

2014年10月15日

当社ホームページの新たな出発にあたって「溶接技術だより」のサイトが設けられました。「アーク溶接技術」を担当する高木柳平と申します。名古屋大学工学部金属科に学び、当時CO₂-O₂アーク溶接法開発され、その実用化の先頭に立っておられた関口春次郎先生、益本功先生の薫陶を受け、昭和40年に卒業。溶接機メーカーの東亜精機に入社し社会への一歩を踏み出しました。その後、昭和55年にDS溶接ワイヤで実績のある大同特殊鋼へ移籍しました。そこで定年を迎え、産業ガスで有名な岩谷産業で溶接用3元ガスの研究を2年ほど行い、2005年新光機器に移り現在に至っています。

振り返りますと、ガスシールドアーク溶接技術の3要素である「溶接ワイヤ」「溶接機器」「シールドガス」を各勤務会社で技術習得、その間トヨタ自動車(株)殿をはじめ主要な自動車関連メーカーへの対応の中でアーク溶接技術の本質を把握することができました。

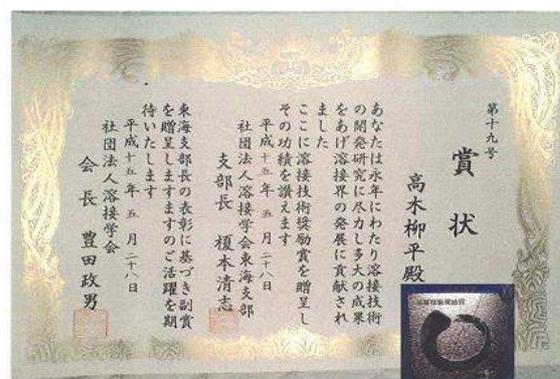
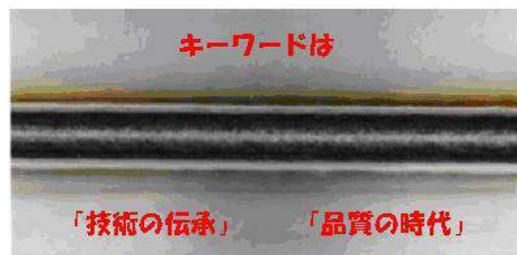
2005年には、お蔭様で溶接学会東海支部技術奨励賞を受賞することができました。

これらの背景を踏まえ、新光機器では主にアーク溶接関連の機器・部品の開発からお客様への技術サポートまでを日常業務としています。

最近では、お客様への技術サポート、現場でのアドバイス、座学講習会など幅広く手掛けさせて頂いています。

この「溶接技術だより」の中では、①技術伝承を兼ねまして「アーク溶接技術の歩み」について執筆するとともに、②お客様の「溶接技術に関する悩み相談」の中から共通するような項目を選び、基礎的な考え方と改善事例を示すことにより、読者をはじめ関係者にお役に立ちたいと考えています。

末永くお付き合い賜りますようお願い致します。



平成15年度受賞した溶接学会東海支部技術奨励賞
(賞状とメダル)

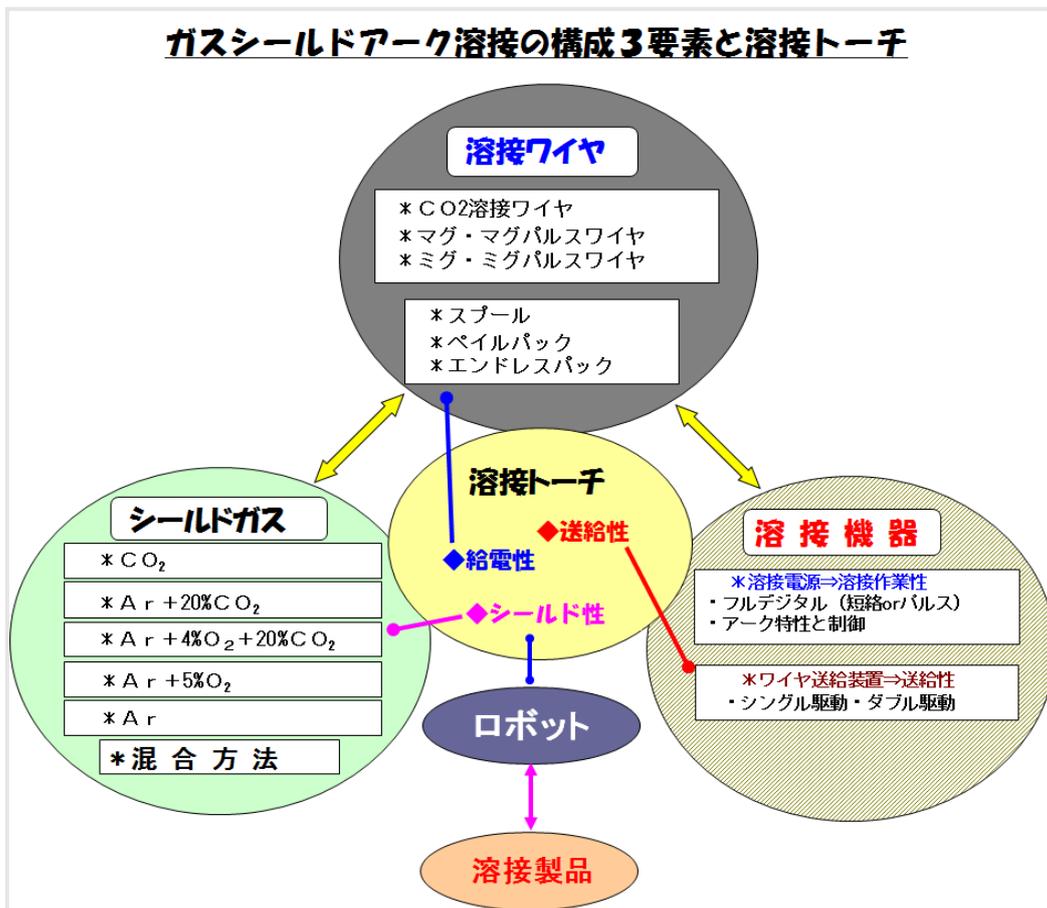
執筆への考え方は、皆様の溶接工程改善に役立つ情報を発信することです。学術的なことは溶接・接合に関する学会・協会にお任せすることとし、筆者の役割は、溶接現場に近く、溶接品質向上の課題に対して明確なヒントを与えることができる情報を皆様にお届けすることにあります。そこで、以下の4項目に分けて連載するように心掛けます。

1)「アーク溶接技術の歩み」紹介

ここでは、炭酸ガスアーク溶接の開発時の歩みに触れながら、当時開発者をご苦労をされた点を挙げ、現在にそれらの技術がどのように継承し、活かされているかをピックアップします。

2)アーク溶接の構成3要素とその取扱い

溶接ワイヤ、シールドガス、溶接機器(電源送給装置、溶接トーチ)を構成3要素(下図参照)とし、これらの正しい取り扱いがあつてはじめて溶接品質を維持、改善できます。考え方と現場も含めた日常管理のあり方、取扱いの基礎について説明します。



▲ 図 002-01

3)「アーク溶接品質」について考える

ここでは、溶接不適合の原因と対策について全体像を描きながら、アーク知識・溶融凝固現象・溶接条件とその管理をベースに種々説明をします。

4) 当社アーク溶接関連商品の紹介

当社の主力アーク関連商品は、コンタクトチップをはじめとする各種溶接トーチ部品です。その他には、ワイヤ送給系を改善できるコンジット・ライナーや各種ワイヤ矯正器、ガス被包性の改善としてガス節約器(レギュラ)が最近好評を得ています。

さらに、コンタクトチップ孔の管理を通して溶接工程の健全性を把握できる「HGピン」などの独自開発商品を有しています。各商品の技術的背景および正しい取り扱い、品質への効果などを月に1アイテム程度に絞りながら紹介させていただきます。

No. A002

2014年12月01日

1) CO₂アーク溶接法の開発と秘話

炭酸ガスアーク溶接法は、日本では当時名古屋大学教授であった関口春次郎博士によって開発され昭和35年8月特許確定を受け、工業会に採用されはじめた。当初、フォークリフト、自動車のリアアクスルハウジングなど高電流・厚板溶接から適用の検討が始まった。

なお、「炭酸ガス溶接法」は一足先に松下電器産業がオランダのフィリップス社から特許権を取得していた関係で「炭酸ガス・酸素アーク溶接法」での特許取得となった。

開発経緯からの苦心談例としては、当初炭酸ガスの高温における解離によって生ずる一酸化炭素が作業員の人体に悪影響を及ぼすのではないかと懸念された。しかし、技術面から衛生に至る広汎な研究を永年にわたり組織的に力強く推進し解決できたと記されている。

