

技術フォーラム

タイム・ツイン・デジタル溶接法の開発とその適用

古川 一敏

愛知産業(株)

1 はじめに

最近の工業製品は高品質化、高精密化が求められており、製品の高級化にともなって加工プロセスも高度化されてきている。アーク溶接法においても精度の高い高級な溶接品質であるとともに、高効率で生産性の高い高度な溶接プロセスが求められている。

このような生産現場の高度化への強いニーズに応えるために、フロニアス社（オーストリア）は自動高効率溶接法“タイム・ツイン・デジタル溶接法”を開発した。タイム・ツイン・デジタル溶接法はフロニアス社のミグ/マグ溶接機TPS 2台を使用しLHSB（Local Net High Speed Busの略）ケーブルによって2台の電源を接続し同期化して実現した画期的なプロセスである。

以下、簡単にタイム・ツイン・デジタル・プロセスについて概要を説明する。

2 タイム・ツイン・デジタル・プロセス

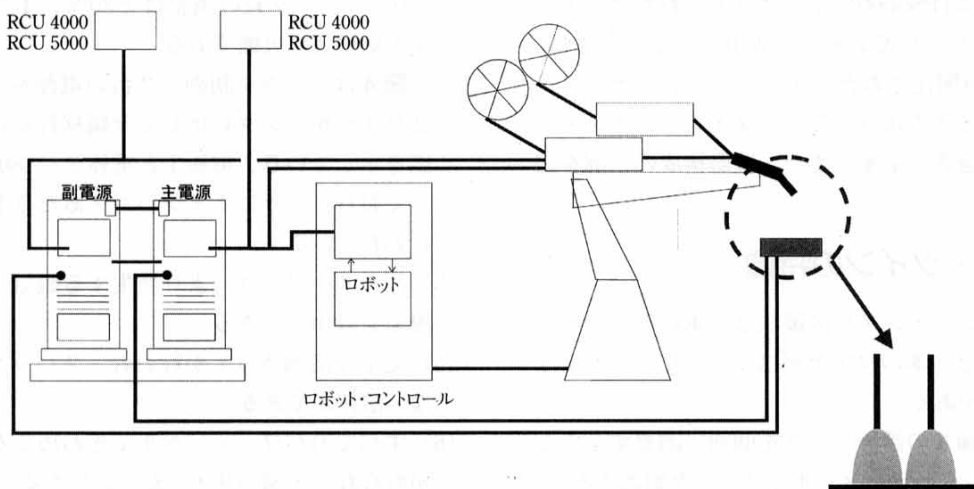


図2 タイム・ツイン・デジタル4000/5000の構成

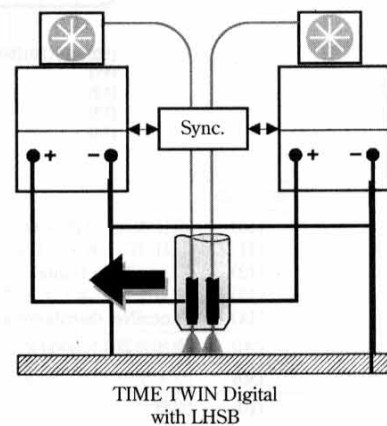
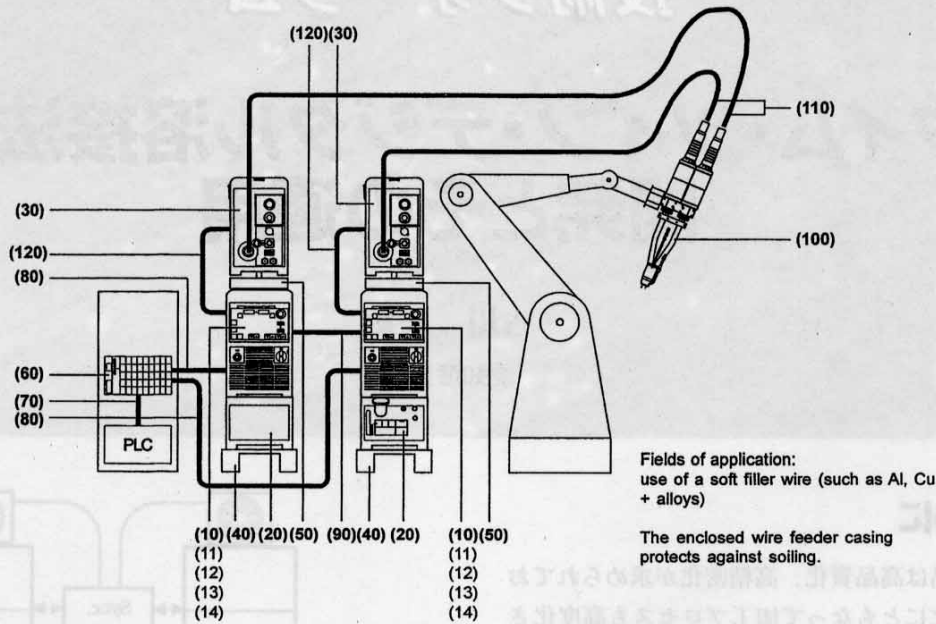


