

欧州におけるイナートガスアーク溶接機

—フローニアス社のフルデジタル制御
MIG/MAG インバータ溶接機—

Inert Gas Arc Welding Machine in Europe
—Full Digital MIG/MAG Inverter Welder of Fronius—

古川 一 敏*
Kazutoshi Furukawa*



1. はじめに

近年、アルミニウム合金の使用分野は小物から大型構造物まで、又極薄板材料（箔）から極厚板材まで拡大してきた。アルミニウムは鉄鋼材料に比べると溶接施工が難しく、ティグ溶接法、ミグ溶接法が開発された後も、スタート部クレータ部の欠陥や微小なポロシティなど問題を残している。適用範囲の拡大と共にアルミニウム溶接の高級化、高品質化が求められ、更により高い生産性、より高速な溶接法も望まれるようになってきた。

フローニアス社（オーストリア）はアルミニウム溶接の高級化を図る革新的技術として、世界で最初にデジタル制御方式のインバータ溶接機を開発した。安定した溶接品質、溶接の再現性の高さなど優れた技術が評価されてフローニアス社のデジタル制御インバータ溶接機は短期間に欧州の二輪車メーカー、四輪車メーカーを初めとしたアルミニウム溶接のユーザーに浸透していった。フローニアス社のデジタル制御インバータ溶接機が日本で展示され、広く紹介されたのは丁度4年前であるが、これを契機として日本の溶接機メーカーもデジタル制御溶接機の開発に乗り出した。

* 愛知産業株式会社 AICHI SANGYO CO., LTD.
原稿受付 2004年8月23日

本稿ではフローニアス社のフルデジタル制御方式MIG/MAG インバータ溶接機「トランスパルス・サイナジック (Transpuls Synergic)」を中心に御紹介説明したい。

2. トランスパルス・サイナジック (TPS) 溶接機

2.1 TPS 溶接電源

TPSはデジタル制御のMIG/MAG インバータ溶接電源であり、フルデジタル制御によって高精度の溶接再現性と安定した高溶接品質を実現した (Fig. 1)。

パルスアーク溶接の場合、ワイヤの径と材質ご

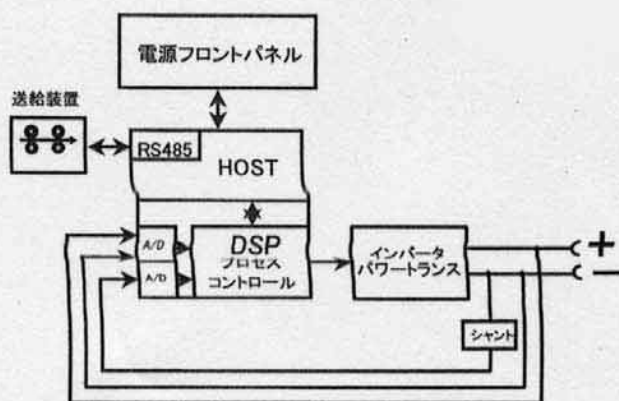


Fig. 1 TPS デジタル溶接電源

とに最適のパルス波形が選択される。又、フルデジタル制御により 20 A の小電流から大電流まで確実に 1 パルス 1 溶滴が保証される (Fig. 2)。

アーク長の制御も高精度であり、正確迅速に行われる (Fig. 3)。

2.2 溶接トランスの小型化・軽量化

TPS 溶接電源は 100 KHz のインバータトランスを採用することにより、電源の小型化・軽量化に成功した。周波数とトランスの容量寸法との関係は、Fig. 4 の関係曲線に示す如くで、周波数を 50 KHz から 100 KHz へと 2 倍にした場合、容量は 20 分の 1 に小型化されている。Fig. 4 の右上写真では通常の溶接トランスとフロニアスのインバータ溶接トランスの大きさが比較されている。TPS2700 電源 (溶接電源・ワイヤ送給装置一体型) の重量 27 kg, TPS4000 電源 (電源のみ) で 35 kg, TPS5000 電源の重量は 36 kg である。