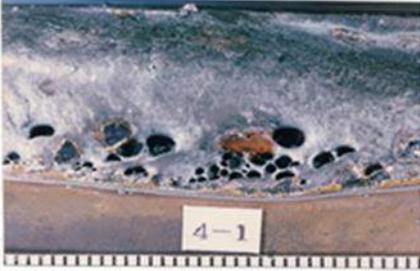
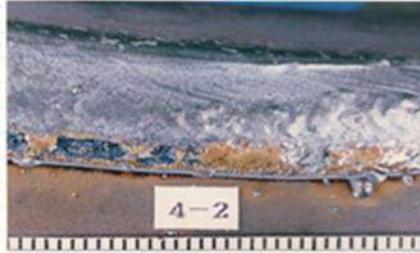
なお、日本独自の本発明は当時脚光を浴び、最近LED発明でノーベル賞を受賞された赤崎勇博士らに匹敵する賞賛をもって迎え入れられたと聞く。そのため、日本では現在でもマグ溶接法に分類されるCO₂溶接が、CO₂法の呼称でまかり通っているのが現状。

2) 炭酸ガスアーク溶接法の原理

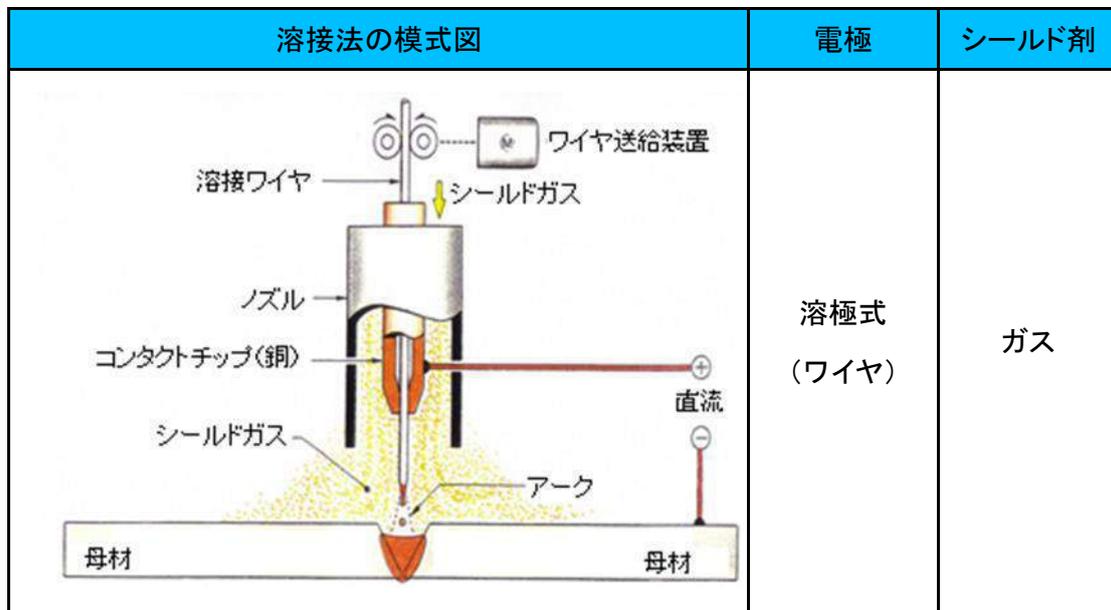
紙面の都合上、詳細を述べることはできないが、原理の要約は以下のように表すことができる。

- ① アーク溶接部を大気にさらすと亀の子状のピット・ブローホールが発生。
- ② この原因は主に大気中のN₂ガスの悪影響によるもの。
- ③ そこで、炭酸ガスで遮蔽(シールド)するが、炭酸ガスはアーク熱で解離しCOガスを発生。COガスは気体のため溶融金属中に気孔(ブローホール)をつくる。
- ④ よって、気体成分をつくらせないように炭素(C)より酸素(O)との親和力が強いシリコン(珪素/Si)およびマンガン(Mn)を溶接ワイヤに適量含有させることが考え出された。これらのSi, Mnを脱酸剤(脱酸元素)という。適量のSi, MnであるとSiO₂-MnO-FeOの液体生成物となり気孔発生を伴わなくなる。
- ⑤ ガスシールドアーク溶接ワイヤは、いずれも適量の脱酸剤(Si, Mn)を含有し、ブローホール発生を抑制できる。

以上の原理は、基本となるものであり、しっかり理解下さい。

ビード外観例	ビード横断面マクロ組織例
	
<p>空気巻き込みによるピット・ブローホール発生例</p>	
	
<p>空気巻き込みのない健全な溶接ビード外観と断面形状例</p>	

▲ 図 003-01



▲ 図 003-2

前回、第3話ではCO₂アーク溶接の原理について触れ、その中でCOガス発生によるブローホール防止のため溶接ワイヤ中に脱酸剤であるSi、Mnを適量含有させることについて述べた。要するに、溶接欠陥の一つであるブローホールについてはこの原理が示すように、気体(ガス)の生成物をつくらせない、また熔融金属中に吸い込ませないことであり、この考え方がブローホール対策の基本となる。

最近「品質の時代」と言われ、溶接品質の維持、改善が強く求められている。アーク溶接品質には多くの要因が影響するが、その中でもとりわけ「溶接機器」・「溶接材料(ワイヤ)」・「シールドガス」の三点への理解を深めるとよい。

また、アーク溶接技術を理解するにあたっては、「アーク現象」「溶滴移行現象」などの基礎的な内容についてもそれらの概要を把握することが求められる。

さらに、溶接方式は時代を反映して半自動溶接から、自動溶接(専用機による溶接)と移行し、最近ではアークロボットによる溶接が広く普及、一般的になってきている。これらのロボット、アーク治具、亜鉛メッキ鋼板などの採用による母材変化との関連からくる品質課題についてしっかりおさえる必要がある。

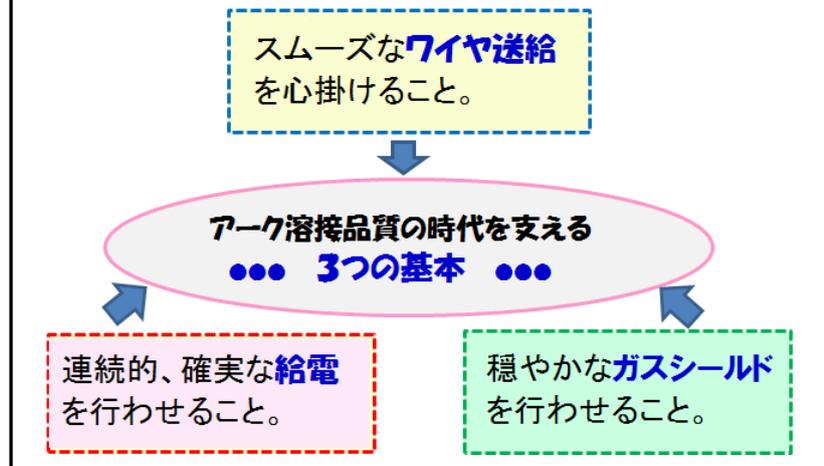
溶接作業をするにあたっては、「アーク溶接作業標準」を明確にし、条件管理、ノズル・チップ清掃頻度、チップ取替え頻度および4Sなどを日常管理に取り入れることが望ましく、いつも、CO₂アーク溶接法で大切な三つの基本に立ち返って考えるようにして下さい。

CO₂アーク溶接法で大切な三つの基本:

- スムーズなワイヤ送給を心掛けること。
- 連続的、かつ確実な給電を行わせること。
- 乱流を生じない、穏やかなガスの被包(シールド)を行わせること。

例えば、生産準備関係で機械、電気制御などに詳しい方は、設備関連に目を向けることは得意でしょうが、溶接ワイヤとその送給性、シールドガスとそのガス被包性にも目配りすることが大切である。

ガスシールドアーク溶接法で大切な3つの基本



▲ 図 004-01

No.A004

2014年12月15日

ガスシールドアーク溶接法は、「溶極式」と「非溶極式」に分類され、溶極式は電極を溶かしながら溶接する方式で、一般的にはガスシールドメタルアーク溶接であり、ミグ・マグ溶接がこれに分類される。一方、非溶極式は電極を溶かさないう方式でタングステン棒を電極とするティグ、プラズマ溶接などである。

