適切な溶接法の選択と装置の機能面での開発と改良を特に心がけた。

その結果、横向自動溶接法として実用性に富む新しい技術確立するに至った。

本装置の適用により、鉄皮溶接継手の品質の安定と均一化が達成され、さらに、作業能率、作業環境の改善にも大きな役割を果たした。

他分野での横向溶接にも、まだ改善すべき余地は残されていると考えられるので、今回の成果に基づき本装置の高炉以外の分野への適用も今後の課題として検討したい。