



アルミニウムのプラズマミグ溶接システムの開発

小野 貢平*, 劉 忠杰*, 恵良 哲生*, 上園 敏郎*,
上山 智之*, 田中 学**, 中田 一博**

Development of Plasma MIG Welding System for Aluminium

Kohei Ono*, Zhongjie Liu*, Tesuo Era*, Toshiro Uezono*,
Tomoyuki Ueyama*, Manabu Tanaka** and Kazuhiro Nakata**

The new coaxial plasma MIG welding system is developed on the purposes of improvement of weld bead, reduction of spatter and fume generation. Welding power sources of MIG and plasma, wire feeding equipment and coaxial plasma MIG welding torch are described in detail. The metal transfer of plasma MIG welding in aluminium is observed and compared with that of pulsed MIG welding. Although one droplet per pulse is obtained by both processes, plasma MIG welding shows more smooth metal transfer than pulsed MIG welding. The result shows that spatter and fume generation are drastically reduced and, clean and good weld bead appearance is obtained by the new system.

Key words: Plasma, GMA, Plasma MIG welding, Aluminium, Spattering, Metal transfer

1. はじめに

自動車をはじめとする輸送機器や橋梁などの薄板部材から厚板構造物まで、溶接構造物の疲労強度向上を目指したビード止端部形状の制御に対する取り組みが種々行われている^{1,2)}。

同時に溶接施工現場においては、環境負荷へ配慮する目的からアーク溶接現場における低ヒューム・低スパッタ化に対するニーズがより一層強まっている。

このような背景の下、著者らはプラズマミグ溶接法に着目し、その実用化に関する検討を進めて

きた。プラズマミグ溶接法の発想は古く、約30年以上前に提案された技術³⁾であるが、現在のところその実用化・普及が実現されるまでには至っていない。

本報告では、著者らが実用化を目指して開発を進めてきた新しいプラズマミグ溶接システムについて、その特徴ならびに溶接性能などについて報告する。

2. プラズマミグ溶接システムの構成

Fig. 1 および Fig. 2 は、それぞれ新しく開発したプラズマミグ溶接システムの構成及びその開発システムを搭載したプラズマミグ溶接ロボットシステムの外観を示したものである。本システムは、プラズマミグ溶接専用トーチ、ミグ用溶接電源、プラズマ用溶接電源ならびに AC サーボモータ駆動によるミグ溶接用ワイヤ送給ユニットから構成される。溶接トーチのコンタクトチップ（ミ