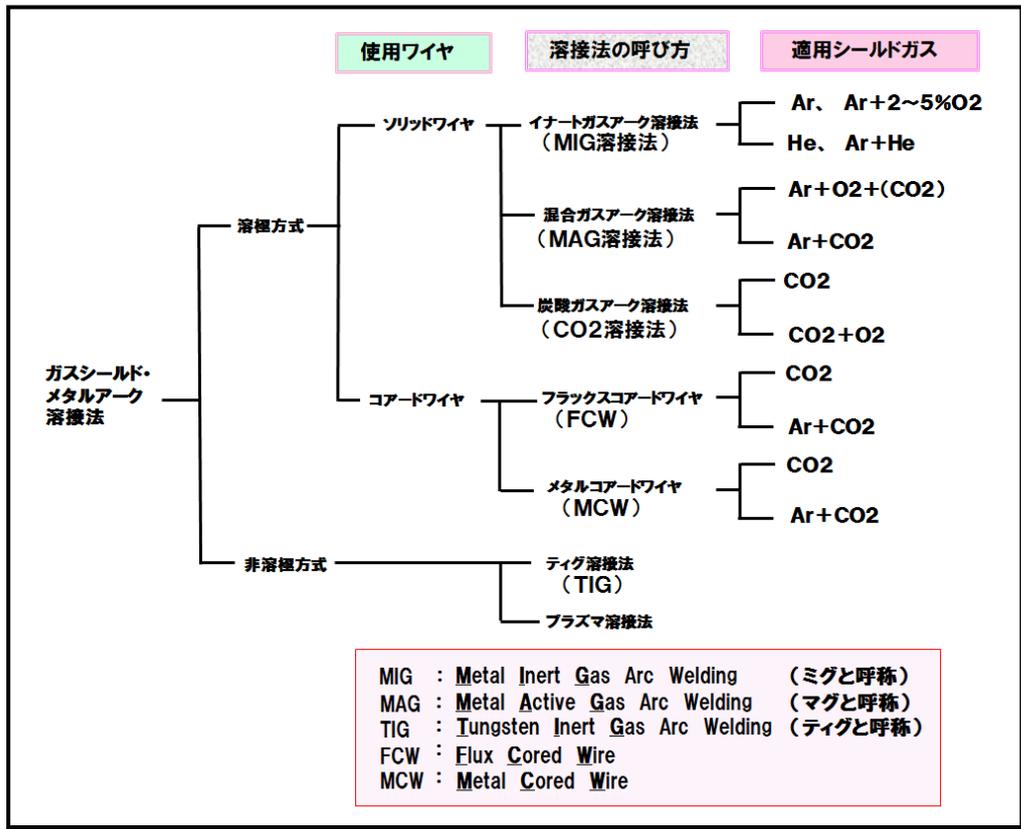
ここで、ミグ溶接は溶接対象として銅&銅合金、アルミ&アルミ合金、チタン&チタン合金などの非鉄材料であり主に純 Ar ガスが使用される。一方軟鋼、高張力鋼およびステンレス鋼にもミグ溶接が適用されるが主に Ar + 2~5%O₂ などの混合ガスが使用される。なぜこのような混合ガスが必要かについては後述する。

マグ溶接とは活性ガスを適用するもので、JISの分類では Ar+20%CO₂ の混合ガスも CO₂ 溶接もすべてこれに含まれる。しかし、日本では独自に CO₂ 溶接が発展を遂げたので「CO₂ 溶接」として扱う場合が多い。従来は Ar+20%CO₂ の混合ガスがメインであったが最近では Ar+CO₂+O₂ の3元系ガスが亜鉛メッキ鋼板の溶接に多く適用されている。

以上のように、アーク溶接法の呼称は、適用シールドガスに因っており、如何にシールドガスが重要な役割を果たしているかがよくわかる。

ここで、ステンレス鋼も含め軟鋼系のミグ溶接で Ar+O₂ 系のシールドガスを適用せざるを得ないかについて触れる。それらの理由は、

- ①溶接ワイヤは最終的には溶滴となって溶融金属(母材)に移行するが O₂ 成分を含むとスムーズな溶滴移行を実現できる。
- ②「アークは酸化物を求めて発生する」という現象があり、溶接ワイヤの直下に常に酸化物があるとアークが安定して発生できる。純 Ar ガスの場合には酸素不足、直下の酸化物不足となってアークが這いずり回り不安定になりやすい。
- ③O₂ 成分をシールドガス中に含有すると「O₂ の分解によりアークから熱を奪う」という物理的性質があるため、アークは熱を奪われまいとして表面積を極力少なくする、いわゆるアークが集中する効果がある。
- ④溶融金属中の酸化物が増加することにより溶融金属の湯流れがよくなり、良好なビード形状、高速溶接などに適しやすくなる。このように混合ガスの影響、効果は大きく、混合比なども重要な要因となってくる。



▲ 図 005-01

2014年12月22日

今回は「アーク溶接技術における全体像」を取り上げる。種々の要因が影響するアーク溶接では全体を見通す中で品質維持に向けた日常管理が求められる。

ここでは、**アーク溶接条件の主要10大条件**の一例を示す。そのなかでも**4大条件**である「溶接電流」「アーク電圧」「溶接速度」「突出し長さ」はとりわけ重要である。

溶接作業では一般的に「**溶接作業条件指示書**」が発行され、対象溶接品の溶接条件が示される。最近では、亜鉛メッキ鋼板の自動車部品への採用に伴いトーチ設定の重要性が指摘され、トーチの前後角、傾斜角、狙い位置も指示書に明記されるようになった。

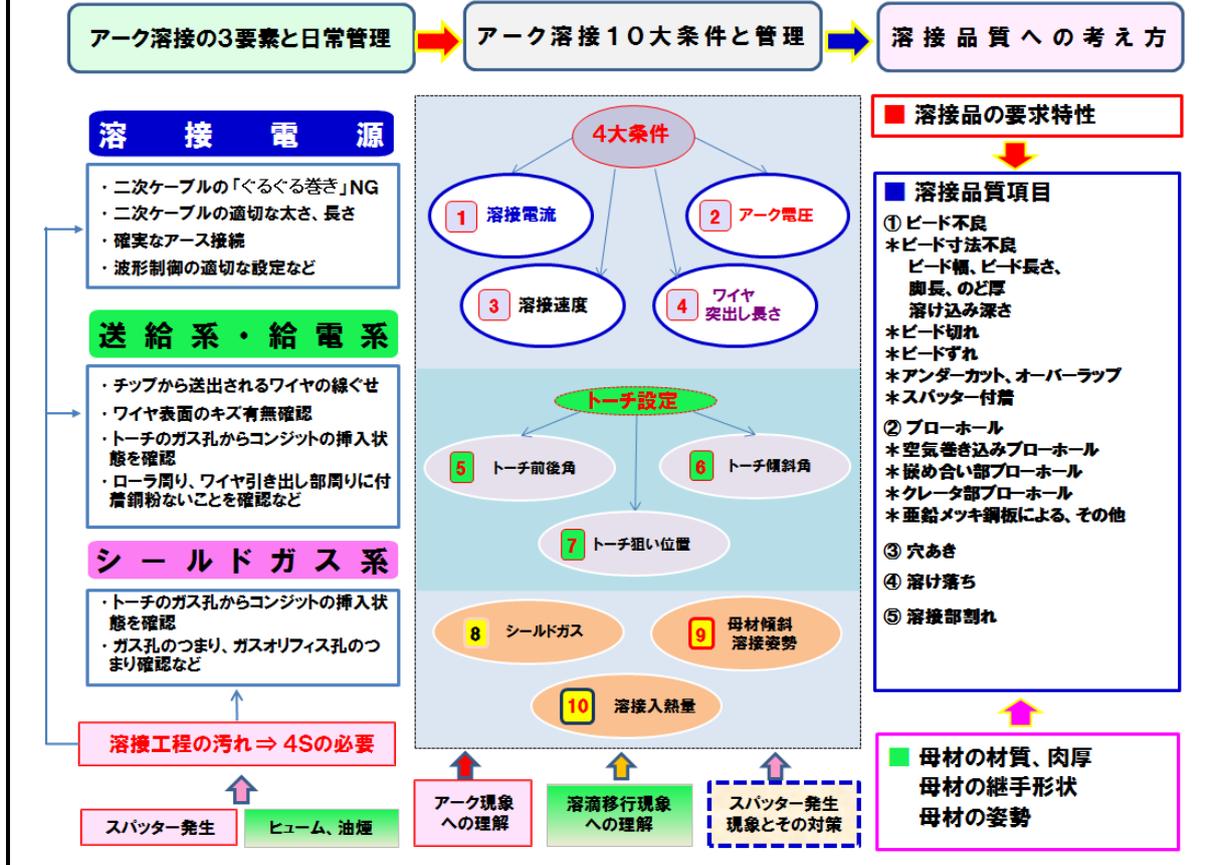
また、シールドガスの種類と流量、溶接姿勢、ワーク姿勢および溶接入熱量も主要管理条件に加えるところが増えている。

これらの溶接条件をアークロボットに教示しても教示通りに溶接品質を保てない場合が発生しやすい。それは何故か。原因の多くはアーク溶接ではスパッター、ヒュームの発生を伴い溶接治具周りが汚れること、細径の溶接ワイヤを給電させながら高速送給すること、しかも起動・停止を繰り返すことなどが起因している。そこで日常作業の基本を**4S(整理、整頓、清潔、清掃)**において維持管理し、**指定の溶接条件通りに機器・ワイヤ・ガスに働いてもらうという考えに立つことが望ましい。**

一方、溶接条件の設定に当たっては、生産準備段階から**スパッターの抑制**に心掛け、かつ溶接ワイヤの**狙いずれ防止**を念頭に置いて考慮、設定することである。

溶接品質の維持はこれらの条件管理とアーク溶接3要素の4Sを含めた日常管理の徹底からはじめて達成できるもので、さらに必要なことは、母材の材質、板厚、表面性状、継手形状および母材姿勢などをよく考慮しながら溶接部の強度保証の観点に立って対応することが品質の時代を生き抜くために求められている。今後、具体的事例を挙げながら全体像で示す各部分について説明、解説を加えていく予定です。