2.3 TPS 溶接機の標準仕様

TPS 溶接機には、TPS2700, TPS4000, TPS5000

がある。

TPS 溶接電源の外観を Fig. 5 に、TPS 溶接機の標準仕様を Table 1 に示す。

2.4 フロント (前面) パネル

TPS のフロントパネルを Fig. 6 に示す。13 種類の材質に適応した 54 種の溶接条件が、データバンクに保存され、使用するワイヤ径、材質をセットするだけで、最適な 1 元化された溶接条件が呼び出される。溶接条件は安定したフィードバック制御によるものであり、試しアークの必要はない。

2.5 リモートコントロールシステム

リモートコントロール装置 RCU4000 (Fig. 7) を用いて、デジタル電源のフル・リモート・コントロールが実施出来る。ロボット溶接においては有効に活用出来る。

2.6 ワイヤフィーダー

TPS2700 のワイヤフィーダーは電源に組込まれているが、TPS4000, TPS5000 では Fig. 8 に示すワイヤフィーダー VR4000 が使用される。ロボット仕様の場合はワイヤフィーダー VR1500 を使用する。

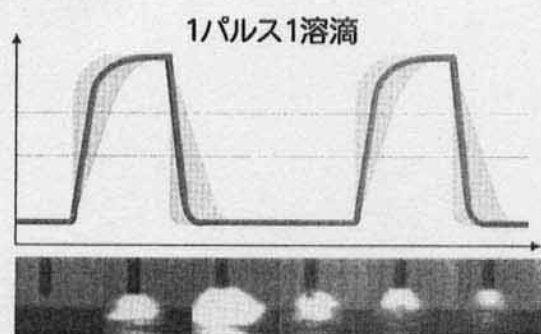


Fig. 2 波形操作

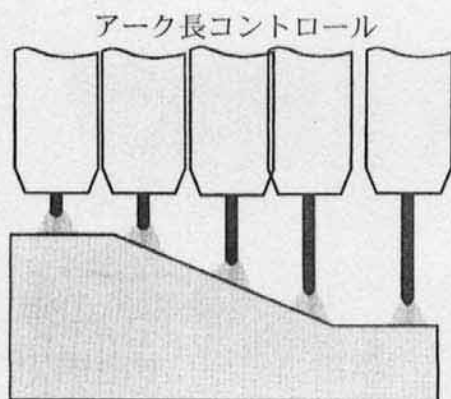


Fig. 3 アーク長制御

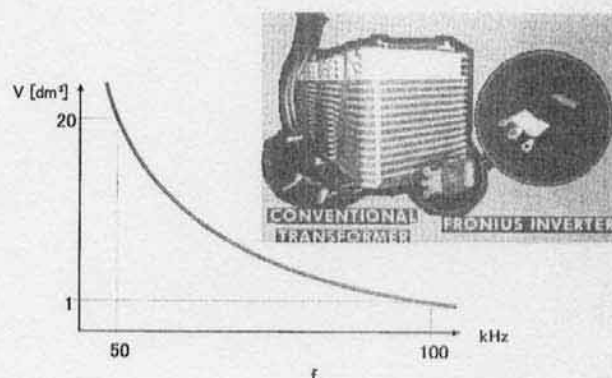


Fig. 4 周波数とトランスのサイズとの関係



Fig. 5 TPS 溶接電源

Table 1 トランスパルスサイナジック溶接機の標準仕様

総合名称	トランスパルスサイナジック 2700	トランスパルスサイナジック 4000	トランスパルスサイナジック 5000
溶接電源	TPS2700 MV	TPS4000 MV	TPS5000 MV
定格周波数	50/60 Hz		
定格入力	9.0 KVA	25.4 KVA	30.2 KVA
出力電流範囲	20~270 A	20~400 A	20~500 A
出力電圧範囲	14~28 V	14~34 V	14~39 V
定格使用率	40% (但し周囲環境40°Cで計測)		
無負荷電圧	50 V	80 V	
電圧調整方式	一元 (±30%微調有り)		
外形寸法	W290×D625×H475		
重量	27 Kg	35 kg	36 kg
ワイヤ送給装置	電源一体型	VR4000	
フィードバック制御	エンコーダフィードバック		
トーチ	AL4000 U/DE	AW4000 U/DE	AW5000 U/DE
冷却方法	空 冷	水 冷	
定格電流	350 A (ArCO ₂)	350 A (ArCO ₂)	400 A (ArCO ₂)
定格使用率	40%	100%	
適用ワイヤ径	1.0~1.6 mmφ	0.8~1.2 mmφ	1.0~1.6 mmφ
ケーブル長	3.5 M		
水冷装置	FK4000R		
最大流量	3.5 L/分		
冷却水容量	5.5 L		
寸 法	W290×D75×H230		
リモコン	TR4000		
ケーブル長	5 M		