図1 タイム・ツイン（2ワイヤ・システム）の仕組み

2.1 タイム・ツイン（2ワイヤ・システム）の仕組み

タイム・ツイン・デジタル溶接法は2台のデジタルミグ/マグ溶接機TPS4000またはTPS5000が必要で、あらかじめ組み込まれたLHSB溶接ケーブルで接続することによって実現する（図1）。



ポジション	機器の名称	数量	部品番号
(10)	溶接電源 “TPS 4000”	2	
(11)	“LHSB” (あらかじめ、機械に組み込み)	2	4,100,386
(12)	“Time Twin Digital” ソフト	2	4,061,110
(13)	フローニアス・データベースから、ソフト更新	2	4,060,100
(14)	“LocalNet distributor active”	2	4,100,298
(20)	冷却装置 FK 9000 R	1	
(30)	ワイヤー・フィーダー VR 7000	2	
(40)	設置台	2	4,045,881
(50)	“Bush for Pivot Pin, Small”	2	4,100,380
(60)	ロボット・インターフェース Twin Standard I/O Synergic/Job”	1	4,100,398
(70)	ロボット・コントローラーへの設置ケーブル	1	43,0004,2416
(80)	リモート・コントロール・ケーブル (LocalNet)	2	43,0004,0460
(90)	LHSB 接続ケーブル	1	4,100,386
(100)	溶接トーチ Robacta Twin 500	1	34,0350,1796
(110)	トーチ・ケーブル・アセンブリー Robacta Drive Twin	1	4,047,275,000
(120)	接続ケーブル・アセンブリー	2	4,047,324

図3 タイム・ツイン・デジタル溶接機器構成

TPS4000またはTPS5000にインプットされたソフト・メニュー、ドライブ方式がすべて活用できるとともに、LHSBによって同期化されたタイム・ツイン・デジタルのソフトも使用できるようになる。タイム・ツイン・デジタルの構成を図2に示す。また、機器構成の一例を図3に示す。

2.2 タイム・ツインの特徴

タイム・ツイン・デジタル溶接法は1本のトーチから電極1、電極2と2本のワイヤが出ているが、次のような特徴や優位点がある。

- (1) 電極1、電極2の溶接アークを個別に調整することができる。1シールド・ノズルで2アーク制御する。
- (2) ワイヤを完全デジタル制御する。電源は0から

100%、アーク長の調整は±30%、1ワイヤと2ワイヤの切り換えが可能である。

図4はシンクロ制御で2台の電源をコントロールし2ワイヤがシンクロ化して金属移行が行われている状態を示している。電極1と電極2は180°位相がシフトしており、交互に1インパルスあたり1溶滴の移行が行われている。

- (3) パルス・アークにより発生する磁気アーク・ブロー現象を最小にできる。
- (4) 完全な溶滴カットが行われ、スパッタがほとんど出ない溶接ができる。
- (5) すべてのパワー・レベルできわめて安定したアークが得られ、溶滴のサイズが一定である。
- (6) 複数のオペレーション・モードがミックスできる。

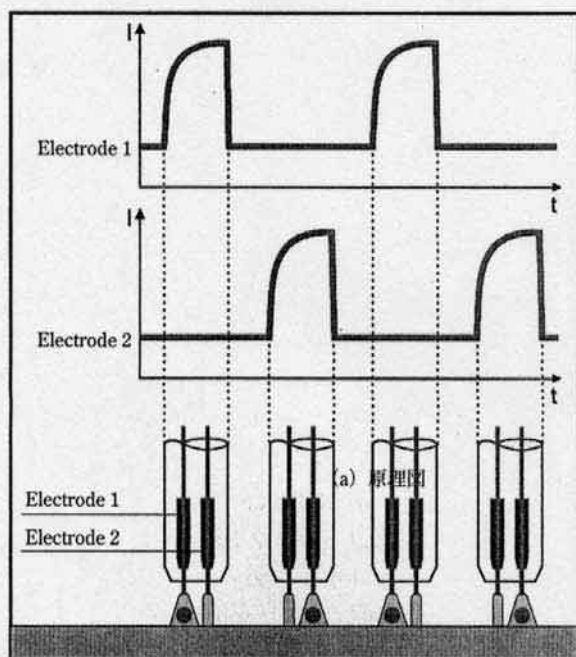


図4 金属移行

(パルスアーク+標準アーク)

