

片面プラズマスポット溶接システムの開発

Development of One-side Plasma Arc Spot Welding System

新垣 淑隆
Yoshitaka Niigaki

新谷 俊哉
Toshiya Shintani

今井 陽介
Yousuke Imai

黒川 巖
Iwao Kurokawa

椎名 徹
Tooru Shiina

自動車に対するニーズが多様化するなか、排気ガス低減、燃費向上のためのボデーの軽量化と衝突安全性確保のためのボデー剛性アップへの対応が急務となっている。このボデーの軽量化と剛性アップという相反する要求を両立させるためには、ボデー構造に生産条件を極力排除した自由度を与えることが必要となる。

そこで、この制約条件を排除し、閉断面構造を可能にすることによりボデー構造の自由度を向上させ、かつコスト低減を実現することを目的として、片面溶接工法である芯線供給方式プラズマ溶接システムをトヨタ車体(株)と共同開発し、2000年1月に新型エステイマのボデー溶接ラインに導入したので紹介する。

本技術は長年にわたってコマツ研究本部で培ってきた高度なプラズマアーク発生・制御技術と、トヨタ車体(株)の最新の生産技術とが融合することによって実用化が実現したものである。

Among various matters required of automobiles, reduction in exhaust gas, lighter auto-body weight for reduction in fuel consumption, and increase in auto-body rigidity to secure safety in an automobile collision need to be carried out immediately. To meet the requests for lightening auto-body weight and increasing in the auto-body rigidity (which are contrary to each other), the auto-body structure must be given a higher degree of freedom at which the manufacturing conditions are eliminated as many as possible.

To increase the degree of freedom of the auto-body structure and reduce the cost by eliminating the restrictive conditions and enabling closed-section structures, we developed a core wire-fed plasma welding system which was a one-side welding system in cooperation with Toyota Auto Body Co., Ltd. and introduced it in the auto-body welding line of the New Estima in January 2000.

This technology was realized by fusing the high-grade plasma arc generation and control technology developed in the Research Division of Komatsu and the latest manufacturing technology of Toyota Auto Body Co., Ltd.

We will introduce this welding system below.

Key words: One-side, Plasma Arc, Spot Welding, Auto-body, Toyota Body, Estima, Welding System

1. はじめに

研究本部では、1980年代半ばからプラズマアーク技術の基礎研究開発に着手し、コマツ独自の先進プラズマ制御技術を確認することによって、レーザに匹敵する高精度高品質の加工性能を有し、かつ従来技術を凌駕する消耗部品(電極・ノズル)の長寿命を可能としたファインプラズマ切断機の商品化に成功し、他社に先駆けて世の中に送り出してきた。

現在では、コマツ産機板金事業の中核商品の一つである「ツイスターファインプラズマ」シリーズへと進化して来ており、グローバルなビジネスを展開している。また、コマツエンジニアリングでは3次元プラズマ切断ロボットシステムの事業を展開している。

一方、1994年頃から切断から溶接へのプラズマ事業の拡大を狙って、研究本部独自にプラズマスポット溶接の可能性確認研究に着手した。メインのターゲットは、ボデー設計の自由度が向上し、軽量化やトータルのコストダウンに貢献できるという観点から片面溶接のニーズが強く、また現在の主流工法である抵抗スポット溶接の一部代替技術として将来の普及が期待できる自動車ボデー向けに絞って開発を進めてきた。

技術的には、亜鉛メッキ銅板特有の爆飛現象(溶湯が亜鉛メッキ層に接触することにより亜鉛が急激にガス化して溶接不良を引き起こす現象)をいかに抑制して、抵抗スポット溶接並みの品質の信頼性(99.99%)を確保するかが最大の課題であった。

しかし、この爆飛現象抑制の難しさゆえに、世界で誰も実用化を成功させてはいない未開拓の分野でもあり、逆に我々技術者のチャレンジ意欲を駆り立てる原動力ともなった。

その後、長い試行錯誤の末に、まず上板に穴をあけて亜鉛ガスを排除した後で穴を埋め戻すコマツ独自のプラズマ制御技術を新たに確立することでこの課題を克服できるようになり、ようやく95年の夏には、プラズマスポット溶接システムの実用1号機がトヨタ車体(株)の員弁工場のボデー溶接ライン(グランピア)に導入されるに至った。この1号機は、2001年夏まで順調に稼動し、極めて高い信頼性を要求される自動車ボデー量産ラインでの使用に充分に耐えることを実証することができた。

しかし、この技術(第1世代)は適用可能な板間隙間が0~0.2mmの範囲に限定され、0.3mm以上の隙間では穴開け後の埋め戻しができないという欠点があった。生産現場で自動車ボデーを片面溶接する場合、0~0.2mmの範囲でシビアに板間隙間を管理することが困難な部位も多いことから、より広い板間の隙間範囲(0~2mm)で溶接品質の信頼性を確保できる技術開発が必須となった。

そこで、板間隙間が大きい場合に、穴開け後の埋め戻しができない問題への対応として、板間隙へ溶湯を補てんする芯線供給方式を考案し、96年頃からトヨタ車体(株)と共同で本技術(第2世代)の開発を進めてきた。更に、第2世代では、消耗部品の寿命向上や溶接時間の短縮化(0.8t+0.8t:2秒以下)による生産性向上、板組の拡大(総板厚:4.6t)、溶接姿勢の拡大(横向き対応)などの性能向上のための技術開発にも取り組んできた。