アーク溶接技術における全体像と考え方



▲ 図 006-01

2015年1月6日

皆様、新年おめでとうございます。本年も、昨年に引き続き溶接技術だよりを通して皆様に「**アーク溶接技術の実際**」をお届けして参ります。何卒ご愛顧賜りますようよろしくお願い申し上げます。

さて、**ワイヤ送給系**は主に、パック巻き溶接ワイヤ～1次側コンジット(ライナー)～ワイヤ送給装置～2次側コンジット～溶接トーチの経路があります。今回はそれらの中で**1次側コンジット**について説明します。1次側コンジットに求められることは、第1に**パックと送給装置間のワイヤ送給をスムーズに行う助け**をすることです。1次側コンジットにおけるワイヤは**送給装置からみると引っ張り側のため内径を大きくできる利点**があり、**GFライナー**は**高強度樹脂チューブ**で、**サイズは内径4φ×外径8φと大きい**。第2は、送給ワイヤにキズを付けず、メッキ剥離を生じさせないことが大切で、従来の鋼線製コンジットに比較して**摩擦抵抗が小さく**、送給通路のメッキカスなどの詰まりも半透明のため**可視化しやすい**ことが特長として挙げられる。一方**取扱いの要点**としては1次側コンジット部で「**引出し抵抗を大きくさせないこと**」および「**引出しワイヤの線ぐせを良好に保つこと**」の2点がとくに必要です。引出し抵抗が大きくなる例は、図にみるように山谷が大きく形成されたり、振りが入るような引き回し方の場合であり極力避けて下さい。バネばかりで約2.0kg以下の引き出し荷重に抑えることが望ましい。

線ぐせについては**送給装置への入り口側でコンジット、ライナーを1ターンでも巻かない**ことが必須条件となります。線ぐせが悪く、送給ワイヤに振じれが入るととくに4WD送給装置の入り口側ローラ部では、ローラ溝を脱線し、ガイド部品に擦れ、過剰なメッキ剥離を生じ決定的な送給不良につながりやすい。また、ライナーが溶接中に揺動したり振動することは避けて下さい。アークを不安定にします。GFライナーなどの樹脂チューブは軽量のため、鋼製コンジットに比べこれらの点でも優れています。

バック巻きワイヤとワイヤ送給装置間の
1次側コンジットライナーを考える

1次側コンジット
GFライナー

ワイヤ2段矯正器

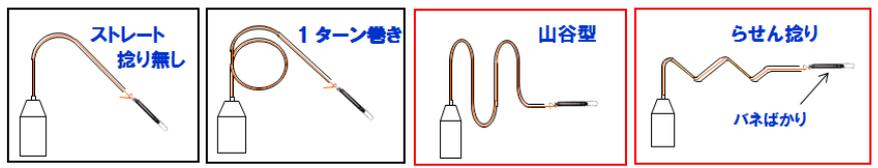
ワイヤ引き出し透明傘

引き出しワイヤ

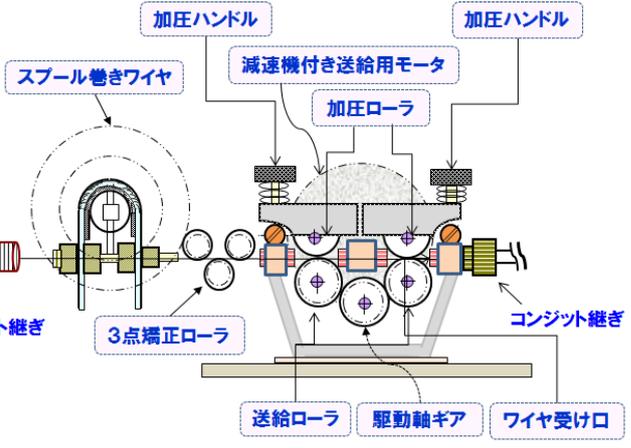
溶接用
ペイルバックワイヤ

ペイルバック巻き
溶接ワイヤ

1次側コンジットライナーの引き出し方法の評価例



ライナーへの 要求項目	山谷の振幅小		山谷の振幅大	
	引き出し抵抗	小	小	大
ワイヤ線ぐせ	良	不良	良	不良
総合評価	○	×	○	×



▲ 図 007-01

2015年 1月 19日

1960年炭酸ガス+酸素ガス関口鋼線溶接法(CS溶接法)に特許がおりた。これを契機としてまずCO₂高電流用DS1を大同製鋼(当時)が開発・発売、フォークリフト、自動車用アクスルハウジングへの適用が始まり、自動車工業への普及が進展した。1965年(昭和40年)代になって、短絡移行溶接の究明が進み、主に添加元素としてTi(チタン)を含有させない短絡移行溶接ワイヤの登場となり、全姿勢溶接用として薄肉・薄板材の溶接に領域を拡大した。1974年炭酸ガス溶接用鋼ワイヤがJISZ3312に規格化され、さらに1983年には軟鋼および高張カマグ溶接用ソリッドワイヤへと見直しがなされた。背景には多くの産業界において炭酸ガスに比べ高価なアルゴンと炭酸ガスの混合ガスを用いてもスパッター、スラグを抑制できるマグ溶接への期待が高まったことにある。自動車業界の軽量化、低燃費化、高耐久化および排ガス規制への強いニーズに、溶接業界も必死で応えた。小型トラックフレームの高速・横向き溶接、亜鉛メッキ鋼板の耐ブローホール、耐スパッター溶接、ロアアームなどに用いられる耐食鋼板の溶接、パイプ構造体サスペンションメンバーの溶接およびSUS系の溶接であるが、エキゾーストマニホールドのフェライト系ステンレス鋼の溶接などがその代表的な事例であります。溶接ワイヤへの要求度が高まり、車体へのアーク溶接適用化の動きと相まってパルスマグ、パルスミグ溶接用ワイヤの開発、実用化が急速に図られ、現在につながっている。

筆者も当時の大同特殊鋼に勤務し溶接ワイヤの開発、研究に携わった。その経験からみると、例えば強度、耐ブローホール性、耐割れ性、耐靱性などの「溶接性」のほかにスパッター、スラグ、溶接ビード形状などの「溶接作業性」を同時に満足させることが求められ大変苦労したことです。

アーク溶接技術の歩み……溶接ワイヤの発達(1)

西暦年	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	
溶接法の歩み		59 CO ₂ 溶接機 松下とフィリップス社提携 60 CO ₂ ガス+O ₂ ガス開口鋼線アーク溶接法に特許あり	55 CO ₂ 高電流用DS1開発・発売 63 自動車工業への普及進展 64 月産100トン			80 アークロボット普及元年		86 亜鉛メッキ鋼板溶接用パルスマグワイヤ開発・普及			00 ノーマックンリッドワイヤ開発、実用化		
溶接ワイヤの主な種類と開発の進展	大電流用CO ₂ ワイヤ開発		ハイテン鋼用CO ₂ ワイヤ開発 短絡移行用CO ₂ ワイヤ開発		大電流用マグ溶接ワイヤ 短絡移行用マグ溶接ワイヤ		パルスマグ・ミグ溶接ワイヤ		建築構造用溶接ワイヤ				
溶接ワイヤのJIS規格					1974 ⇒ 1983 炭酸ガス溶接用鋼ワイヤ JIS Z 3312-1974	1983~ 軟鋼および高張力鋼マグ溶接用リッドワイヤ JIS Z 3312-1983		1983~ 軟鋼および高張力鋼マグ溶接用リッドワイヤ JIS Z 3312-1999		2000年代~ 国際化対応による見直し JIS Z 3312-2009			
製造法の変遷			ストランドライン (仕上げ伸線メッキ方式)					ループライン (中間サイズメッキ方式)					
適用ワイヤ径の変遷		ワイヤ径(開発時) 2.4, 2.0, 1.6, 1.2, 1.0, 0.8, 0.5Φ		ワイヤ径(普及期) (2.0), 1.6, 1.2, 1.0, 0.9, 0.8Φ				ワイヤ径JIS追加 0.6, 1.4Φ					
ワイヤの包装形態		スプール巻きワイヤ (ハードボード⇒樹脂リール) 大容量ワイヤ ドロバック (振りだしワイヤ)		ペイル巻きワイヤ 引き出し装置				エンドレスリール エンドレスバック 大容量ワイヤ 振りだしバック 巻きワイヤ開発				至・現在	