(7) TPS4000/5000が有するメニュー・ドライブ方式が活用できるので操作が容易である。

2.3 タイム・ツインの利点、優位性

タイム・ツイン・デジタル溶接法はアークが安定し溶滴のサイズが一定でアーク・ブローは少なく、スパッタもほとんどない美しいビードを効率よく得られる。その利点を列挙すると次のようになる。

- (1) アーク長が短いため溶滴プールが小さく、エネルギーを溶接スピードに生かすことができる。
- (2) 高速溶接—超高速溶接スピードが得られる。

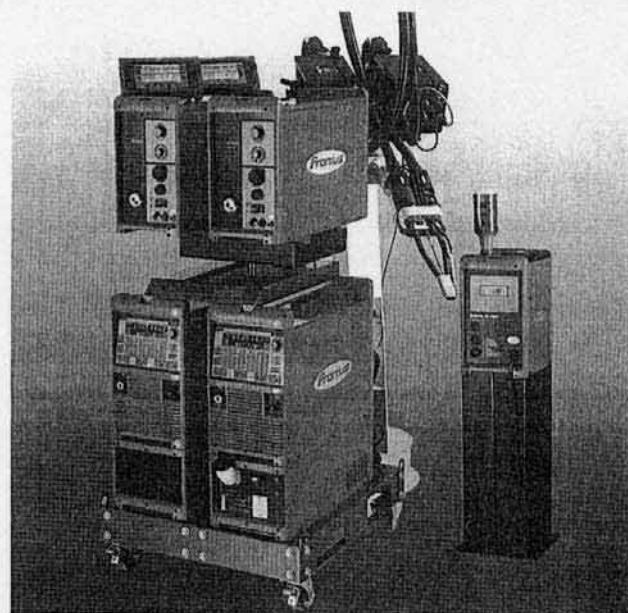


写真1 タイム・ツイン・デジタル400/5000

- (3) 高い溶着効率。
- (4) 低入熱溶接。
- (5) 溶接の再現性が高い。
- (6) 各種の金属材料、母材、溶接ワイヤ、シールドガス、各種の母材板厚に対応できる。

3 タイム・ツイン・デジタル溶接装置

タイム・ツイン・デジタル溶接装置はフロニクス社の2台のミグ/マグ溶接機TPS4000またはTPS5000をLHSBケーブルで接続して電源とし、2個のワイヤ送給装置でワイヤを1本のトーチに送り溶接ロボット等に搭載して溶接を行う。写真1に全体図を示す。

表1 タイム・ツイン・デジタル4000/5000の技術緒元

			Time Twin Digital 4000	Time Twin Digital 4000 MV	Time Twin Digital 5000	Time Twin Digital 5000 MV
メイン電圧	±15%	50/60Hz	3×400V (ケーブル2本)	3×230/400/460V(ケーブル2本)	3×400V (ケーブル2本)	3×230/400/460V(ケーブル2本)
メイン・フューズ				(200—240V)2×63A		(200—240V)2×63A
スロー			2×35A	(380—460V)2×35A	2×35A	(380—460V)2×35A
力率			0.99	0.99	0.99	0.99
溶接電流範囲			2×400A	2×400A	2×500A	2×500A
使用率別電流値	10分/40℃	40% d.c.	—	—	2×500A	2×500A
	10分/40℃	50% d.c.	2×400A	2×400A	—	—
	10分/40℃	60% d.c.	2×365A	2×365A	2×450A	2×450A
	10分/40℃	100% d.c.	(2×400A)2×320A	(2×400A)2×320A	(2×450A)2×360A	(2×450A)2×360A
開路電圧			2×70—80V	2×70—80V	2×70—80V	2×70—80V
動作電圧			2×14.2—34.0V	2×14.2—34.0V	2×14.2—44.0V	2×14.2—44.0V
保護クラス			IP 23	IP 23	IP 23	IP 23
重量			2×35.2kg	2×35.2kg	2×35.6kg	2×35.6kg
寸法			2×(625×290×480)mm	2×(625×290×480)mm	2×(625×290×480)mm	2×(625×290×480)mm

