

平成 26 年度 公益財団法人 溶接接合工学振興会 第 25 回セミナー

～ 溶接接合技術革新を支援する関連メディアの最前線～

日時； 平成 26 年 10 月 21 日(火) 13:00~19:30

場所； 日本精工(株)3 階ホール

主催； 公益財団法人 溶接接合工学振興会

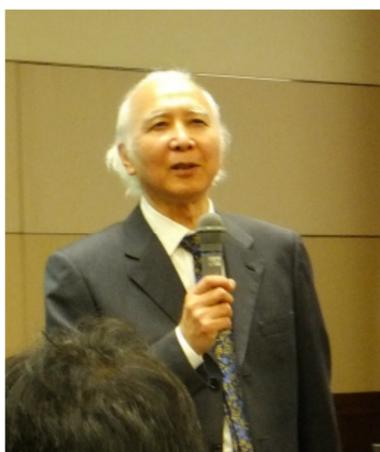
共催； 公益財団法人 国民工業振興会

後援； 一般社団法人溶接学会、一般社団法人日本溶接協会、  
公益社団法人日本技術士会

開会挨拶  
司会

東京大学 名誉教授  
大阪大学接合科学研究所

野本敏治氏  
田中 学氏



野本敏治氏 東大名誉教授



田中学氏 大阪大学教授

講演

1.主旨説明

(株)ダイヘン

上山智之氏

アーク溶接は、被覆アーク溶接棒の技術と大気から溶融金属を保護するシールド技術がそろって初めて実用化を迎えることができた。溶接アークの制御は、直接的には、溶接機器による電流・電圧波形制御やワイヤ送給制御によることが多く、パワーエレクトロニクス技術、メカトロニクス技術、デジタル制御技術が進歩し、スパッター発生防止や溶け込み形状改善、入熱制御に基づく溶接変形の抑制等の各種課題が克服されつつある。

溶接ワイヤ、フラックスなど溶接材料、シールドガスも溶接機器の進化に歩調を合わせて各種の開発製品が提案されており、溶接割れの防止、溶接部の強度改善をはじめ、各種の課題が解決されている。



このような背景のもとで、本セミナーでは、溶接ワイヤ、フラックス及びシールドガスなど関連メディアの技術開発動向に焦点を当て、最前線技術を紹介戴き、溶接機器、溶接ワイヤ・フラックス、及びシールドガスの三位一体の情報交換により、国際競争力のある「ものづくり」技術にいかに関与できるかを考えるヒントになることを期待したい。

## 2.溶接機器の最前線

(株)ダイヘン

恵良哲生氏

溶接の高能率化に対する課題は、高速溶接化と低スパッター化であり、ワイヤ送給速度一定で、定電圧特性溶接電源を用いる制御技術は、溶接機器のデジタルインバーター制御によりほぼ究極の性能レベルに達している。講演では、炭酸ガス溶接でのグロービュール移行の電流域の低スパッター化について説明された。



炭酸ガスシールド溶接の大電流溶接では、神戸製鋼によりパルス電流波形を用いて、規則的な溶滴移行性を実現する低スパッター炭酸ガスアーク溶接法(REGARC 溶接法)が開発されており、鉄骨ロボットシステム等に活用されている。

今回、低電流域でもスパッタ発生が少ない「シンクロフィード GMA 溶接システム」を開発した。本溶接法では、溶接ワイヤの送給速度を制御し、ワイヤ先端の前進・後退を繰り返すことで、スパッタの少ない溶接が可能で、その機構としてはプッシュモーターとブルモーターの2モータシステムを利用し、S字ワイヤバッファにより経路情報をデジタル化して、短絡とアーク周期 100Hz を実現しており、炭酸ガスシールドで深い溶け込みが得られる電流波形制御を開発した。本溶接法では 1.2mm 径の溶接ワイヤを用いて、50A から 300A の電流においてもスパッターの少ない溶接が可能である。

## 3.シールドガスによる深溶け込み溶接技術の最前線(AA-TIG & CA-TIG)

大阪大学接合科学研究所

藤井英俊氏

TIG 溶接の溶け込み深さを増大させる手段として鋼材面に酸化物の塗布する A-TIG 現象が知られているが、酸化物の種類、塗布量の影響について検討した結果、溶融池の酸素量が 70~300PPM の場合に、溶融池内で下向きの対流が発生し、溶融池の溶け込み深さが増大し、D/W (溶け込み深さ/溶け込み幅) が 1.5 倍から 2 倍に増加することを明らかにした。酸化物の種類は  $\text{Cu}_2\text{O}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  のいずれの酸化物でも同様の結果が得られている。