▲ 図 008-01

溶接ワイヤの発達については、技術伝承しなければならないことが多く第9話以降も連載を予定します。

第9話 (2)高電流用／低電流用ワイヤ

第10話(3)溶接ワイヤ製造法の主な変遷

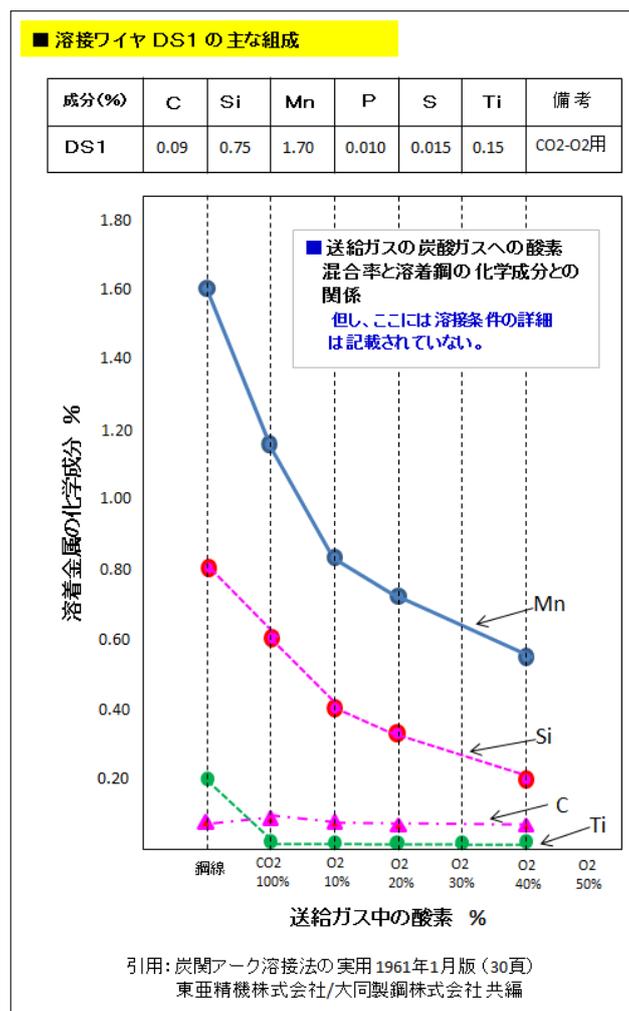
第11話(4)ワイヤ径とその誕生、考え方

No.A008

1955年(昭和31年)、冷蔵庫のコンプレッサーハウジング円周溶接に、当時の大同製鋼製DS1が初めて適用され、CO₂高電流溶接の先駆けとなりました。引き続いて自動車用リア・アクスル・ハウジング、油圧シリンダー、スパイラル鋼管、建機用トラクターのCフレームおよび車両用キーストンプレーートのアークスポット溶接などへ適用が拡大した。要するにCO₂およびCO₂-O₂溶接は高電流からスタートしました。

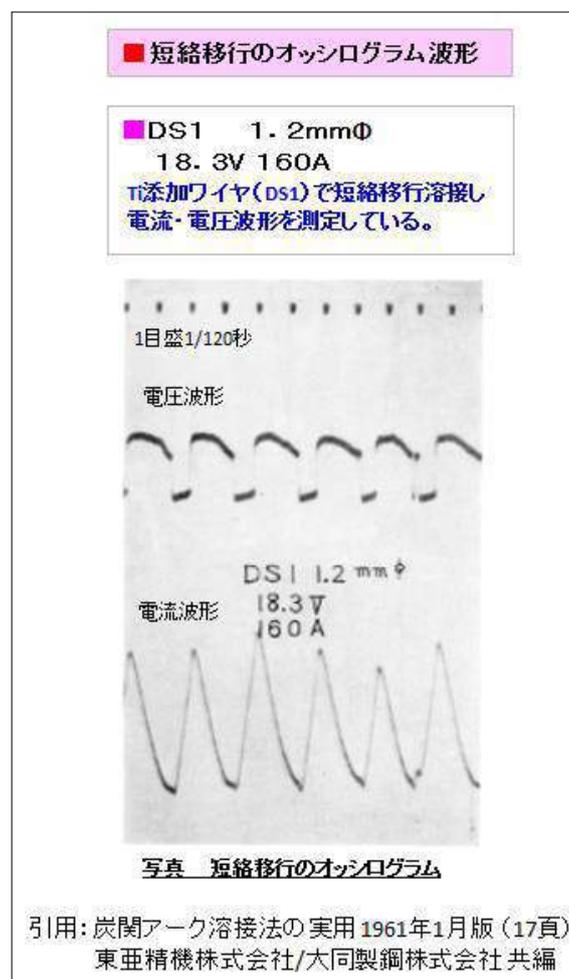
高電流溶接では溶滴移行はグロビュール(塊状)移行で、母材と直接の短絡は生じにくいのでスパッター発生も少なく、アーク安定化元素であるチタン(Ti)添加ワイヤが採用されました。1961年1月版の東亜精機(株)・大同製鋼(株)共編「炭関アーク溶接法の実用」に掲載の高電流溶接ワイヤDS1の組成例を図に示します。ワイヤ組成は酸化雰囲気中の成分損失(メタルロス)を考慮して予め多めの珪素(Si)、マンガン(Mn)、炭素(C)、チタン(Ti)の各量(%)を含有させた合金設計になっています。

開発初期のCO₂-O₂溶接ワイヤの組成



一方、**低電流領域の溶接**はオシロ波形測定から短絡-アークを繰り返す短絡移行溶接であることは認識されていましたが、適用ワイヤは同じくDS1でした。**チタン (Ti) 添加のDS1では切れ味の良い短絡移行溶接はできず低電流領域の専用ワイヤの開発が待たれました。**大同製鋼(株)が第一陣として**DS1A**の銘柄で昭和40年代の初めに発売しました。組成としては**ノンチタン**であり、短絡移行性を改善するため不純物元素である硫黄 (S) を適量に制御したものです。また、電流、電圧が低いのでメタルロスもその分減少するため珪素 (Si)、マンガン (Mn) などは予め低めに合金設計されました。

開発初期の短絡移行のオシログラム波形



▲ 図 009-02

一方、短絡移行溶接を満足させる溶接機は当時、モータ・ジェネレーター式の回転機型溶接機でした。しかし、短絡移行は可能であったものの騒音などの観点から敬遠されがちでした。電機業界の整流器進展のなかで、静止型直流溶接機（セレン整流式、後にシリコン整流式）の登場が待たれていました。特に課題とな

ったのがスパッター発生を抑えることであり、当初、200 A以下はスパッター発生が余りにも多く溶接不可能という苦難の時期を経て、「**直流リアクトルの発見?**」で低スパッター化に目処を得ました。

溶接機と溶接ワイヤはこのように密接な関係を持って発達してきたのです。

No.A009

銅メッキ、ワイヤ径Φ1.2・Φ1.6、スプール巻きでスタートした CO₂ 溶接ワイヤは自動車工業界への適用の進展に伴い昭和 40 年には生産量が 100 トン/月を超えた。当時の製造法はΦ1.2 溶接ワイヤの場合、Φ1.4 で銅メッキを施し、それらを孔ダイスによりΦ1.2 に線引きする**仕上げ伸線メッキ方式**が採用された。一方ワイヤの形態はその殆どが**スプール巻き**で当時はハードボード製、12.5kg などの重量で巻かれていた。

昭和 45 年頃以降になると**大容量パック巻ワイヤ**の需要が自動車部品業界で生まれ、それらのニーズに応えるために**ドローパック**と称する「ワイヤ落とし込みによるペイルパックへの収納方法」が採られた。ドローパックの時代はその後 10 年程続いたが大きな欠点は、パックから引き出したワイヤが**パック 1 回転分に付き 1 回「振じれ開放に伴う踊り」**を生じ溶接品質を悪化させることにあった。そこで種々の回転引き出し装置の併用による「ワイヤの踊り」解消を狙った。ドローパック用回転型引出し装置は取り扱いが煩雑で、場所もとることから改善が求められ、そこで登場したのが「**振じり入りパック巻き溶接ワイヤ**」で、溶接ワイヤに振じりを付与しながらパックに連続収納し、引出し時にそれらの振じれを開放させることによって「**ワイヤの踊り**」をほぼ解消でき、現在に至っている。