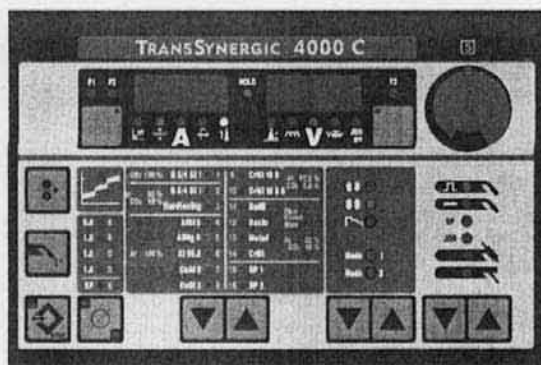


Fig. 6 TPSのフロントパネル

Fig. 7 リモート・コントロール・システム
RCU 4000



Fig. 8 ワイヤ・フィーダー VR 4000 C

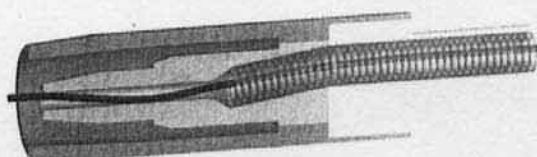


Fig. 10 ワイヤ強制接触方式

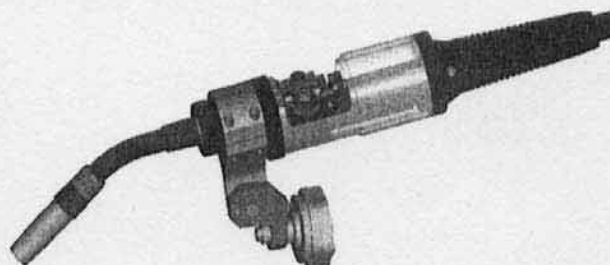


Fig. 11 ロボクタ・ドライブ及びPTドライブ

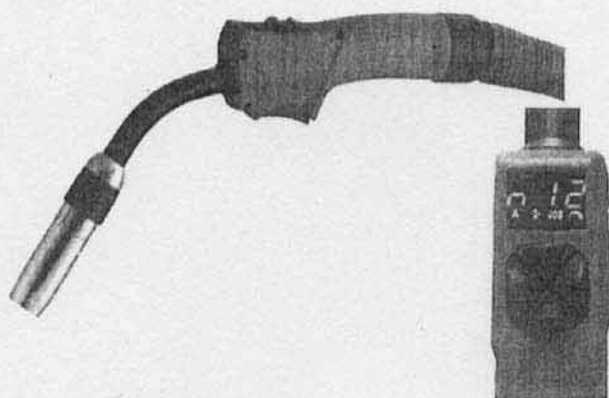


Fig. 9 ジョブ・マスター・トーチ

2.7 トーチ

半自動溶接においては Fig. 9 に示すジョブ・マスター・トーチ AL4000U/DE (空冷), AW4000U/DE (水冷), AW5000U/DE (水冷) が使用される。これらの仕様は Table 1 に示した通りである。ジョブ・マスター・トーチはリモコンが内蔵され遠隔操作機能とデジタル表示機能を持ち、溶接パラメーターの調節とジョブ選択が出来る。又、トーチは Fig. 10 に示す様にワイヤとチップの強制接触方式を採用し、信頼性の高い電流移行が行なわれている。その結果、アーク・スタートの信頼性は高く、アークの安定性が良好でスパッターが少く、コンタクトチップの寿命が延

びている。

ロボット仕様有的时候は Fig. 11 に示すロボクタ・トーチ又はロボクタ・ドライブ・トーチが使用される。ワイヤ・ドライブ・システムを持ち、アルミニウムの様なソフト・ワイヤにも適用して良好なワイヤ送行が出来る。又デジタルデータの転送が可能である。

3. TPS のロボット仕様

TPS のロボットシステムの構成は TPS 電源、インターフェース、ロボット、ワイヤフィーダー、トーチ等からなり、その接続図は Fig. 12 の通りである。TPS のロボット仕様を Table 2 に示す。