3.1 溶接電源

タイム・ツイン・デジタル溶接電源4000/5000の諸元を表1に示す。

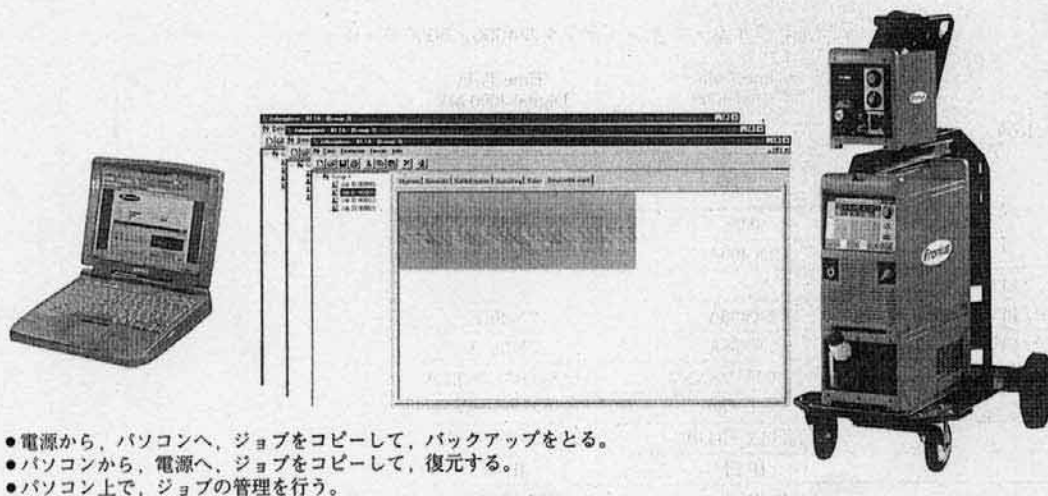
TPS4000または5000には、あらかじめLHSBが内蔵されており、LHSBケーブルによって接続される。TPS4000/5000に組み込まれているすべてのソフトウェアは自在に利用できるが、LHSBケーブルで接続された2台の溶接機は同期化され、タイム・ツイン・デジタル・ソフトを利用できるようになる。

- (1) タイム・ツイン電源はパルス・アークと標準アークの併用が可能である。
- (2) タイム・ツイン電源には溶接データ管理用のPCインターフェースが組み込まれている。
- (3) タイム・ツイン電源は特殊な4ステップ・モードが設定できる。

スタート処理電流：0～200%



写真2 プログラムのダウンロード（更新）



- 電源から、パソコンへ、ジョブをコピーして、バックアップをとる。
- パソコンから、電源へ、ジョブをコピーして、復元する。
- パソコン上で、ジョブの管理を行う。

写真3 PCソフトウェア ジョブ・エクスプローラー（Job Explorer）

エンド処理電流：0～200%

スロープ時間：0.2～7秒

- (4) フロニアス社の最新のデータベースにより新ソフトを入手してプログラムを更新することができる（写真2）。
- (5) PCソフトウェア ジョブ・エクスプローラー（写真3）

電源からパソコンへ、ジョブをコピーしてバックアップをとる。パソコンから電源へ、ジョブをコピーして復元する。パソコン上でジョブの管理を行う。

- (6) PCソフトウェア WIN RCU（写真4）

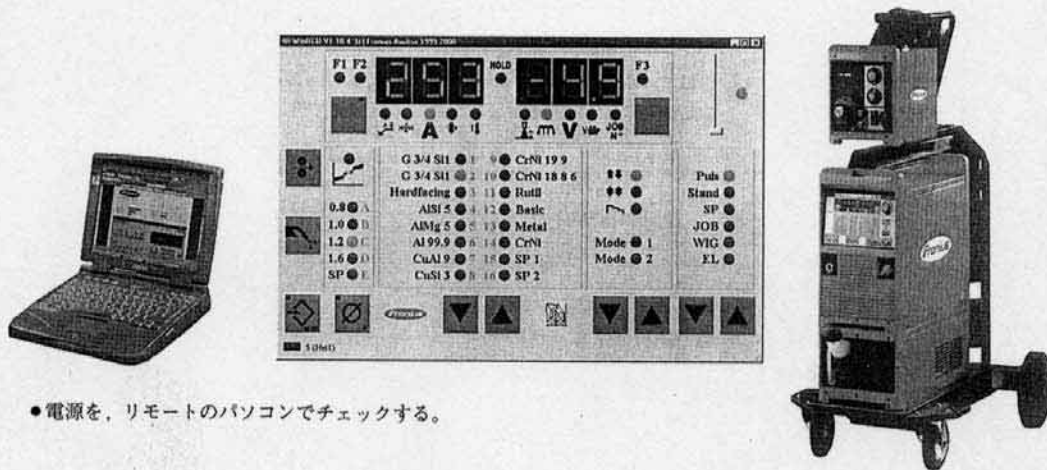
電源をリモートのパソコンでチェックする。

- (7) PCソフトウェアWeld Office（写真5）

Weld Officeには以下のソフトが含まれる；

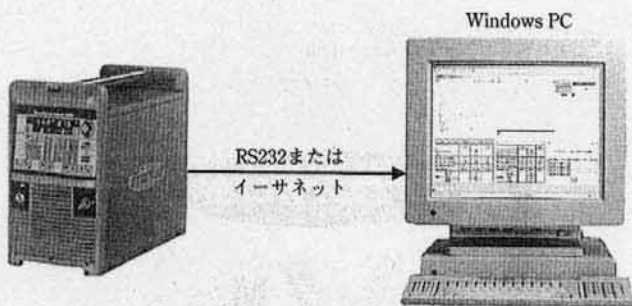
電源側ソフト（リリース・コード）、パソコン側ソフト（OPCサーバー、メニュー・ソフト）