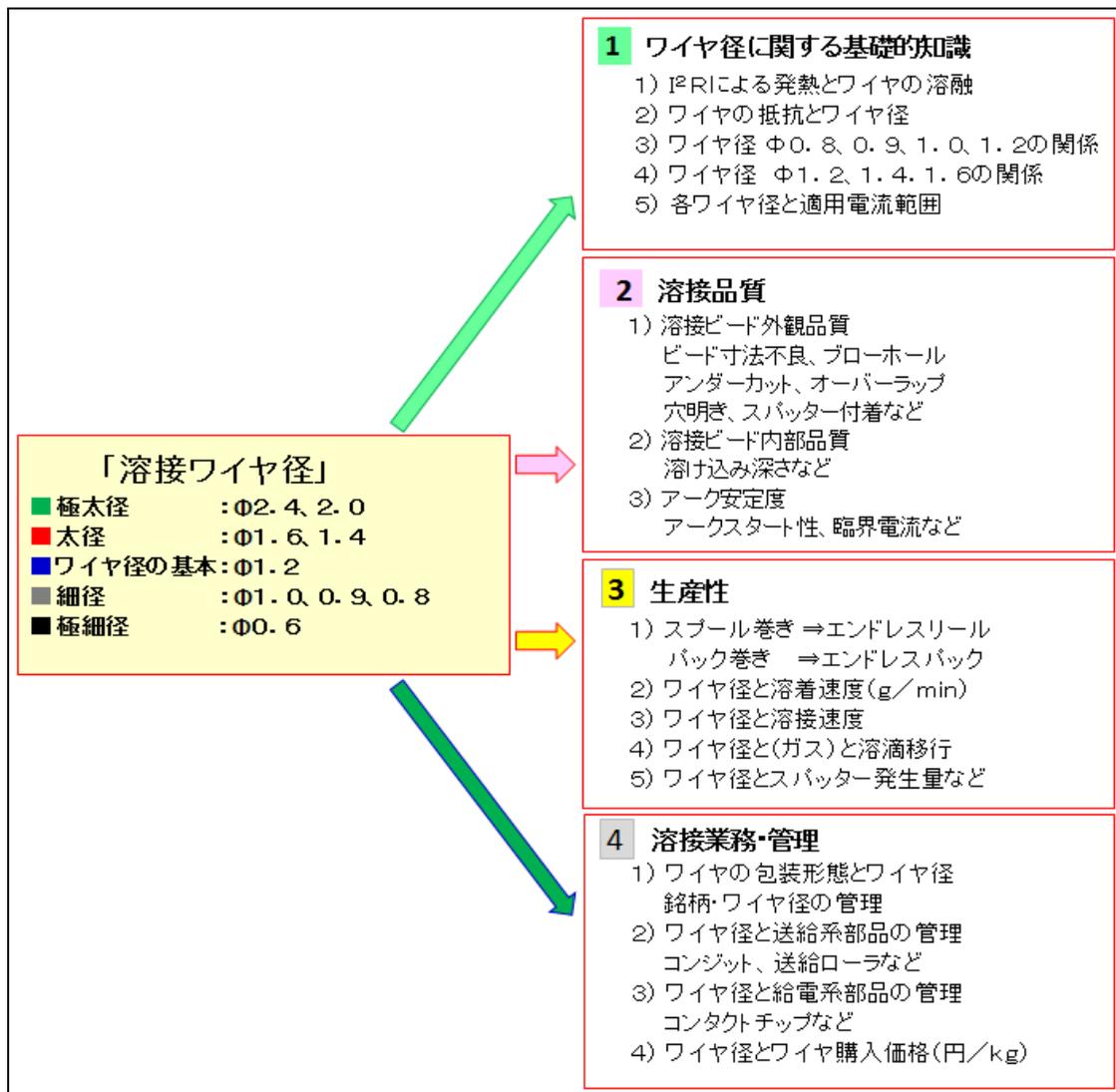
また、昭和 50 年代になると溶接ワイヤの生産量は飛躍的に増加し、生産性に革新が求められた。溶接ワイヤは、例えばΦ1.2—20kg で 2,250m と長く、**仕上げ伸線メッキ方式**では生産性が劣った。そこで、Φ8 などの太径ワイヤを素線として使い、それらを「**マイクロミル**」という当時最新の**冷間圧延機**で一気に**中間サイズの 3mm 台**まで線材圧延し、ルーパーでループ状にしてメッキ層に通す**中間サイズメッキ・ループライン**という方式が採用された。次に**中間サイズメッキ**を施した線材を素線にして 2 次伸線と称し**湿式連続伸線機**により今度は一気に**溶接ワイヤサイズ(例えばΦ1.2)まで伸線**し、それらをさらに素線としてスプール、ペイルパックに夫々巻き取り、**梱包する方式**がとられ、生産性改善に大きく寄与した。それらの各工程で溶接ワイヤの線径、線ぐせ、メッキおよび表面油量を含む表面品質などの要求品質の確保が図られている。

銅メッキ・ワイヤ径 Φ1.2 における
溶接ワイヤの製造方法とその発達(DSイワタニ会25年の歩みより抜粋)

主な工程	素材(素線)	冷間圧延(1次伸線) → メッキ	2次伸線	巻き取り・梱包
旧工程	銅メッキ済み Φ1.4素線	孔ダイスによる / ストラドライン 仕上げ伸線メッキ方式	なし	スプール巻き ; 手巻き、自動巻き ペイルパック ; 単能機
現工程	銅メッキ前 Φ8.0素線	マイクロミルによる / ループライン 中間サイズメッキ方式	湿式連続 伸線機による	スプール巻き ; 全自動 ペイルパック ; 全自動

▲ 図 A010-01

「溶接ワイヤ」に関する項目を4つに分類し図に示します。その中で、今回は紙面の都合で1項の「基礎的知識」について説明します。



▲ 図 A011-01

アーク溶接においてワイヤは溶融し母材に移行しますが、それらの発熱は $I^2 \times R$ (1秒当たり)で表されます。ここでIは溶接電流(A)、Rはワイヤの抵抗(Ω)です。一方、ワイヤの抵抗Rは比抵抗率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)およびワイヤの長さL(cm)に比例し、ワイヤの断面積S(cm^2)に反比例します。要するにワイヤ径が細いと抵抗が大きくなります。ワイヤ送給速度を一定とすると溶接電流は細径ワイヤの方は電流が低くなり太径ワイヤでは電流が高くなります。また、溶接電流を一定とすると、細径ワイヤの方が、太径ワイヤに比べてワイヤ送給速度(cm/min

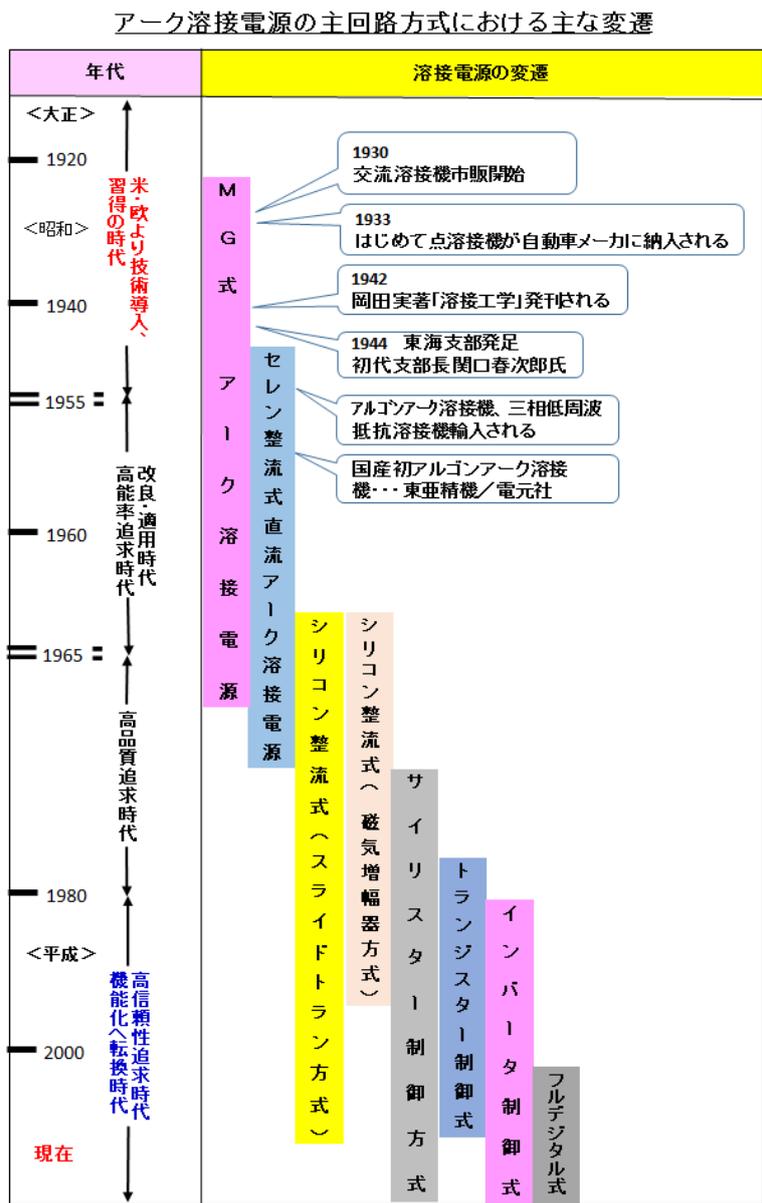
)が速くなることがわかります。

次にワイヤ径は通常Φ1.2を基準とします。1.2より小さいサイズのことを細径ワイヤと称し、太いものを太径ワイヤと呼びます。しかし、Φ1.2以下になぜΦ1.0、0.9、0.8と0.1mm置きワイヤサイズが適用されているのか疑問に感じませんか？ 背景には、ワイヤの溶融速度(単位時間に溶融するワイヤ重量)は電流密度(単位面積当たりに流れる電流)に比例すると言う事実があり、一定電流を流すとワイヤの断面積が大きい(小さい)時は電流密度が小さく(大きく)、溶融速度も低く(高く)なります。これらの関係からワイヤ断面積に着目することが必要で、Φ1.2、1.0、0.9、0.8の径順に断面積比は36、25、20、16とほぼ等差的に小さくなっています。また、太径側をみるとΦ1.2、1.4、1.6の径順に断面積比は36、49、64とほぼ等差的に大きくなっています。この様な考えでΦ1.4などの中間サイズ径は設定されたのです。