溶融池の酸素量を制御する手段として、Ar シールドガス中に酸素を 0.3~0.5% 添加することにより溶け込み深さが数倍になる AA-TIG(Advanced-TIG)を開発した。シールドガス中への酸素添加による W 電極の消耗を防止するために、二重シールド方式を開発し、内部に Ar ガス、外部に Ar- $\text{O}_2$  ガスを流すことで電極の消耗を Ar シールド溶

接と同程度におさえている。

さらに、大気を利用した高効率溶接法として、通常の TIG トーチに簡単な溶接用キャップを付けることで、AA-TIG を実現できる CAPA-TIG 法を開発した。本溶接法では、シールドガスの流量により、溶融地内の酸素濃度を制御することができ、シールドガス流量 4 ~ 9l/min の範囲で溶け込み深さが増大した。本法では、母材と同程度の引張強度を有する溶接部が得られ、電極の顕著な消耗は認められなかった。

#### 4.ダブルシールドノズルを用いたエコ MAG 溶接プロセスの最前線

岩谷産業(株) 石井正信氏

メインシールドガスに炭酸ガスを使用し、少量のアルゴンガスとのダブルシールド方式による「ダブルシールド MAG 溶接工法」の開発を目指し、20% Ar - 80% CO<sub>2</sub> シールドとフルデジタル式パルス波形制御電源を組み合わせ、低電流域から大電流域まで良好なスプレー移行が得られた。

本開発溶接法の特徴であるダブルシールドノズルでは、内部ノズルから Ar ガスを流し、外部ノズルから炭酸ガスを供給する 2 系統のガス供給となっている。小型設計によるカーボンノズルの耐久性が課題である。

本方式の特徴は、次の通りである。

- 1)高価なアルゴンガスの使用量を大幅削減できた。
- 2)隅肉溶接、狭開先溶接の適用を可能とし、コンパクト設計、ウイーピングによる高効率溶接が可能となった。
- 3)最適パルス波形制御による実用電流域(150~350A)での超低スパッター化が可能となった。



#### 5.アルミ FCW による異材接合技術の最前線

ナイス(株) 大西武志氏

アルミニウム合金を汎用ミグ溶接機を用いて健全な溶接を行う目的で、専用の溶接材料の開発を行い、アルミニウム合金を市販のアルミニウム用レーザー溶接機やミグ、CMT (フローニクス社) 溶接機を使用して溶接できるフラックス入りワイヤの開発に成功した。

従来の溶接材料では、1)安定した溶接作業性が得られない、2)接合界面に脆弱な金属間化合物を多量に生成し溶接割れを発生する事例が多い、(3)剥離強度が低い等の問題点があった。

これらの問題点を解決するために、2 種類の溶接材料、レーザー溶接用フラックス入りワイヤおよびミグ、CMT ブレーズ溶接用フラックス入りワイヤを開発した。

レーザーブレーズ溶接、ミグ、CMT ブレーズ溶接では、アルミニウム合金材のみを溶融し、鋼板は溶融しない溶接法により、健全な溶接部が得られた。金属間化合物の生成が抑制さ



れて剥離強度が向上し、継手性能も良好で、接触腐食が発生しない溶接部が得られた。これらの成果は、自動車、バイク、鉄道車輛、船舶等への適用が期待できる。

## 6.同軸複層ワイヤによる純アルゴンミグ溶接安定化技術の最前線

(独法)物質・材料研究機構 中村照美氏

純アルゴンシールドガスを用いたミグ溶接では、溶接金属中の酸素量を低く抑えることが可能で清浄な溶接金属が得られるが、溶接時に長く伸びた溶融金属の液柱を生じ、不規則な短絡の発生し、溶接の不安定要因となっている。

これらの問題点の解決のために、芯線とフープの組成が異なる二重構造の溶接ワイヤを開発し、ワイヤの溶融を均一化して、安定な溶滴移行が可能となった。又、溶接電源としては、定電流特性電源の使用により、安定な溶接電流を得ることが可能となった。

これらの組み合わせで長尺・厚板の試験体の純アルゴンミグ溶接、橋梁を対象とした模擬構造体の純アルゴンミグ溶接を実施し良好な結果を得ている。

同軸複層ワイヤとしては、980Mpa 級高強度鋼用(1.6mm 径)、低温鋼(9%Ni 鋼)用(1.6mm 径)、高 Mn 鋼用(1.2mm 径)の同軸複層ワイヤが開発されており、厚板長尺板のクリーンな MIG 溶接が可能である。

さらに、純アルゴン溶接の補修溶接への適用を検討するため、低変態温度特性を持つ同軸複層ワイヤ(LTT 同軸複層ワイヤ)を開発した。橋梁等の補修溶接をターゲットとして立向き及び横向き溶接の適用可能性を検討しており、良好なビード外観が得られている。