その結果、第2世代の片面プラズマスポット溶接システムが98年秋に車種Dのボデーに、2001年1月にはエスティマボデーに複数台導入され、実用化への一步を踏み出した。

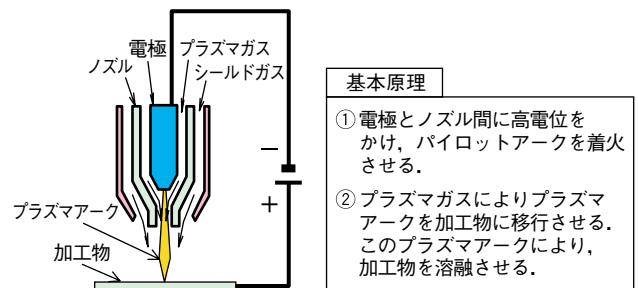
以下に、第2世代のプラズマスポット溶接システムの概要と特長、およびエスティマ導入状況について紹介する。

2. プラズマ溶接の原理

プラズマ溶接の基本原理を図1に示す。プラズマガスを流した状態で電極と加工物間に高電位を印加すると、ガスは電離して導電性を示すようになり、ノズルの孔からプラズマアークが発生する。このプラズマアークはノズルにより拘束されているため、MAGやTIGに比べて高エネルギー密度で、熱の集中性の良い超高温(20,000℃以上)のアーク熱源が得られるという特長がある。

更に、プラズマ電流値、ガス組成、ガス流量などを選択的に制御することにより、穴あけ(切断)や穴埋め(溶接)を容易に実現でき、しかもレーザに比べて安価であるという利点を有している。本溶接システムは、これらの特徴に着目して開発したものである。

片面プラズマスポット溶接の具体的な溶接プロセスについては図5に示してあるので、そちらを参照されたい。



3. 溶接装置のシステム構成

プラズマ溶接装置のシステム構成を図2に示す。今回開発したのはロボットに搭載した自動溶接システムである。

このシステムは、ロボット先端部に把持されたプラズマトーチに電流を供給するプラズマ電源、供給するガス(プラズマガスとシールドガスの2系統)の流量を設定するガスユニット、プラズマトーチ先端部の消耗部品(電極とノズル)を冷却するための冷却水ユニット、芯線(フィラーワイヤ)を供給するワイヤ送給装置、溶接条件の設定や制御を行う溶接コントローラから構成されている。

更に、ロボット先端にはトーチ加圧Assyが搭載されており、被溶接部材(加工物)をエアで加圧するためのエアシリンダ機構、トーチ先端部のキャップを開閉する機構(部品交換やスパッタ除去時に使用)、ガス流量を切り換えるガス切換ボックス、安定したワイヤ送給を行うためのプルモータ機能が内蔵されている。

電流値、ガス切換タイミング、芯線(フィラーワイヤ)供給タイミング・供給速度などの溶接条件パラメータの設定や隙間検出機能を含めた溶接制御は全て溶接コントローラで行い、溶接コントローラからの指令に基づいてプラズマ電源は溶接電流の出力を行い、32個の溶接条件を記憶する