ワイヤ径はワイヤ送給性などの取り扱い面からも検討が必要になりますが、ワイヤの有する抵抗、ワイヤ断面積、電流密度、ワイヤ溶融速度、溶滴移行などの面から考慮して選定することが求められます。これらの基礎知識を正しく持ってアーク溶接技術に対応して頂ければより確実な判断、評価を行うことができます。

2015 年 2 月 23 日

現状、皆様が保有の溶接電源への理解が、これらの「溶接電源の変遷」に触れる中でより深まれば幸いです。



▲ 図 012-01

1930 年代に交流アーク溶接機が市販されるようになり、被覆アーク溶接が使用されるようになった。また、スポット溶接機は自動車メーカーに 1933 年（昭和 8 年）にはじめて導入された。さらに TIG 溶接は当時アルゴンアーク溶接と呼ばれ欧米から輸入されたが 1955 年（昭和 30 年）までに当時の東亜精機、電元社で各々国産化に成功した。一方、CO₂ 溶接電源（CS アーク溶接法に基づく溶接電源）は国

産 1 号機として日本冶金(株)の 100%子会社である東亜精機（現ナストーア溶接エンジニアリング）で 1956 年（昭和 31 年）製作された。**CS アーク溶接電源は当初モータ・ジェネレータ方式（MG 式）直流電源であった。**MG 式は回転式であるため騒音が大きいが、**本来巻線もので製作されているため CS アーク溶接には好都合で、セレン、シリコン整流式などの静止形溶接機では出せない「味」を秘めていた。**そのため、重い、うるさい、取扱いにくい MG 式電源にも拘らず昭和 40 年代半ば頃まで一線で使用された。交流を直流に整流する素子の進展に伴って、静止形電源も**セレン整流式→シリコン整流式→サイリスター式**へと適用が進み、MG 式の時代は終わり、最近では**インバーター式、デジタルインバーター式、フルデジタル式**へと進展してきている。一方、**溶接電源の進展はアーク現象の研究と歩調を合わせてきた。**CO₂ 溶接が導入された初期には短絡移行溶接法は強く認識されておらず静止形溶接電源で 200A 以下の低電流域で溶接をしたらスパッターが多く発生してビードにならなかった。また、シリコン整流式（磁気増幅器式）では 250A-25V の条件を使用するとスパッター発生率は 45%と激増し、使い物にならなかったことを思い出す。

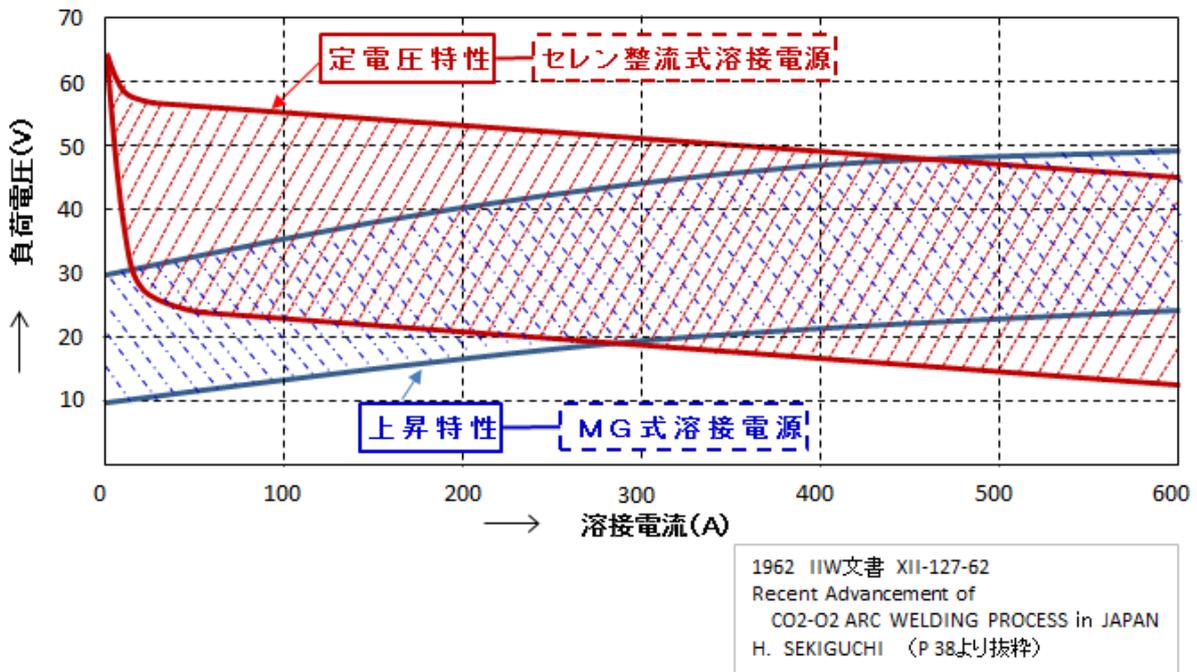
溶接電源の変遷は即、アークスタート性、耐スパッター性などの改善の歩みです。これらの時代の歩みを耳にしておけば如何に現在の発達した溶接電源の性能を引き出すことが「有意義」であり、「嬉しさ」であり、技術者として力の発揮しどころです。

2015 年 3 月 2 日

前回（第 12 話：アーク溶接技術の歩み溶接電源の変遷（1））で日本最初の CO₂ 溶接電源は 1956 年、当時の東亜精機（現ナストーア溶接エンジニアリング）が製作したことを記した。しかし、そのヒントは当時の米国人技師 R.W.Tuthill 氏が提唱した溶接電源の外部特性に上昇特性を有する MG（モータジェネレータ式）であった。

溶接電源二次側の電流－電圧特性(外部特性)

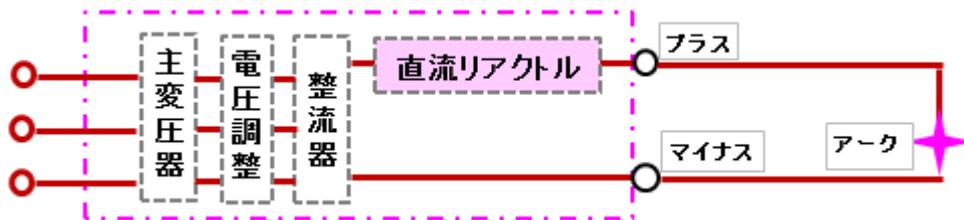
- ◆ 開発当時の MG 式溶接電源は上昇特性であり、無負荷電圧が低く、アークスタート性が悪く、ワイヤスローダウンなどの併用でスタート性の改善が図られた。
- ◆ セレン整流式溶接電源の外部特性は定電圧特性で高無負荷電圧によりスタート性は良好。



▲ 図 013-001

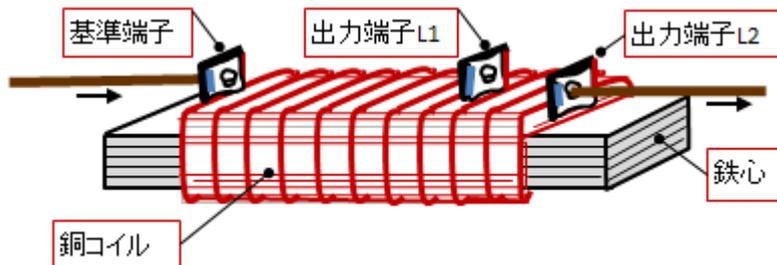
この溶接電源は機械的な回転機であるため、固有の内部のインダクタンスを有し、アークスタート時ワイヤが母材にタッチしてフェーズオフをするに至る短絡電流の立ち上がりが遅く、無負荷電圧も 20V 程度と低く不安定なアークスタートであったのでワイヤスローダウンで対応した。さらにワイヤ径をΦ1.2 以下にし、200A 以下、20V 程度の条件を選べば短絡が定常的に発生するアークとなり、しかも安定しており、**消耗電極式では当時全く考えられなかった t = 1.2mm の薄板でもスパッターのないきれいな溶接が可能であった。**なお、1958 年 R.W.Tuthill 氏は日本で短絡移行溶接に関する特許を出したが、東亜精機は既に先行実施していた。なお、東亜精機が併行的に製作していたセレン整流式の溶接電源は 300～550A を対象としており

上記短絡移行は不可能であった。前にも触れたが、昭和 40 年代になって整流式溶接電源は溶接機二次側にいわゆる「直流リアクトル」を挿入し短絡電流の立ち上がり速度を抑え、調整することにより短絡移行溶接が可能になった。CO₂ 溶接の登場時には短絡移行は未だ発見されておらず、はじめは大電流の力強いアークによる深い溶け込みが注目され、同時にこの電流範囲におけるやや激しいスパッタリングが人々の頭にインブットされた。そこで、それらの非難をかわすためアーク電圧を次第に下げるとワイヤ先端は母材表面から潜りスパッターは全くない意外な所でアーク安定条件が見出された。これらは今でもベリッド・アーク (Buried Arc) として特殊な継手に適用されている。その他スパッター低減には今日で言うマグ・スプレー溶接も見出されたが、CO₂ 溶接ではグロービュール移行がせいぜいでスプレー移行は不可能であった。特に短絡移行からグロービュール移行に変化する 200~300 A の電流範囲ではスパッター発生が多いことがこの時代、早くも高速度カメラを駆使して追求がなされた (第 14 話に続く)。