* 株式会社ダイヘン溶接メカトロカンパニー
Welding and Mechatronics Company, Daihen Corporation

** 大阪大学接合科学研究所
Joining and Welding Research Institute, Osaka University

原稿受付：2008年7月30日

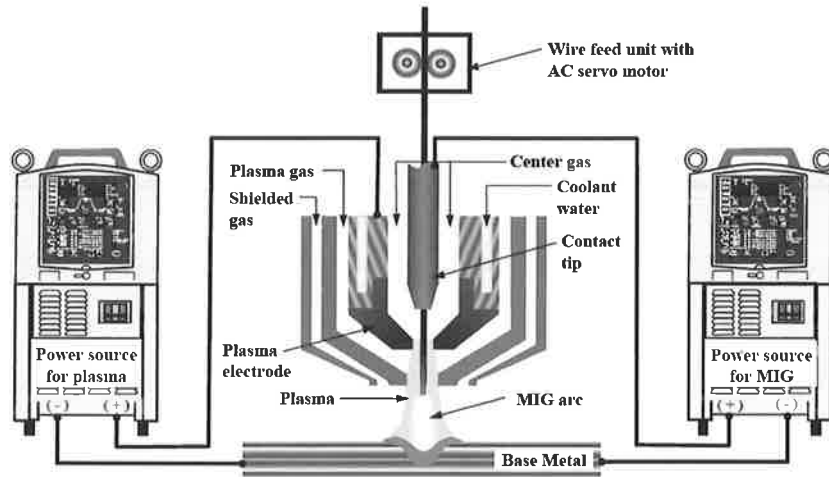


Fig. 1 Constitution of plasma MIG welding system

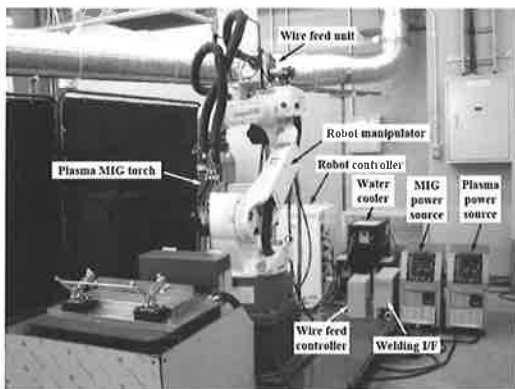


Fig. 2 General appearance of plasma MIG welding robot system

グ側)とプラズマ電極(プラズマ側)はいずれも溶接電源のプラス極に、母材はマイナス極に接続される。

2.1 溶接トーチ

溶接トーチには水冷方式を採用し、ミグ側は250 A/60%、プラズマ側は250 A/60%の定格電流/定格使用率とした。

溶接トーチの内部は、トーチ中心に配備されたコンタクトチップを介してミグ溶接ワイヤを送給し、ミグ溶接ワイヤと母材との間に発生させたアークが、コンタクトチップの直下に配備されたリング状の水冷銅電極(プラズマ電極)に設けた小

径穴を通過する構造とした。トーチに供給するガスは、ミグ溶接用のセンターガスであるAr、プラズマ用のプラズマガスであるAr及びシールドガスであるArあるいはAr+He混合ガスからなる3重構造となっている。

2.2 溶接電源

溶接電源には、ミグ溶接用およびプラズマ用ともにデジタルインバータ制御式パルス溶接電源を用い、ミグ溶接用電源にはパルス外部特性制御によるアーク長フィードバック制御を採用して、パルスピーク電流、パルス幅及びベース電流を任意に設定することができるようにした。プラズマ電源は定電流特性とし、パルスピーク電流、パルス幅、ベース電流およびパルス幅のデューティ比及びパルス周波数を任意に設定できるようにした。さらに溶接インターフェースを設け、ミグ溶接電源とプラズマ電源のパルス電流波形に対する位相制御も可能となるようにした。

2.3 ワイヤ送給装置

ワイヤ送給装置には、ACサーボモータを搭載したプッシュ式サーボフィードを用いワイヤ送給速度は最大30 m/minが得られるようにした。プラズマミグの起動には、まず正転送給でワイヤを母材に接触させ、通電を開始した後に逆転送給に切替えてワイヤを後退(Retract, リトラクト)させてアークを発生させる。そしてアークの起点

であるワイヤの先端部がプラズマ電極近傍まで後退した時点でプラズマアークを発生させると同時に、ワイヤを再び正転に戻して所定の送給速度でワイヤを供給することによってミグアークとプラズマを同時に発生させる。すなわちプラズマミグの起動には、リトラクトスタート制御法⁴⁾(RS制御法)とプラズマ発生法を併用した方式を採用している。

3. プラズマミグ溶接システムによる溶接性能

3.1 アーク現象

Fig. 3(A)に一般的なパルスミグ溶接における溶接電流・電圧波形および高速度ビデオ撮影によって得られた特徴的な画像の一例を示す。またFig. 3(B)に、プラズマミグ溶接の場合の一例を示す。ワイヤ送給速度は、両者ともに7.5 m/min一定とした。なおパルスミグアークの平均電流は、パルスミグ溶接の場合で140 A (但し、コンタクトチップ/母材間距離: 15 mm), プラズマミグ溶接の場合で75 A (但し、コンタクトチップ/母材間距離: 30 mm, プラズマ電流: 100 A)である。

パルスミグ溶接では、ベース電流期間及びピーク電流期間ともにアークフレーム外縁が明瞭であり、ワイヤ先端の溶滴をフリーフライトで移行させるためのベース電圧及びピーク電圧ともプラズマミグよりも5~7V程度高い。また、Fig. 3(A)中のフレームCに示すように、パルスピーク電流期間中に溶滴が過熱されたと考えられ、溶滴がワイヤから離脱する前後において爆発する状況がパルスピーク電流期間中で頻繁に観察された。

一方プラズマミグ溶接では、プラズマ電極から供給されるプラズマが比較的明瞭に観察され、パルスピーク期間中またベース電流期間からピーク電流期間へのアークフレームの変化もスムーズで、プラズマがミグアークの電離ガスとして巧く機能している様子がうかがえる。ピーク電流期間におけるアークフレームも外縁が拡散した様相を呈しており、金属蒸気の発生は比較的少ないものと推察される。移行する溶滴の離脱もスムーズであり、パルスミグ単独で頻繁に観察されたようなワイヤ先端から溶滴が離脱する前後の爆発現象も生じていない。