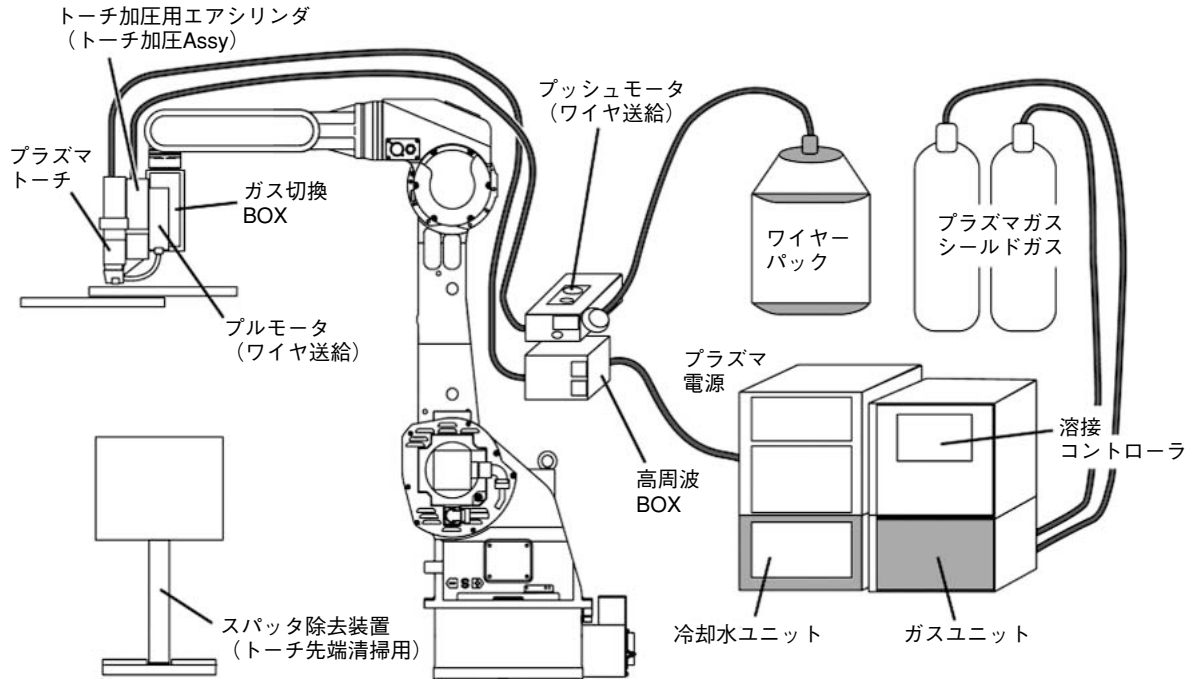


図2 プラズマ溶接装置のシステム構成

ことができる。また、ロボットコントローラからの指令に従ってプラズマアークの起動から溶接完了までを自動的に実施する。

トーチ先端部の構造を図3に、基本仕様を表1に、溶接能力を表2に示す。トーチは全体として多重円筒形であり、その中心位置に概略円柱形の電極を有し、この電極の外側に概略円筒形のノズルが配置され、更にノズルの外側に冷却キャップとシールドキャップが配置されている。

電気的には、電極が陰極、被溶接部材(加工物)が陽極から構成される直流回路となっており、プラズマ電源は直流電源である。定格出力電流はDC120アンペアである。

プラズマガスとしては、不活性ガス(Ar+7% H_2)を使用するのが一般的である。プラズマガスを取り囲むように流すシールドガスは被溶接部材の材質によって使い分けるが、亜鉛メッキ鋼板の場合は、爆飛現象を抑制する目的から酸化性ガス(Ar+50% O_2)を使用する。

芯線(フィラーワイヤ)はトーチ先端部に横方向から供給されるが、加工物との溶着を防止するために非接触供給方式を採用している。

溶接能力としては、対応可能な板厚は最大4.6mmであり、2枚重ねだけでなく、3枚重ねも対応可能(但し、3枚重ねの場合は隙間検出機能はなし)である。対応可能な板間隙範囲は0~2mm、許容溶接角度は0°(水平下向き)~100°(横向き)、溶接速度は合計板厚が2mmの時で約2秒である。溶接速度については更に2倍の高速化を目標に開発を進めている。

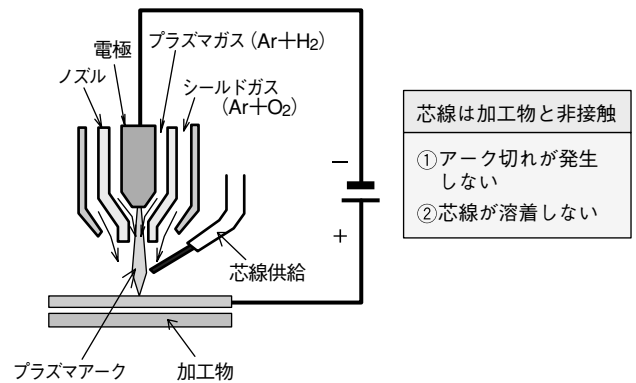


図3 トーチ先端部の構造

表1 プラズマ溶接装置の基本仕様

ユニット	項目	仕様
電源部	定格入力電圧	3相200V
	定格入力電力	約32KVA
	定格出力電流	DC120A
トーチ部	電極	タングステン埋込み
	ノズル	内径φ2.2
	冷却方式	水冷

表2 プラズマ溶接装置の能力

項目	能力
対応板厚	Max. 4.6 mm
対応板間隙	0~2.0 mm
溶接速度	2.0秒(板厚2.0 mm時)
許容溶接角度	0(水平)~100°

4. 従来の課題と解決策の技術的な特長

本片面プラズマスポット溶接装置は、従来の課題を解決するために、以下に示すような技術的な特長を有している。

(1) 0～2mmの板間隙間に対応可能

板間隙間が大きい(例えば、0.3mm以上)の場合、プラズマアークのみで重ねスポット溶接すると溶湯が板間に流れ出し、上板の穴開きが発生しやすくなり、溶接品質の信頼性が著しく低下して、そのままでは溶接工法として使えない。(図4)

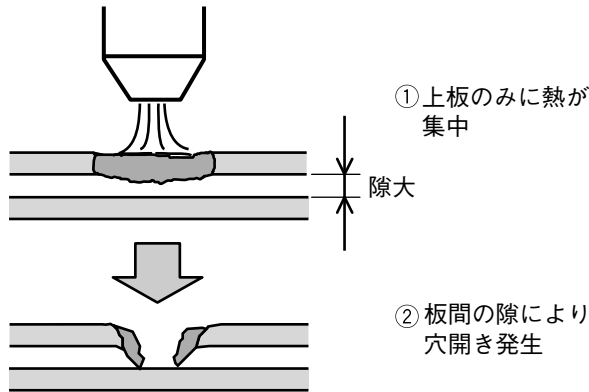


図4 上板穴開きのメカニズム (芯線供給なしの場合)

この穴開きの対応として、板間隙間へ溶湯を補てんする芯線供給方式を考案した。しかし、単に芯線を供給するだけでは、熱が芯線と上板へのみに伝わり下板への拡散が低いいため、十分な溶接強度を安定して得ることが難しいことがわかった。

そこで、まずプラズマ電流のみで上下板に穴をあけ(キーホール形成)、次に穴へ芯線を供給し、最後に電流のみで平滑化する3段通電方式により、プラズマアーク熱が芯線と上下の板へ確実に拡散するように溶接プロセスを制御している。この3段通電方式の開発により、0～2mmの板間隙間範囲に対して溶接強度の安定化を実現できるようになった。(図5)