溶接プロセス情報の画面表示



●電源を、リモートのパソコンでチェックする。

写真4 PCソフトウェア WIN RCU



- Weld Officeには、以下のソフトが含まれる。：
- 電源側ソフト（リリース・コード）
- パソコン側ソフト（OPCサーバー、メニュー・ソフト）
- 溶接プロセス情報の画面表示（メニュー・ソフト、Lab View）
- 溶接プロセスの分析（Excel、Accessを利用）

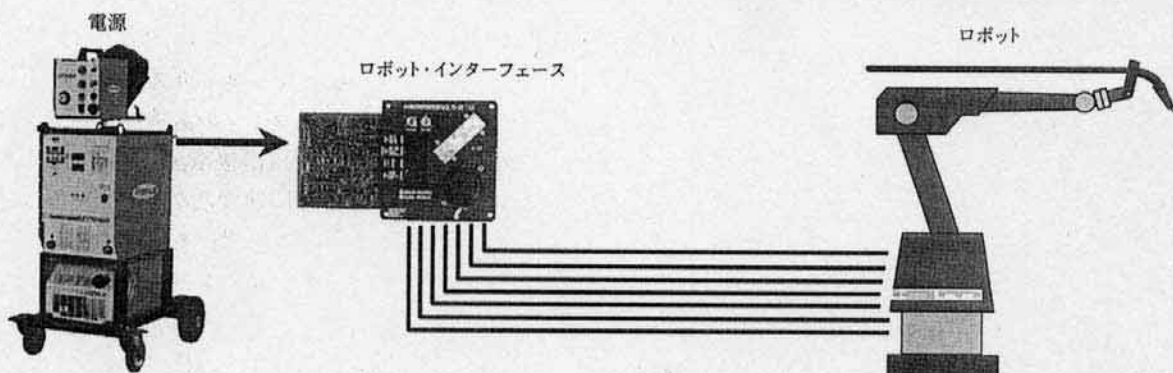
写真5 PCソフトウェア Weld Office

3.2 ロボットインターフェース (写真6)

標準I/Oシステム（例えばTSST153）では、40種類の信号と機能を伝達するのに40ケーブルが必要である（パラレル・システム）が、フィールド・バス・システムでは40以上の機能を3ラインで伝達することができる（シリアル通信）。

3.3 ワイヤ送給装置

ワイヤ送給装置は鋼線のみならず、ステンレス、合金鋼、アルミ、銅およびそれらの合金のワイヤが送給できる。線径0.8~1.6mmφ、ワイヤ送給速度0.5~30m/分。トーチ・ケーブル・アセンブリーが長い場合、ワイヤ送給装置とペールパック缶の距離が長い場合、ワイヤの振れ、たわみ等の問題がある場合等にも適応することができる。ワイヤ送給装置の種類と諸元を表2に示す。