インターフェース ROB4000 は現在使用されている内外の殆どのロボット (MOTOMAN, ABB, FANUC, KAWASAKI, Panasonic, igm, KUKA, COMAW) と接続可能である。信号の伝達はフィールド・バス・システムによって居り従来のシステムに比べて多くの利点がある (Fig. 13)

標準 I/O システム (例えば, TSST153) では40種の信号と機能を伝達するのに40ケーブルが必要 (パラレル・システム) であるが、フィールド・バス・システムでは40以上の信号を3本のケーブルで送ることが出来る (シリアル伝送)。フィール

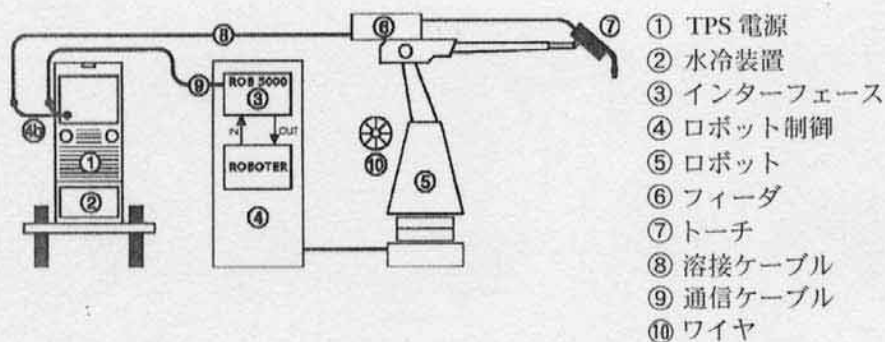


Fig. 12 TPS ロボットシステムの接続図

Table 2 TPS 溶接機のロボット仕様

インターフェース	形式	ROB4000	
ワイヤ送給装置	形式	VR1500	
溶接トーチ	形式	ロバクタ300	ロバクタ ドライブ300
		350 A	350 A
定格電流			

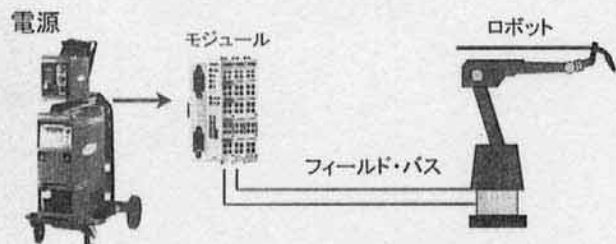


Fig. 13 フィールド・バスの原理

ド・バス・システムは標準 I/O システムに比べエラーの確率が少く又エラー診断のスピードが早い。

4. TPS によるアルミニウムの溶接

TPS のアーク発生においてはスパッター・フリーの点火が行われ、ショートアーク型溶滴移行をデジタル方式の完璧なパルス制御によって行っている。特にアルミニウムの溶接においてはスタート部の溶接不良を解消するために、スタート条件のクレータ条件を個別に設定する様にしている。アルミニウムの溶接プロセスは Fig. 14 に示す様に特殊 4 ステップ条件で行われ、初期電流から溶接電流、溶接電流からクレータ処理電流への各ステップ間の電流条件はスロープ制御で移行出