本プロセスは、パルスミグ溶接に比べてスパッタやヒュームの発生が極めて少ない、高能率かつ

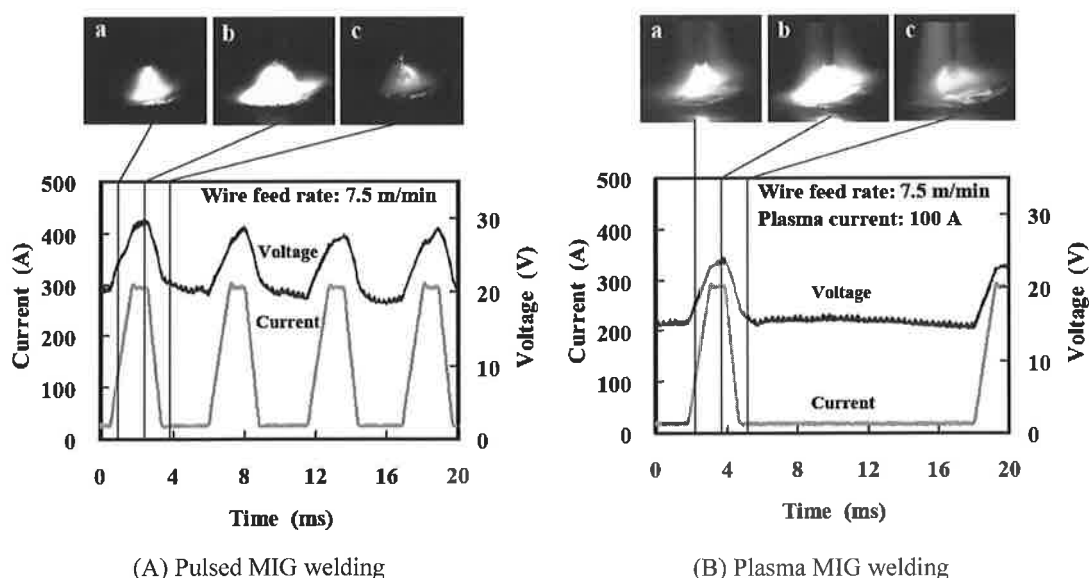


Fig. 3 Comparison of arc phenomena

クリーンなアーク溶接プロセス実現の可能性を有するものであると考えられる。

3.2 ワイヤ溶融特性

Fig. 4はワイヤ径1.2 mmのAl-Mg合金(A5183)ワイヤを用い、ワイヤ送給速度を7.5 m/分一定とした場合のプラズマ電流とミグ電流の関係を示したものである。一般的なパルスミグ溶接、すなわちプラズマ電流0でのミグ電流は120 Aであったが、プラズマミグ溶接の場合はプラズマ電流の通電によってミグ電流が減少し、プラズマ電流25 Aでミグ電流が80 Aとなった。アルミニウム合金ワイヤの場合には、プラズマによるワイヤの加熱がワイヤ溶融速度の増加に寄与していると考えられる。しかしプラズマ電流を50 A以上に増加させても、それにとまらぬミグ電流の減少は少なく、ワイヤ溶融速度に及ぼすプラズマ電流値の影響は少ないと思われる。

3.3 アルミニウム溶接におけるビード形成

Fig. 5は板厚4 mmのAl-Mg合金(A5052)を母材とし、ワイヤ径1.2 mmのAl-Mg合金(A5183)ワイヤを送給速度7.5 m/分で供給して、溶接速度50 cm/分でビード溶接した場合の溶け

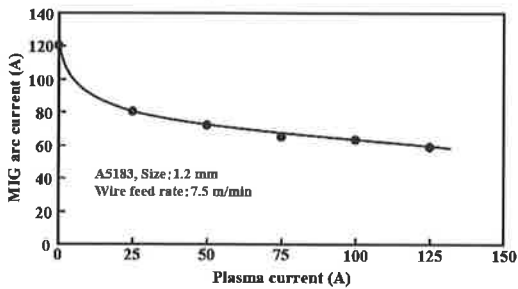
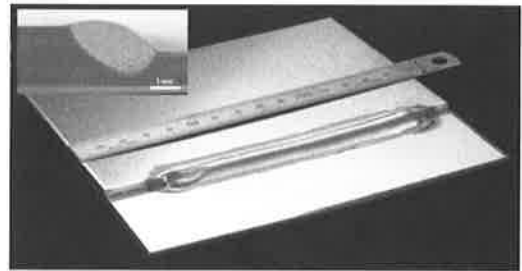