標準I/Oシステム（例TSST153）：
→40種類のシグナル（信号）と機能

フィールド・バス・システム：
→40以上の機能

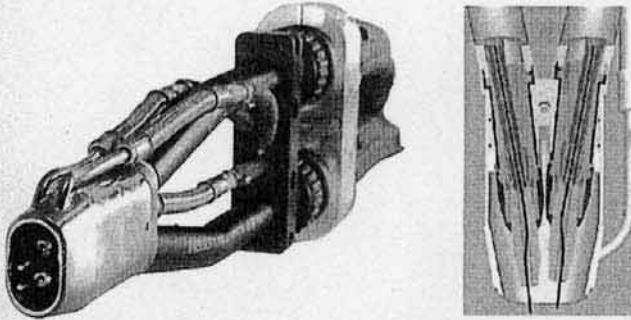
→40ケーブル
（パラレル・システム）

→3ライン
（シリアル通信）

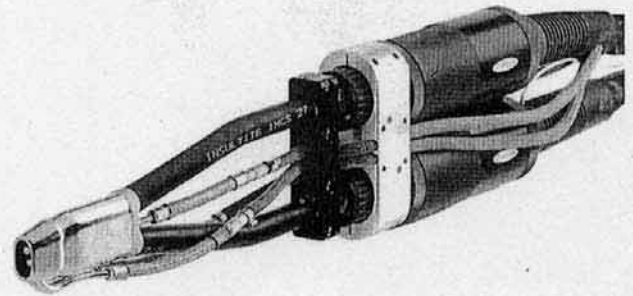
写真6 ロボット・インターフェース

表2 ワイヤ送給装置

ワイヤ送給装置	VR 1500-30 及び VR 1530-30	VR 1530-PD	VR 7000-30
ワイヤ径	0.8-1.6mm	1.0-1.6mm	0.8-1.6mm
ワイヤ送給速度	0.5-30m/min.	acc. To ϕ 0.5-max. 25m/min.	0.5-30m/min.
トルク	3.7Nm	18Nm	3.7Nm
重量	8kg	7kg	18kg
寸法	390×205×260mm	323×202×123.5mm	640×260×430mm



・ガス・ノズルとコンタクトチューブの直接冷却
 ・2ワイヤは、相互に絶縁
 写真7 ロバクタ・ツイン溶接トーチ



・重量6.2kg (トーチ本体を含む)
 ・ワイヤ送給速度：最大22m/min
 写真8 ロバクタ・ドライブ・ツイン溶接トーチ

3.4 トーチ (Rpbacta Twin Torch)

タイム・ツイン・デジタル溶接には写真7に示すようきコンタクトチップより2本のワイヤが独立して送り出される1体型のロバクタ・ツイン・溶接トーチが使用される。

ロバクタ・ツイン・溶接トーチはコンタクト・チップとガス・ノズルを独立した2系統のラインで冷却し、溶接の安定化を実現した。2ワイヤは相互に絶縁され独立して冷却されており、一方、シールドガスは1シールド・ノズルで2アークをコントロールしている。

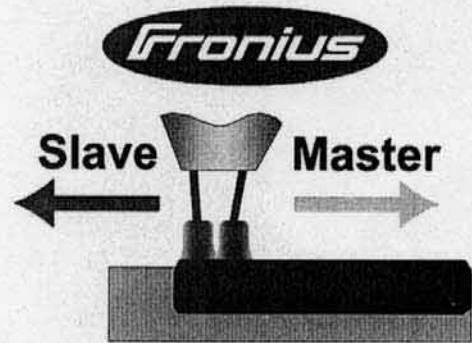
ワイヤは写真7の断面に示すように強制接触方式によってチップと接触して給電されているので信頼度の高いアーク・スタートが行われ、安定した溶接アークが保たれ、スパッタが少ない。トーチ本体はコンパクトで非常に頑丈でホース・バックは1本、プログラムは容易である。

アルミ合金ワイヤや極細径ワイヤに対しては写真8に示したロバクタ・ドライブ・ツイン溶接トーチを適用する。プル機構を持ち、ワイヤ送給速度は最大22m/分、トーチ本体を含む重量は6.2kgと軽い。

4 タイム・ツイン・デジタル溶接法の各種工事への適用

4.1 溶接施工

溶接の溶込量はアーク出力 (溶接電流, アーク電圧),

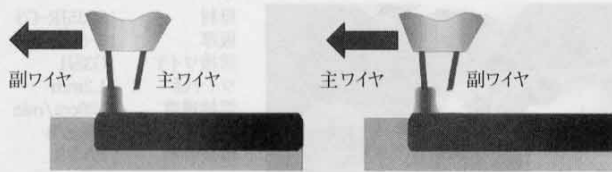


- マルチ・パス溶接 (サイクル時間の削減)
- ぶれの少ないトーチ・ポジション
- 両方向に可能な、シーム・トラッキング

図5 2方向への溶接

トーチ・ポジション, シールドガスの種類, 溶接速度で決定される。タイム・ツインの溶接パラメータは2電源夫々にワイヤ送り速度 (溶接電流), 溶接電圧を設定する。溶接速度は2電極同速度となる。アークはパルス・モード, 標準モード何れを選択も可能であり, また, スタート処理, エンド・クレーター処理のモードも設定できる。

溶接方向は図5のように1電極 (マスター) 方向へも2電極 (スレイブ) 方向へもトーチはそのままの状態で行進できるので, 多層溶接の場合サイクル時間を削減できる。また, 図6のように両方向への1ワイヤ溶接も可能である。また, 重ね溶接や突合せ溶接で過大開先隙間の場合には図7のように1電極, 2電極ともギャップの



- クリアランスの径が小さい場合も、トーチの固定が可能
- 困難なポジションにも、適用可能
- エンド・クレーター処理
- パルス・モードと標準モード
- 両ワイヤー（主、副）とも、シーム・トラッキングが可能