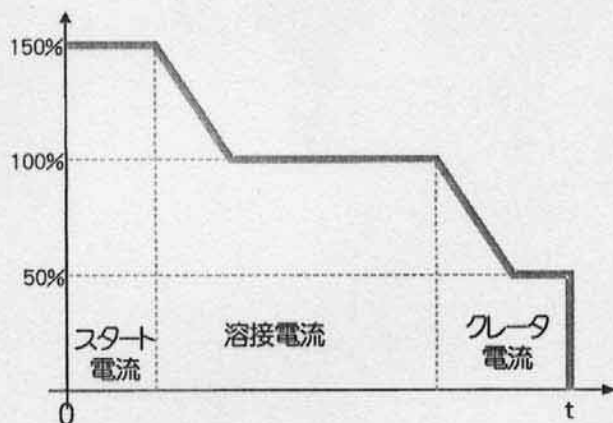
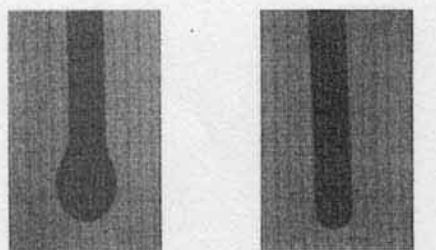


Fig. 14 アルミニウムのスタートアップ処理



従来電源

インバータ電源

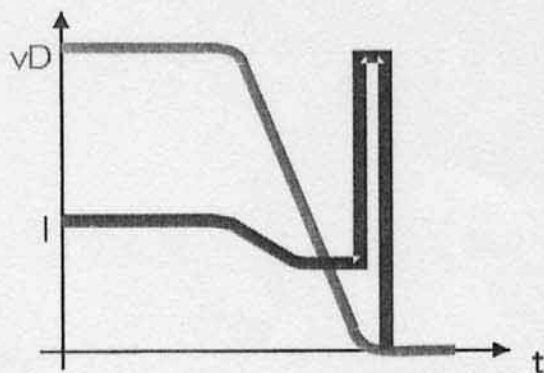


Fig. 15 溶接終了時の処理

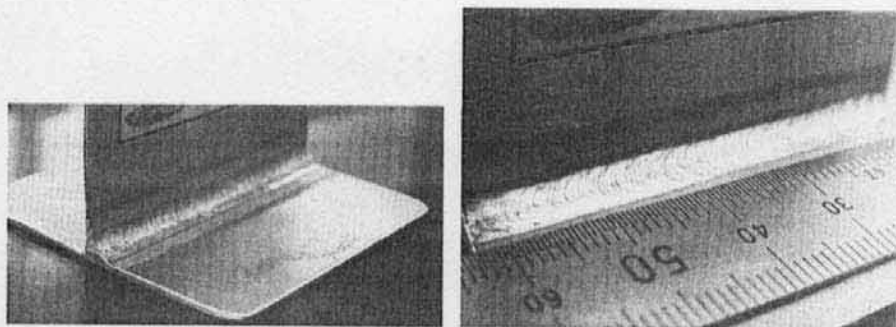


Fig. 16 アルミ溶接適用事例 (材質: A5083, 板厚: 0.8 mm, 溶接電流: 35 A, ワイヤ径: $\phi 1.2$)