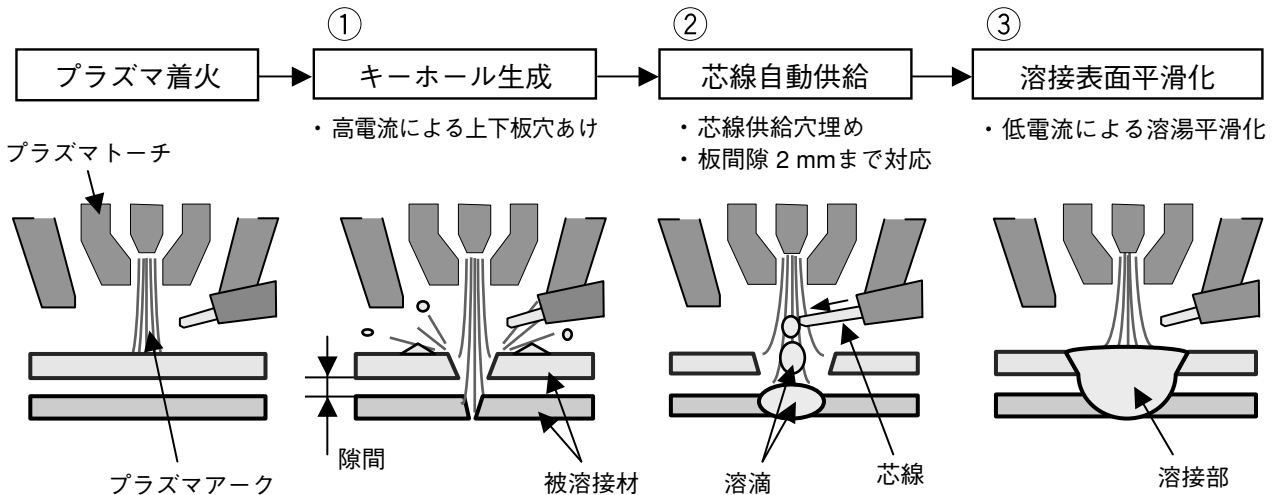


図5 溶接プロセス(3段通電方式)

なお、溶接強度(一軸せん断引張り強度)は抵抗スポット溶接と同等以上であり、疲労強度も抵抗スポット溶接と同等である。

(2) 板間隙間の自動検出が可能

本溶接装置は、穴あけ工程で同時にアーク電圧の変化から瞬時に板間隙間を検出できる機能を有し、隙間変動に応じて自動的に芯線を供給して穴埋めを行うことも可能である。この機能が付加されたことにより、生産現場での板間隙間のバラツキに対して自在に対応し、安定した溶接強度を実現できる。したがって、生産現場においてはレーザー溶接の場合のように、シビアな隙間管理の手間が不要となり、生産コスト低減を図ることが可能となる。

(3) 厚目付亜鉛メッキ鋼板に対応可能

厚目付亜鉛メッキ鋼板をプラズマ溶接する場合、亜鉛が溶湯内でガス化し、そのガス圧上昇により溶湯を吹き飛ばす現象(爆飛現象)が発生し、上板の溶湯の一部に切れが発生する。高速度ビデオで撮影した爆飛現象を図6に示す。

つまり、亜鉛メッキ鋼板のような母材の融点より沸点が低い物質で表面がコーティングされている場合には、極めて高い温度を持った溶融金属が低沸点のコーティング材に接触すると、そのコーティング材が瞬時に蒸発し、そのときの爆発的な体積膨張によって溶融プールの溶融金属の一部を吹き飛ばしてしまうことがある。この爆飛現象は確率的な現象であり、いつ発生するかの予測が極めて困難であるため、従来はこの現象を抑制したり、コントロールすることが不可能であった。

高速度ビデオ観察による爆飛現象の発生メカニズムの解明を進める一方で、対策のためのアイデア確認を試行錯誤的に繰り返してきた結果、シールドガスに酸素を添加することにより、溶湯温度を高め、溶湯粘性を低下させて亜鉛ガスの気泡を微細化し、ガス抜け性を向上させる効果があることを発見した。(図7)