## 7.REM 添加ワイヤを用いた炭酸ガスアーク溶接技術 “J-STAR Welding” の最前線

JFE スチール(株) 片岡時彦氏

炭酸ガスシールド溶接での中電流域(自由溶滴移行)のスパッター発生量を従来比 1/10 に低減可能な溶接法“J-STAR Welding”を開発した。本溶接法では、ワイヤ中に REM(希土類金属 Ce、La、Y)を微量添加した専用ワイヤを用いて、正極性(ワイヤマイナス)で使用する。これによりワイヤ先端を頂点とする円錐状のアークを形成し、溶滴の微細スプレー移行を炭酸ガスシールドアーク溶接で実現し、スパッターを大幅に削減した溶接が可能となった。本溶接法では、スパッター低減(1/10)、深い溶け込み(約 1.5 倍)、溶接ヒューム発生量低減(50%減)、ソフトな音圧(50%減)、スラグ剥離性の向上等の特徴がある。

この特性を活かして中板厚の突合せ溶接に適用し、15m の連続溶接を実現し、40 度開先の採用により施工時間を従来比 2/3 に短縮した。本溶接法の特性を活かして、I 型狭開先を使用し、先端曲がりチップと本法の深溶け込み特性を活かして、1 層 2 パス狭開先溶接を



実現した(板厚 100mmt を 16 層 31° ス溶接)。 又、タンデムアーク溶接では、先行電極に本溶接法を適用し、炭酸ガスタンデムアーク溶接でのアーク安定化を可能にした。

## 8.フラックス入りワイヤの新たな付加価値創造による溶接品質向上の最前線

(株)神戸製鋼所 鈴木 励一氏

フラックス入りワイヤを使用する炭酸ガスシールド溶接は、高溶着速度、優れた全姿勢溶接性、水平隅肉溶接性、低スパッター発生量、スラグ剥離後の美しいビード外観等の特徴から、特に、造船分野、橋梁分野で主力品種として活用されており、厚板分野において独自の市場を形成してきた。

これに対して、フラックス入りワイヤを 100%アルゴンガスと組み合わせた溶接プロセス、MX-MIG 溶接は、アーク安定性に優れ、極低スパッタ溶接が可能で、非酸化性雰囲気中で溶接されるので、スラグ発生量も極微量とすることが可能である。



溶接材料には、溶鋼の表面張力を変化させる特殊元素の添加も可能で、アーク直下での溶融地の流れを制御することができる。これによりビード形状を平らで美しくでき、アンダーカットの発生防止、高速溶接性の向上が可能となる。更に溶接ビード表面に形成されるスラグを凝集させることも可能である。このような表面張力制御を「MX-MIG」プロセスに組み込むことにより、高能率で美しいビード形状、優れた疲労特性、極少量のスラグ発生量により溶接後の良好な塗装性の確保等の各種特性が確保でき、今後、フラックス入りワイヤの適用分野は、薄板溶接分野、ロボット溶接分野に広がっていくと考えられる。

## 9.まとめ

大阪大学接合科学研究所

田中 学氏

アーク溶接を溶接機器、溶接材料、シールドガスから構成される一つのシステムとして考えると、シールドガスは大気からのシールドとガス中の電子やイオンを生み出しアークを形成する「場を提供」し、溶接ワイヤは電子の放出や流入を通じて電流を維持し、又様々なガスやフラックスを場に提供し、アークを変え、溶融地を変える「場の演出」である。溶接機器は、アーク発生し、電流の制御、アークの場を制御して、熱や物質の輸送を制御する「場の進行」を担っている。シールドガス、溶接材料、溶接機器は、それぞれに役割を担っており、アーク溶接技術を革新するためには、これらの三位一体の取り組み、進化が必要である。本セミナーでは、各講師がシールドガス、溶接材料、溶接機器のそれぞれの立場に立って、それぞれの役割と機能を活かした新技術を提案している。

今後、「場の提供、演出、進行」に加えて、可視化・シミュレーション技術を駆使した溶接現象の正しい理解、すなわち「場の把握」を取り入れて、究極のアーク溶接技術を追求したい。

10.閉会挨拶

東京大学 名誉教授

野本敏治氏



野本敏治氏 東大名誉教授



田中学氏 阪大教授



講演会風景 1



講演会風景 2



講演会風景 3

懇親会



司会 吉武進也氏  
溶接接合工学振興会  
専務理事



挨拶・その後の司会  
南二三吉氏  
阪大教授



挨拶・乾杯 興石房樹氏  
(株)神戸製鋼所



中締め挨拶 青山和浩氏  
東大教授