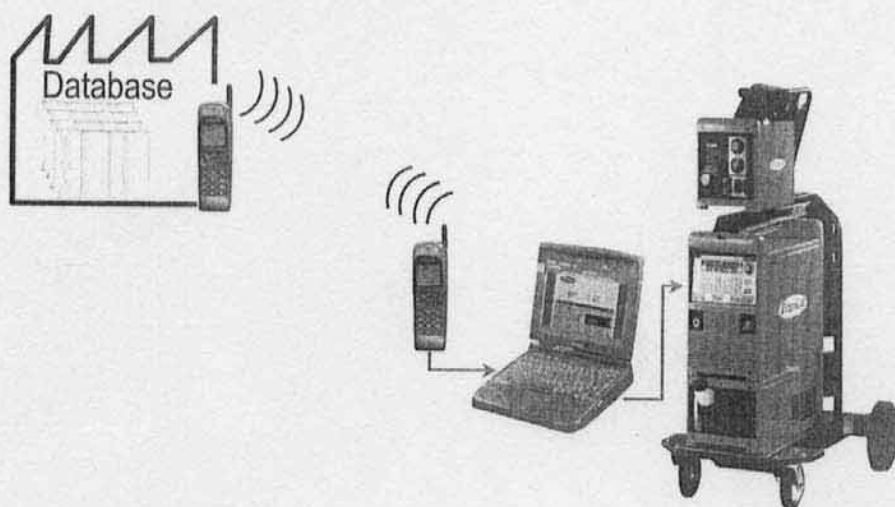


Fig. 17 プログラムのダウンロード (更新)

来る様になっている。

溶接終了時には Fig. 15 に示す様に溶接電流を瞬間的に高電流にし、母材への溶着を防ぐと共にワイヤ先端を再アークしやすいうような形状に整える。写真に従来電源との先端形状の相違を示す。

Fig. 16 に TPS でアルミニウムの薄板のすみ肉溶接を行った適用事例の写真を示す。

5. TPS の他のソフト

フロニアス社で開発されたソフトは溶接条件がデータバンクに保存されており、溶接ワイヤ径と材質をセットするだけで一元化された最適な溶接条件が呼び出される。これに溶接作業者が溶接条件を加えたり改良したものを同様に保存しておくことも可能である。

一方フロニアス社はさらに新しいソフトを次々

と開発しており、特に溶接条件が難しく、高級・高品質な溶接技術が求められる特殊材料については注力して開発し、プログラムを組んでいる。例えば、アルミニウム材料に対するソフト・プログラムとしてアルミニウム・エディション、ニッケル・クロム合金材料に対してはニッケル・クロム・エディションがある。これらの新ソフトはオプションによって最新のものを取り出して活用することができる。新ソフトを使用するためには、先ず溶接に先立って適用プログラムを PC (パソコン) にダウンロードする (Fig. 17)。次いで TPS 電源をインターフェースを通して PC に接続する。