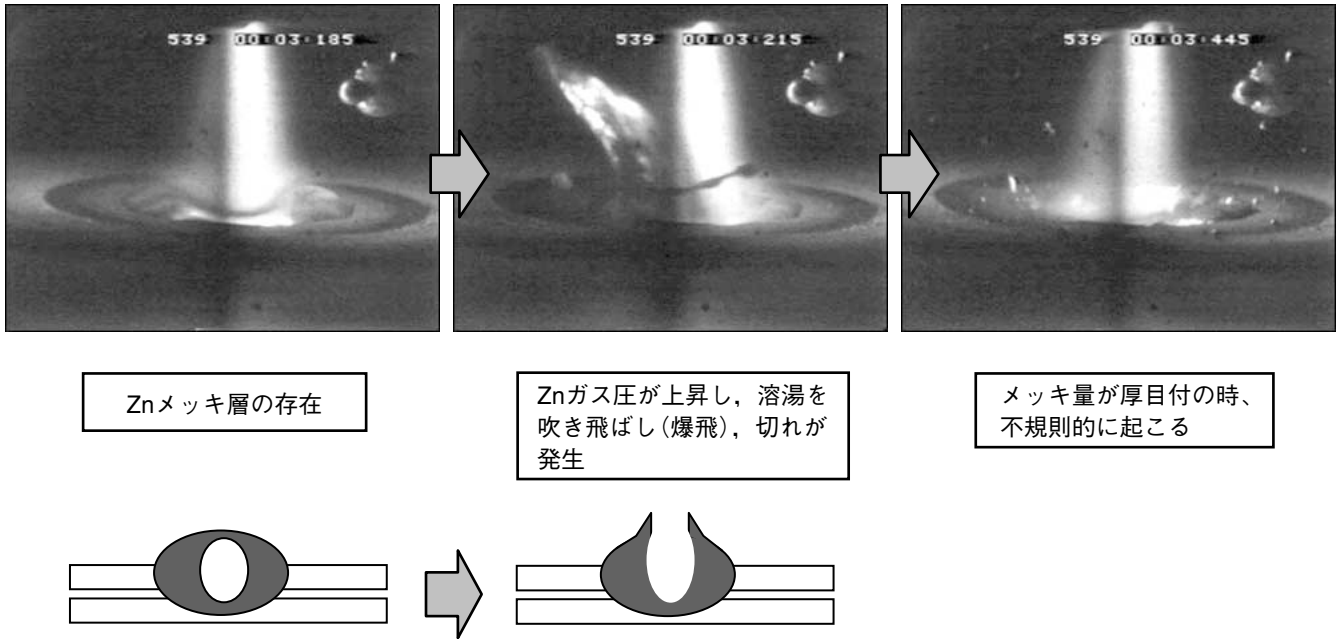


図6 爆飛の発生メカニズム(高速度ビデオによる挙動観察)

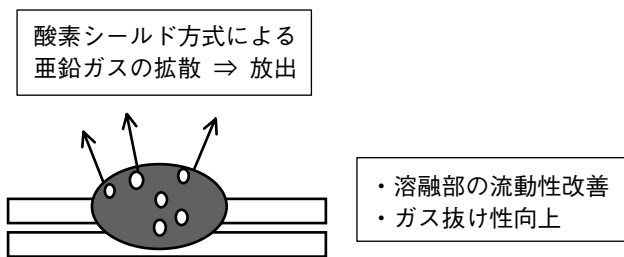


図7 酸素シールド方式による亜鉛ガスの放出

この技術によって爆飛の発生率をほぼ0%にまで抑制することが可能となり、溶接品質の信頼性を飛躍的に向上させることが可能となった。

また従来は、溶接回数を重ねて行くと、上板の金属板をプラズマアークによって穴をあける時に飛散して来るスパッタ液滴がプラズマトーチ先端部に堆積し、電氣的に絶縁させている箇所を短絡させてしまうなどのプラズマアーク不良を引き起こし、これに起因して溶接不良が起りやすいという課題があり、これが実用化の大きな壁となっていた。

この課題解決のために、スパッタ付着ができる限り少なくなるようにトーチ先端形状の工夫や電氣的な絶縁強化策を織り込んでいる。更に、スパッタ除去装置やスパッタ除去の効率を上げるための工夫としてトーチ先端部のキャップを開閉する機構を内蔵したトーチ加圧Assyを開発した。実際のエスティマ量産ラインでも定期的なスパッタ除去のメンテナンスを自動的に実施している。

これらの工夫により、エスティマ量産ラインの稼働率の向上や溶接品質の信頼性確保の点で大きな効果を上げることができた。

(4) 消耗部品の長寿命化の実現

プラズマに使用されている電極は溶接回数が増えると共に消耗が進み、プラズマアーク特性が次第に不安定となり、このために初期の溶接品質を維持できなくなるという特性がある。つまり、定期的に消耗部品を交換する必要がある。これがプラズマの大きな欠点と言われてきた。いわゆる経時変化の問題である。

通常のプラズマ溶接の電極では、融点が極めて高いタングステンが使用され、これを熱伝導性が高い銅に埋め込んで、更に消耗を最小限に抑えるため、特殊な水冷方式を採用している。

しかし、それだけでは100回程度で電極が消耗して溶接品質の経時変化が発生してしまい、自動車ボデーの溶接ラインのようにロボットに搭載した無人溶接システムの中に組み込んで使用することはできないレベルであった。

この課題に対しては、電極とノズル形状を最適化することによって電極消耗が少ない技術を確認すると同時に、ある程度まで電極消耗が進んでも安定したプラズマアークを維持し、溶接品質の経時変化が発生しにくいトーチ構造と溶接プロセスの開発に成功した。これらの技術によって、従来に比べて数十倍の部品の長寿命化と溶接品質の安定性・信頼性を実現し、ロボット搭載による自動溶接が可能となった。

エスティマボデーラインでの消耗部品の交換頻度の実績値は、約5,000～8,000打点(1日に1回)である。

(5) 溶接品質の高信頼性の実現

更に、以下に示すような各種異常検出機能を搭載しており、溶接不良の発生を防止でき、溶接品質の信頼性を確保することが可能である。

- ① アーク発生異常検出+自動リトライ機能
- ② リーク検出機能
- ③ Wアーク(シリーズアーク)検出機能
- ④ 爆飛検出機能
- ⑤ 芯線(フィラーワイヤ)詰まり検出機能