図6 両方向への1ワイヤ溶接

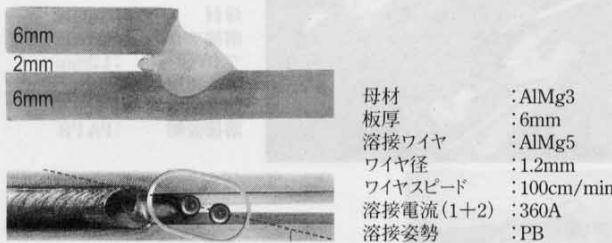


図7 ギャップ・ブリッジング（穴埋め機能）

ある中心線を外すようにトーチの位置をずらし、溶落ちや不整ビード溶接を防ぐことができる。

4.2 適用分野

タイム・ツイン・デジタル溶接法は薄板より厚板まで各種金属材料のすみ肉、突合せ、重ね等各種開先に使用でき、次の製造業の分野に広く適用されている。

- (1) 車輜製造業；ステンレス，アルミ部材等の長手シーム溶接
- (2) 造船業；鋼板，アルミ部材のすみ肉溶材
- (3) 自動車産業；重ね溶接，外輪溶接，ツイン・ミグブレージング
- (4) コンテナ製造業；突合せ溶接，長手溶接，重ね溶接，円周方向の溶接など
- (5) 圧力容器；円周溶接，突合せ溶接，重ね溶接
- (6) プラント建設業；V開先突合せ溶接，すみ肉溶接
- (7) 土木機械製造業；突合せ溶接，すみ肉溶接
- (8) 肉盛溶接（クラディング）

次に各種製造工場での適用状況を紹介します。

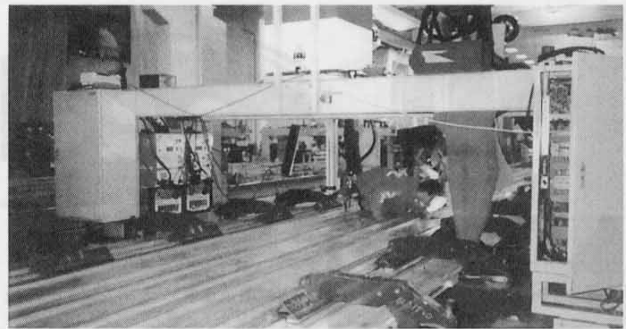
4.2.1 鉄道車輛製造業

- (1) アルストム・グループ・LHB（ドイツ）

薄板アルミ合金（2.3mm厚）の長手突合せシーム溶接で溶接状況を写真9，溶接部断面を写真10に示す。ワイヤ径1.2mmφ，溶接電流340A（1極＋2極），溶接速度200cm/分。

4.2.2 自動車産業

- (1) Soutramex France（フランス）



鉄道車輛製造業—貨車の生産（アルミ部材）
写真9 アルストム・グループ-LHB（ドイツ）

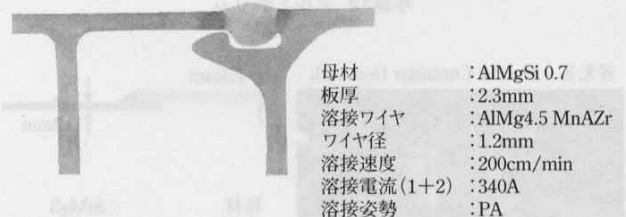
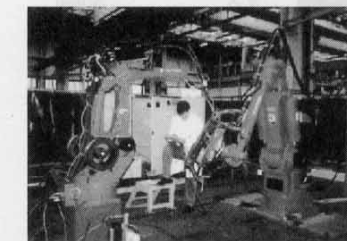


写真10 アルミ縦断面（プロファイル）

客先名：Soutramex France



- | | |
|-------|------------|
| 母材 | :S235JR |
| 板厚 | :3mm |
| 溶接ワイヤ | :G3Si1 |
| ワイヤ径 | :1.0mm |
| 溶接速度 | :250cm/min |
| 溶着速度 | :10kg/h |
| 溶接姿勢 | :PA PB |