その外フロニアス社には PC ソフトウェアとしてジョブ・エクスプローラー、ワールド・オフィスがある。

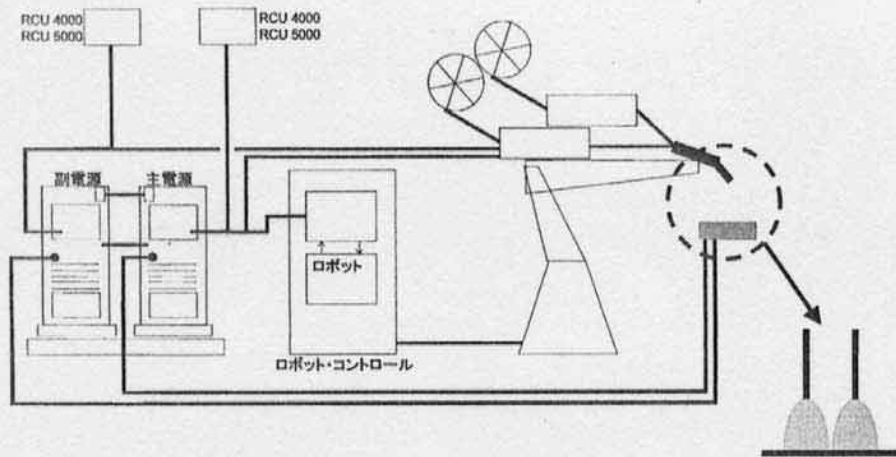


Fig. 18 タイム・ツイン・デジタル4000/5000の構成

6. タイム・ツイン・デジタル溶接法¹⁾

フロニアス社では高性能で高効率、生産性の高い溶接法としてタイム・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TPS4000又はTPS5000溶接電源2台を使用し、あらかじめ組込まれたLocal Net High Speed Bus (LHSB) をケーブルで接続し同期化して実現した全自動溶接法である。タイム・ツイン・デジタル4000/5000の構成はFig. 18の如くで、TPS4000又は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出来ると共に、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出来る様になる。

6.1 タイム・ツイン法の特徴

タイム・ツイン・デジタル溶接法はFig. 19に示すロバクタ・ツイン溶接トーチ又はロバクタ・ドライブ・ツイン溶接トーチが使用される。1本のトーチから電極1、電極2と2本のワイヤが出て居り、次の様な特徴がある。

- ① 1 シールド・ノズルで2アークを制御する。又電極1、電極2の溶接アークを各々調整できる。
- ② ワイヤを完全デジタル制御する。1ワイヤと2ワイヤの切替えが可能である。
- ③ Fig. 20はシンクロ制御で2台のTPS電源をコントロールし、2ワイヤを同期化して交互に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度位相がシフトして居り交互に1

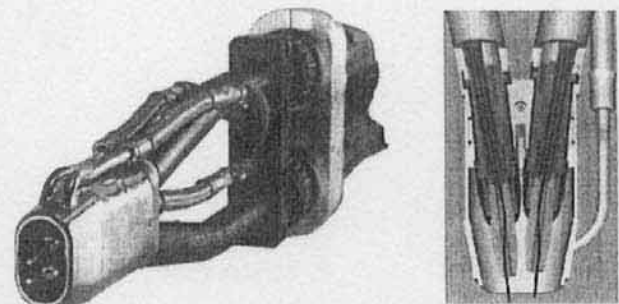


Fig. 19 ロバクタ・ツイン溶接トーチ

- 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

インパルスあたり1溶滴の移行が行われている。

④パルス・アークより発生する磁気アーク現象は最小に出来る。

⑤完全な溶滴カットが行われ、スパッターのない溶接出来る。

⑥すべてのパワー・レベルで極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。

⑦(パルスアーク+標準アーク)の如く複数のオペレーションモードがミックス出来る。

6.2 タイム・ツインの利点と優位性

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・ブローは少く、スパッターも殆どなく美しいビードが効率よく得られる。その利点を列挙すれば次の様になる。