上記の異常検出機能は、エスティマボデーの生産ラインでも導入され、ライン稼働率の向上や溶接品質の信頼性確保などの効果をあげている。

しかし、これらの異常検出機能は、あくまでも溶接不良の連続発生を防止するための保険であり、上記(3)項で述べたスパッタ付着防止のためのトーチ構造上の工夫やスパッタ除去装置による定期的なメンテナンスなどのハード的な対策が、信頼性を確保するための基本であることは言うまでも無い。

5. エスティマボデーへの適用状況

(1) 開発のねらい

閉断面構造部位において、スポット溶接では、ガン挿入のための作業穴を設け、溶接後にカバーの取り付けが必要となる。そこで、片面溶接工法によりスポット溶接のための制約条件を排除し、部品コスト、作業工数の低減が図られた。(図8)

更に、エスティマボデーは、クラッシュブルゾーンが短いためフロントサイドメンバー構造の剛性アップが要求され、図9に示すように、コンパクト化と剛性アップの両立性が図られた。

(2) 片面溶接工法の選定

片面溶接にはいくつかの方法があるが、その代表的な方法とそれぞれの性能を表3に示す。アーク(MAG)溶接は隅肉溶接に限定されたり、熱ひずみ大きいという課題が

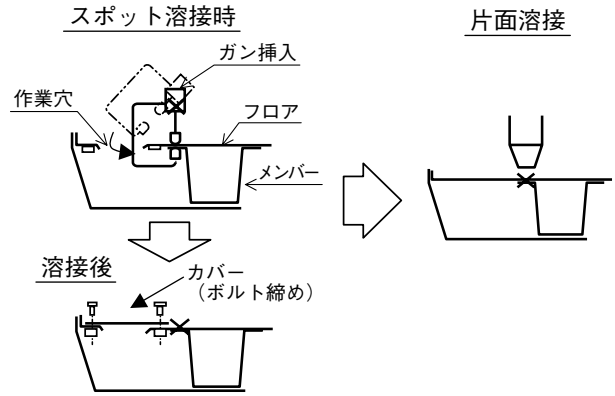


図8 閉断面構造部位の溶接

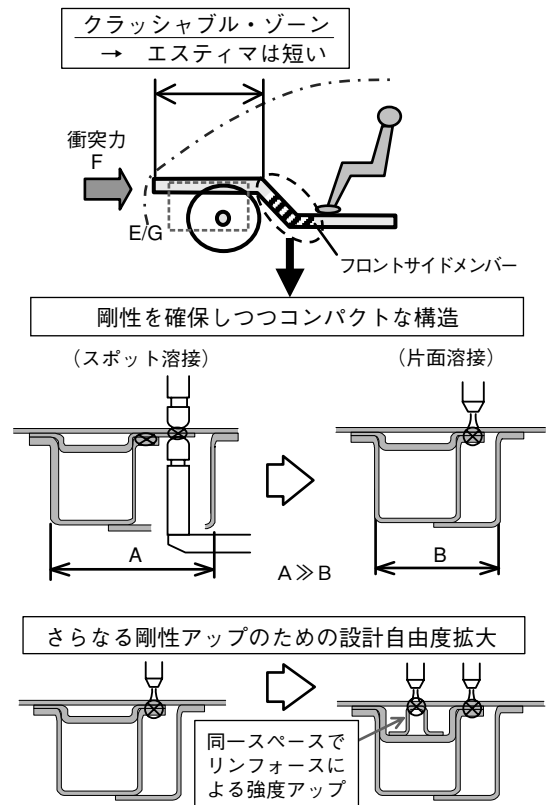


図9 コンパクト化と剛性アップを両立した断面構造

表3 片面溶接工法の性能比較

No.	評価項目	プラズマ	アーク(MAG)	YAGレーザー	
1	性能	片面溶接性	◎：重ね合わせ部位	△：隅肉溶接に限定	◎：重ね合わせ部位
2		適用可能板間隙	◎：0~2.0 mm	△：0~1.0 mm	×：0.2 mm以下
3		適用可能総板厚	◎：1.4~4.6 mm	◎：1.6 mm~	△：1.4~3.0 mm
4		ひずみ	○：ひずみ小	△：熱ひずみあり	◎：ひずみ極小
5		溶着性	◎：非接触のため無	△：接触式のため有	◎：非接触のため無
6		溶接強度：JIS A級	◎	◎	◎
7		生産性(溶接時間)	△：1.5~3.5秒/点	△：1.5~3.5秒/点	△：1.0~2.5秒/点
8	コスト	装置価格(指数)	△：3.2	○：1	×：13.6~22.7
9		ランニングコスト(指数)	△：1.9	○：1	△：3.7

ある。また、最近導入が進みつつあるYAGレーザは非常に高価であり、また生産現場で非常にシビアな板間隙間の管理が必要といった課題を抱えている。

エスティマでの溶接工法の選定に当っては、対象板組が、①重ね合わせ部位、②薄板から厚板まで対象、③板間隙間への対応が必要であることとコストから、プラズマスポット溶接が採用された。

(3) エスティマ適用状況

エスティマでのプラズマスポット溶接は、最小板組 0.65mm × 0.7mm から最大板組 2.3mm × 2.3mm までの15種類、合計で68点の溶接を行っており、ハイテン材にも適用されている。