写真11 薄鋼板の重ね溶接状況と完成部品

薄鋼板（3mm厚）の重ね溶接。溶接状況と完成部品を写真11に示す。ワイヤ径1.0mmφ。溶接速度250cm/分。溶着速度10kg/時。

- (2) アルミ製リム

板厚8mmと5mmのアルミ合金板重ね溶接。溶接電流560A（1極＋2極），ワイヤ送り速度33m/分，溶接速度130cm/分（写真12）。

4.2.3 コンテナ製造業

- (1) Maersk Container Denmark（デンマーク）

薄板アルミ合板（1.5mm板と0.9mm板）の長尺重ね継手溶接。溶接電流280A（1極＋2極），アルゴンガス・シールド。溶接速度250cm/分（写真13）。

4.2.4 圧力容器・ボイラ製造業

- (1) Chromagen Israel（イスラエル）

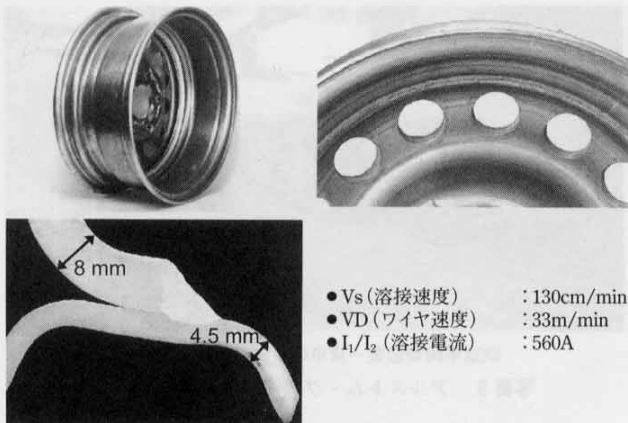


写真12 アルミ製リム

- Vs (溶接速度) : 130cm/min
- VD (ワイヤ速度) : 33m/min
- I₁/I₂ (溶接電流) : 560A

客先名: Maersk Containar Denmark

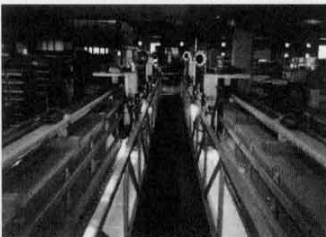


写真13 薄板アルミ合板の長尺重ね継手溶接



- 母材 : AlMg3
- 溶接ワイヤ : AlMg4.5 Mn
- 溶接速度 : 250cm/min
- 溶接電流 : 280A
- ガス : Argon

客先名: Chromagen Israel

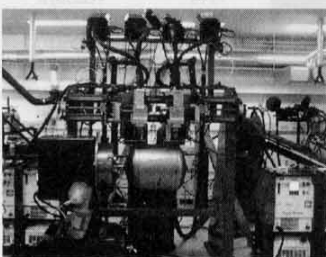


写真14 薄鋼板の重ね円周溶接

- 母材 : S235JR
- 板厚 : 3mm
- 溶接ワイヤ : G3Si1
- ワイヤ径 : 1.0mm
- 溶接速度 : 220cm/min
- 溶着速度 : 8.25kg
- 溶接姿勢 : PA

薄鋼板 (3 mm厚) の重ね円周溶接。ワイヤ径 1 mm φ。溶接速度 220cm/分。溶着速度 8.25kg/時 (写真14)。

4.2.5 重工業

(1) Daewoo South Korea (韓国一大型造船)

6 および 8 mm 鋼板のすみ肉溶接。ワイヤ径 1.2mm φ。

客先名: Daewoo South Korea (韓国一大型造船)

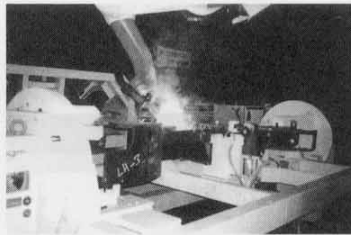


写真15 6および8mm鋼板のすみ肉溶接

- 母材 : S235JR-G3
- 板厚 : 6-8mm
- 溶接ワイヤ : G3Si1
- ワイヤ径 : 1.2mm
- 溶接速度 : 120cm/min
- 溶着速度 : 15kg/h
- 溶接姿勢 : PA PB

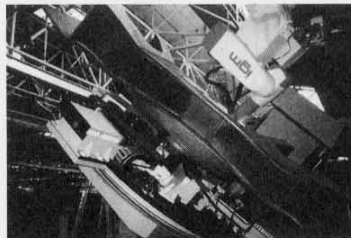


写真16 鋼板のすみ肉溶接

- 母材 : S235JR
- 溶接ワイヤ : G3Si1
- ワイヤ径 : 1.2mm
- 溶接速度 : 40cm/min
- 溶着速度 : 15kg/h
- 溶接姿勢 : PA PB

溶接速度 120cm/分。溶着速度 15kg/時 (写真15)。

(2) Hyundai South-Korea (韓国一現代重工)

鋼板のすみ肉溶接。ワイヤ径 1.2mm φ。溶接速度 40cm/分。溶着速度 15kg/時 (写真16)。

5 おわりに

フロニアス社 (オーストリア) で開発された新しい高速度、高効率で高品質、高性能な 2 電源、2 ワイヤのタイム・ツイン・デジタル溶接法を御紹介した。本溶接法は 2 電源を同期化することによって実現したきわめて生産性が高く、しかもスパッタ等をほとんど発生しない高品質溶接法で、高度化を求められている今日の業界の要望に対応するものである。

是非とも早急に一度試験し実用してみられることをお勧めする次第である。