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出来、超

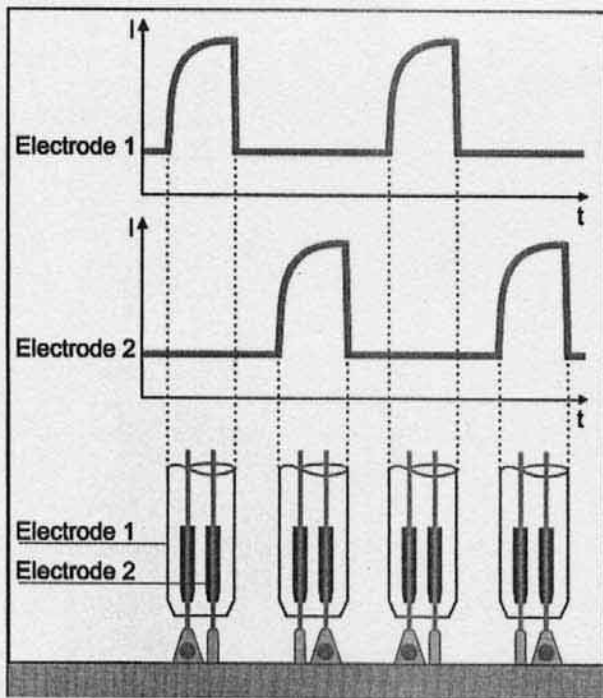


Fig. 20 金属移行

高速溶接スピードが得られる。

- ②高い溶接効率
- ③低入熱溶接
- ④溶接の再現性が高い
- ⑤各種の金属材料，母材板厚，溶接ワイヤ，シールドガスに対応出来る。

6.3 タイム・ツインのアルミニウム溶接への適用例

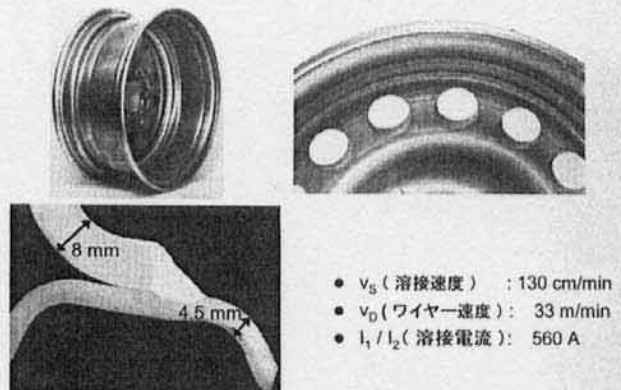
タイム・ツイン・デジタル溶接法は各種金属材料の薄板より厚板まで，すみ肉，突合せ，重ね等各種開先に使用されている。又車輛製造業，自動車産業，造船工業，コンテナ産業等各種製造業で使用されているが，特にアルミ材料に適用されている。Fig. 21にタイム・ツイン溶接法が適用されたアルミニウム製品の例を示す。

7. おわりに

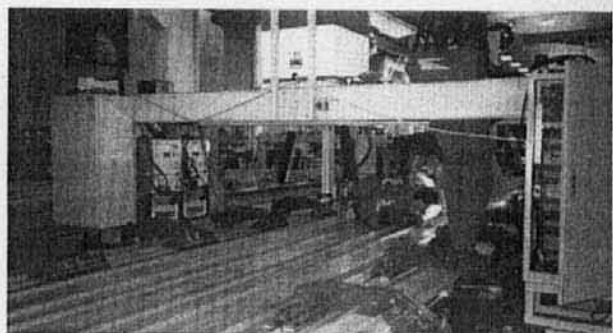
フロニアス社で開発されたフルデジタル制御MIG/MAGインバータ溶接機トランスパルス・サイナジックとその関連機器及び周辺技術について説明し，特に，アルミニウム材料への適用例を紹介した。本稿がお役に立てば幸いである。



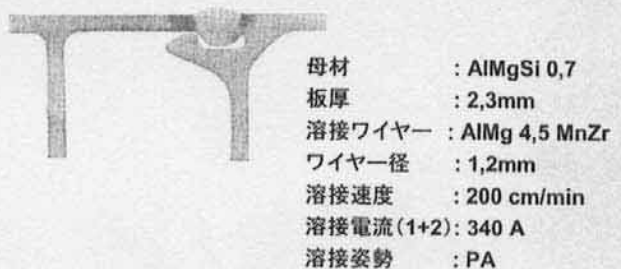
(a) 薄板アルミニウム合板の長尺重継手溶接



(b) アルミ製リム



(c) 鉄道車両製造業—貨車の生産 (アルミ部材)



(d) アルミニウム縦断面 (プロファイル)

Fig. 21 タイム・ツイン溶接法のアルミニウムへの適用例

参考文献

- 1) 古川一敏：タイム・ツイン・デジタル溶接法の開発とその適用：溶接技術，52-3(2004)，p100-207。