そのプラズマ溶接部位と閉断面構造を図10に、プラズマ溶接状況を図11に示す。

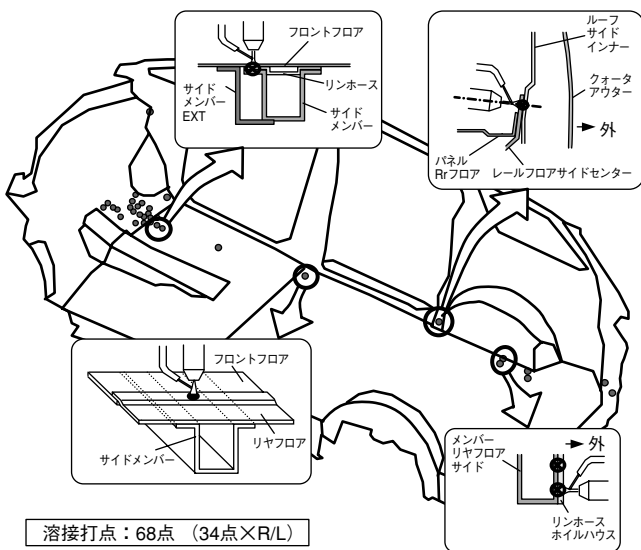


図10 プラズマ溶接打点部位と閉断面構造

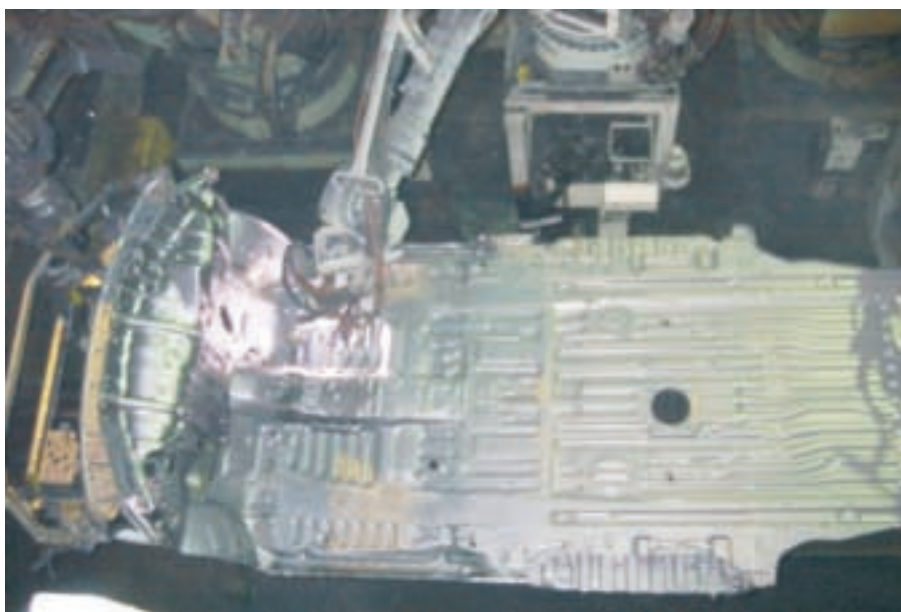


図11 プラズマ溶接状況

(4) 片面溶接化のメリット

プラズマスポット溶接による片面溶接化のメリットを図12に示す。設計の自由度向上、溶接性の向上、新材料(ハイテン材)への対応などの狙いに対して、軽量化、部品点数の低減、コンパクト化、打点数の低減、溶接設備の汎用化、溶接時間の短縮などのメリットが期待できる。現時点での適用実績は主にアンダーボデー関係であるが、今後は次第に適用範囲が拡大して行くものと期待している。

(5) 導入の効果

抵抗スポット溶接では困難な閉断面構造部位に片面プラズマスポット溶接を適用することにより、部品点数の削減(▲16部品)、メンバ構造簡素化による軽量化(▲3kg)を実現し、トータルの製品コスト低減の効果を上げることができた。(図13)

6. おわりに

今回、片面プラズマスポット溶接システムを開発し、片面溶接を前提とした閉断面構造が可能となったことにより、エスティマで次のような効果をあげることができた。

- ① 部品点数の削減、構造簡素化による軽量化を実現し、製品コストの低減に貢献することができた。
- ② 芯線供給方式により、板間の隙間があっても安定した溶接品質の確保を可能とすることができた。
- ③ 厚目付亜鉛メッキ鋼板での爆飛対策として、シールドガスをAr-50%O₂にすることにより安定した溶接品質を確保できた。
- ④ エスティマの導入実績により、本片面プラズマスポット溶接システムが信頼性の要求が厳しい自動車ボデーの量産ラインの稼動においても十分な性能と信頼性を有することを実証できた。