Fig. 4 Effect of plasma current on MIG arc current under constant wire feed rate

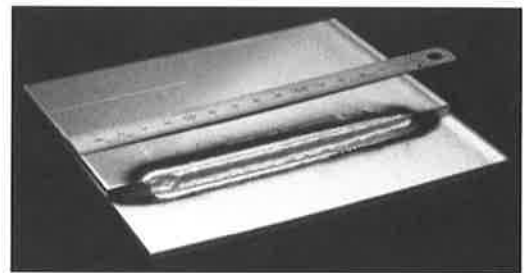
込み形状とプラズマ電流の関係を示したものである。

プラズマ電流値が50 A以下の場合には母材への溶込みが浅く凸ビードとなったが、75 A以上になるとプラズマによる溶融池の加熱が有効に作用し、ビード幅、溶込み深さともに増加し、フラットな余盛り形状が得られた。

Fig. 6はプラズマミグ溶接とパルスミグ溶接による重ね隅肉溶接結果の比較を示したものである。パルスミグ溶接では、クリーニング領域外縁部周辺にMg酸化物と考えられる黒いスマット⁹⁾が形成されている。これに対して、プラズマミグ溶接では、プラズマ電流値にかかわらずスマットの発生が少なくきわめて美しいビード外観が得られている。このことは、プラズマによって加熱さ



(A) Plasma MIG welding



(B) Pulsed MIG welding

Fig. 6 Lap fillet welding result

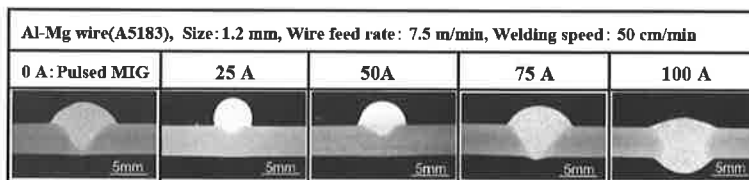


Fig. 5 Effect of plasma current on penetration shape

れたワイヤ先端部の溶滴が比較的低いエネルギーでワイヤ端から離脱し、比較的低温の溶滴が溶融池へ移行するため、アークフレーム中を移行する溶滴から発生するMgの蒸気が抑制されるためであろうと考えられる。

プラズマミグ溶接で得られるビード外観は、ティグ溶接やプラズマ溶接で得られるものと同様に美しい外観を呈し、オートバイフレームの溶接⁶⁾など溶接部の外観を重視する部位に好適な溶接方法であると言える。

4. おわりに

アルミニウム溶接ビード形状の改善やヒューム・スパッタの低減を目的として、ミグとプラズマを同軸で発生させるプラズマミグ溶接法に着目し、その溶接システム開発した。プラズマによるワイヤ突出し部および溶融池への予熱効果などにより、溶滴移行がスムーズで安定したアーク状態が得られた。その結果、低ヒューム・低スパッタのクリーンアーク溶接法の実現および溶接ビード形状の改善が可能となった。今後、溶接部の品質・性能向上、あるいは溶接施工現場における環境負荷低減に配慮する観点から、本開発システムの適用拡大・実用化の推進が強く期待される。

参 考 文 献

- 1) 松下, 片岡, 池田, 小野, 安田: プラズマ・アークハイブリッド溶接技術の開発, 溶接学会講演概要集 第80集, p. 12-14
- 2) 安田, 鷹羽, 森下, 永木, 有持, 大西, 誉田: 耐疲労鋼による鋼床板橋梁の疲労強度改善, 溶接学会講演概要集 第80集, p. 98-101
- 3) Essers W G: Welding journal, Vol. 55 (1976) No. 5, p. 394-400
- 4) 西坂, 上園, 上山: GMA 溶接におけるリフトスタート法の開発, 溶接学会講演概要集 第70集, p. 30-31
- 5) 施工法委員会: アルミニウム合金のMIG溶接時に発生するスマットの研究, 軽金属溶接, Vol. 36 (1998) No. 9, p. 440-448
- 6) 橘内, 小池, 山縣: 二輪車用アルミニウムフレームにおける最近の溶接技術, Vol. 44 (2006) No. 12 p. 537-546

執筆者の紹介



小野 貢平



劉 忠杰



恵良 哲生



上園 敏郎



上山 智之



田中 学



中田 一博