ねらい	部位	従 来	プラズマ溶接	メリット					
				軽量化	部品数 低減	コンパ クト化	打点数 低減	装置の 汎用化	溶接時 間短縮
設計の 自由度 向上	アンダー 関係	<p>板厚比大への対応 ①リンホース×サイドメンバーを溶接 ②フロントフロア×リンホースを溶接</p>	<p>1工程にて3枚同時に溶接 リンホースのフランジ長さ短縮</p>	○			○		
		<p>サイドメンバー-EXTにガン挿入用の作業孔が必要</p>	<p>1工程にて3枚同時に溶接 作業孔の排除 コンパクト化が可能 (フランジ長さ短縮と複合)</p>	○	○	○			
		<p>スポット溶接するためには、外向きのフランジが必要</p>	<p>フランジの制約無し (パイプ構造でも可能)</p>	○	○	○	○		
アッパ 関係	アンダー 関係	<p>B/Oオープニング ガン挿入用の作業孔が必要</p>	<p>作業孔の排除 部品の板厚低減 (軽量化)が可能</p>	○	○	○			
		<p>メンバー上部は、ガンでは打てない 打点数増 ※他にフロントフロア×リヤフロアもあり</p>	<p>片面溶接にて適正打点 ピッチ化(強度確保)が可能 打点数低減</p>					○	
溶接 性の 向上	アンダー 関係	<p>ボディのセンター付近を打つには、専用の大型ガンを①外側から振込み②ガン加圧することが必要 ガン移動時間大</p>	<p>溶接装置の汎用化と高速化が可能</p>					○	○
		<p>ワーク位置決め用の受けがあるため次打点への移動に①ガンを抜く②横へ移動③ガン挿入の余分な行為が必要 ガン移動時間大</p>	<p>打点間の移動のみでOK 高速化が可能</p>						○
新材料への 対応	アンダー 関係	<p>高張力鋼板の場合ナゲット中央に添加物が析出 ナゲット割れが発生</p>	<p>3段通電方式により鋼板の材質に関係なく溶接が可能</p>	○		○			

図12 プラズマ溶接による片面溶接化のメリット

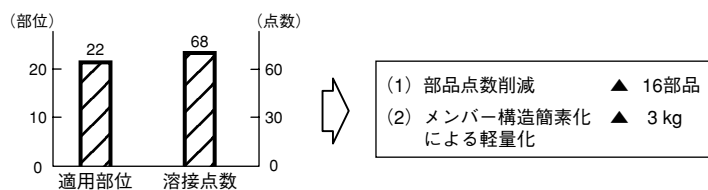


図13 エスティマ閉断面適用部位数, 溶接点数と効果

トヨタ車体(株)では次期のモデルチェンジ車種においても片面プラズマスポット溶接の採用が決定しており、徐々に片面溶接工法としての認知と普及が進んで行く見込みである。

なお、本技術については、2000年10月にコマツエンジニアリングに事業移管を行い、まずは国内自動車メーカーを中心に販売活動を開始している。数社からの受注も決まり、水平展開も軌道に乗りつつある。

今後はコマツエンジニアリングと協力して国内自動車メーカーへの販売促進活動・事業立上げ支援と並行して、溶接時間の高速化、多数枚重ねなどの課題解決に取り組み、更なる商品力強化を図って行きたい。

筆者紹介



Yoshitaka Niigaki
にい がき よし たか
新垣 淑隆 1982年、コマツ入社。
現在、研究本部企画室所属。



Toshiya Shintani
しん たに とし や
新谷 俊哉 1984年、コマツ入社。
現在、研究本部中央研究所熱・流体研究部所属。



Yousuke Imai
いま い よう すけ
今井 陽介 1993年、コマツ入社。
現在、研究本部中央研究所基礎技術研究部所属。



Iwao Kurokawa
くろ かわ いわお
黒川 巖 1970年、コマツ入社。
現在、コマツエンジニアリング(株)粟津事業所所属。



Tooru Shiina
しい な とおる
椎名 徹 1992年、コマツ入社。
現在、開発本部建機第二開発センタ所属。

【筆者からひと言】

一番の思い出は、新型エスティマのラインオフ直後の2000年1月上旬にトラブルが頻発し、呼び出されてキツイお叱りを受けたときのことである。「コマツさん、今の状況じゃ部品が直ぐなくなっちゃうよ。もし部品供給がストップすれば、生産ラインが止まってしまおう。早急に手を打って欲しないと困るよ」とのことだった。

その場に対応策と日程を決め、トラブルが沈静化するまでの当分の間、技術者2名(昼勤・夜勤各1名)が常駐することを約束して帰路についた。

その後の数週間、チーム員が一丸となって必死に対応した結果、1月末までにはトラブルを沈静化させ、生産ラインが安定稼動する状況にまで改善することができた。

そんなある日、お叱りを受けた方から、「やあ、来てくれていたのか。お陰で最近は順調に稼動しているよ。色々ありがとう」と嬉しいひと言。

将に、技術者冥利と、この技術を開発してよかったと実感できた瞬間だった。信頼関係をベースにしたお互いの知恵と協力で大きな課題を乗り越えることができたこと、そして、お客さんがそのことを認めてくれたことを大変嬉しく思う。技術者として、あの感激を味わえたことは私自身の大きな財産だと思っている。

しかし、トヨタ車体(株)の多大なるご協力と実用化への執念・強い思いがなければ、この片面プラズマスポット溶接の実用化は実現できなかったと思う。これまでのご協力に対して心から感謝申し上げます。

また、プラズマ加工技術の研究・開発は約15年前に研究本部で始まり、これまでに多くの先輩・同僚の知恵と努力が注ぎ込まれてきており、それらが結集された結果、プラズマスポット溶接の実用化が達成できたと考えている。

最後に、今までにない新しい溶接工法を世の中に提示できたこと、そして世の中に認知され生産に寄与していることを誇りに思う。