▲ 図 014-01 CO2 直流溶接電源の主回路方式と直流リアクトルの接続

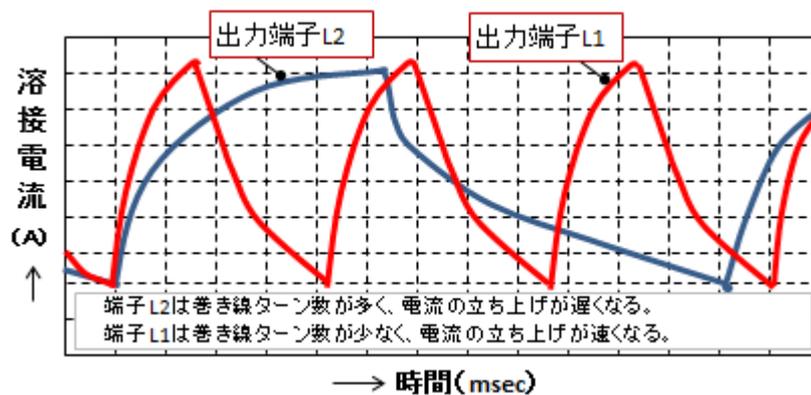
アーク溶接直流電源は回転型から静止型のセレン、シリコン、サイリスタへと順次、整流器素子の開発に伴って昭和 40 年代に進展。図 014-01 にみるように、主に三相交流で主変圧器 → 磁気増幅器（電圧制御用） → セレン（シリコン）整流器 → 直流リアクトル → アークあるいは、主変圧器 → サイリスタ（整流および位相制御による電圧制御） → 直流リアクトル → アークという構成であった。溶接電流という大電流を流す単なる「直流電源」とは異なったものです。その理由は、CO₂ 溶接が高速で送給される溶接ワイヤを電極としているため安定なアークスタート性の確保を求められ、かつ定常のアーク溶接時には規則正しい溶滴移行が必要とされ、それに応えるため「直流リアクトル」がその名の通り直流側に接続されたのです。



▲ 図 014-02 直流リアクトルの外観

主な外観を図 014-02 に示す。構造は鉄心に銅製コイルが巻かれているもので電気的には直流インダクタンス L (μH) を回路に与え、溶接電流波形を平滑にするとともに、ワイヤが母材に接触短絡したり、溶滴が溶融池に接触した時などの溶接電流の流れをコントロールするものです。アーク起動時はワイヤ、母材とも冷えた状態でそこに瞬時にアークを出そうとすると立ち上がりの大きい電流が必要で、巻き数の多い直流リアクトルが存在すると電流の立ち上げを遅らせてしまい、瞬時スタートに失敗しやすくなります。一方定常の溶滴移行時には電流の立ち上げが速すぎるとスパッターとなって飛散してし

まい正常な溶融池（モルトンプール）に溶滴となって収まってくれません。そこで直流リアクトルが作用して電流の立ち上げを**図 014-03**のように制御して良好なアークスタートを得たり、スパッターとなるのを抑制したりするのです。当時の溶接電源に接続された直流リアクトルは固定タップ式のもの（**図 014-02** 参照）でアーク起動時と溶滴移行時の双方を同時に満足させることは困難でした。溶滴移行時が良好の時、アーク起動時にパンパンと不安定になりやすい傾向にありました。昔のタップ固定式では困難であったものが、最近の発達した**フルデジタル式の波形制御方式は、任意に個別に設定ができます**のでそれらの機能を存分に駆使してアーク品質を高めて下さい。



▲ 図 014-03 直流リアクトルの巻き線数と溶接電流波形の関係

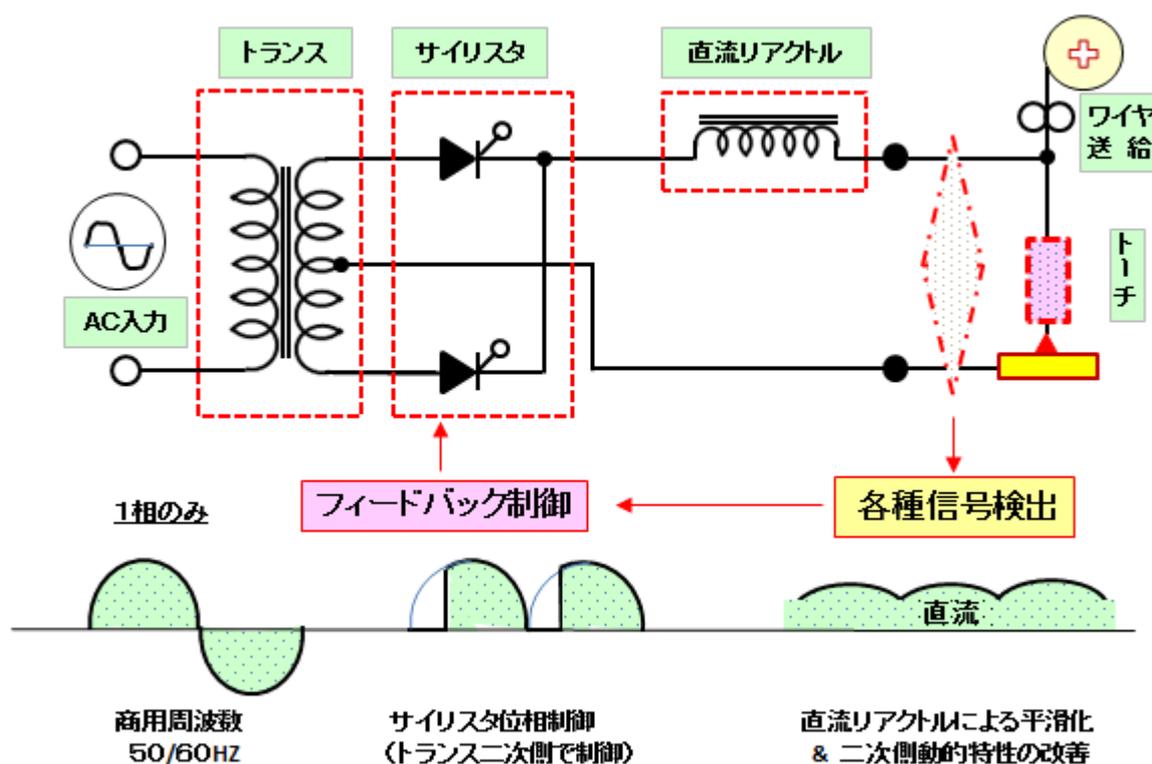
2015 年 3 月 23 日

昭和 40 年代の半ば頃よりシリコン整流式溶接電源から徐々にサイリスタ式電源に移行した。

主な理由は、シリコン整流式は電圧調整を磁気増幅器に依存していたため制御性、アーク性能両面で課題があり、制御性に優れたサイリスタ式の登場となった。サイリスタ式の主な仕様は以下の通りです。

- ① トランス二次側で制御し、商用交流を直流にしている。
- ② 電圧調整は商用周波数に同期して位相制御を採用。
- ③ トランス・直流リアクトルは大形で重い。
- ④ 制御回数は単相；100 回/秒、三相；300 回/秒（図 A015-01 参照）

サイリスタ式溶接電源の回路構成と波形



社日本溶接協会 電溶機部会編「アーク溶接の世界」パートⅢより抜粋

▲ 図 015-01

サイリスタ電源は現在でも半自動溶接用として主に適用されていますが、皆様の溶接現場で使用されていますか。自動機、ロボット機との接続では制御性に優れたインバータ機に置き換えられていませんか。これらの理由を知ることも、溶接電源を理解する上で大切なことです。

サイリスタ機の優れた点は、溶接電源として安価に製造できることです。とくに 500A 型などの高電流電源は、アーク起動時を除いては母材とワイヤの短絡は生じにくいのでアーク波形制御などは不要

で、鉄骨などの高電流半自動溶接には好んで適用されます。

一方、サイリスタ機の劣る点は、**第1**に波形制御性に劣りスパッターを抑制することが難しい点です。定常溶接時に直流リアクトルを適合させると、アークスタート時に電流の立ち上げ速度が遅くなるなどの矛盾を持っているからです。

第2に電圧調整、送給速度調整（電流調整）などにデジタル調整が効かないのでその都度、置かれた環境により溶接条件設定にバラツキを生じやすくなることです。とくに**電源電圧変動による影響**を受けやすく対策が困難です。

第3にロボットとの接続で、溶接ビード数が多く、アークON、OFFが繰り返される場合、スタート部・定常ビード部・エンド部の各ビード位置で適正な電流、電圧、波形制御などの設定が必要となりますがサイリスタ機では応答速度が100～300回/秒と遅く対応困難で、**昭和60年代始めに登場したインバータ機に主役を交代しました。**

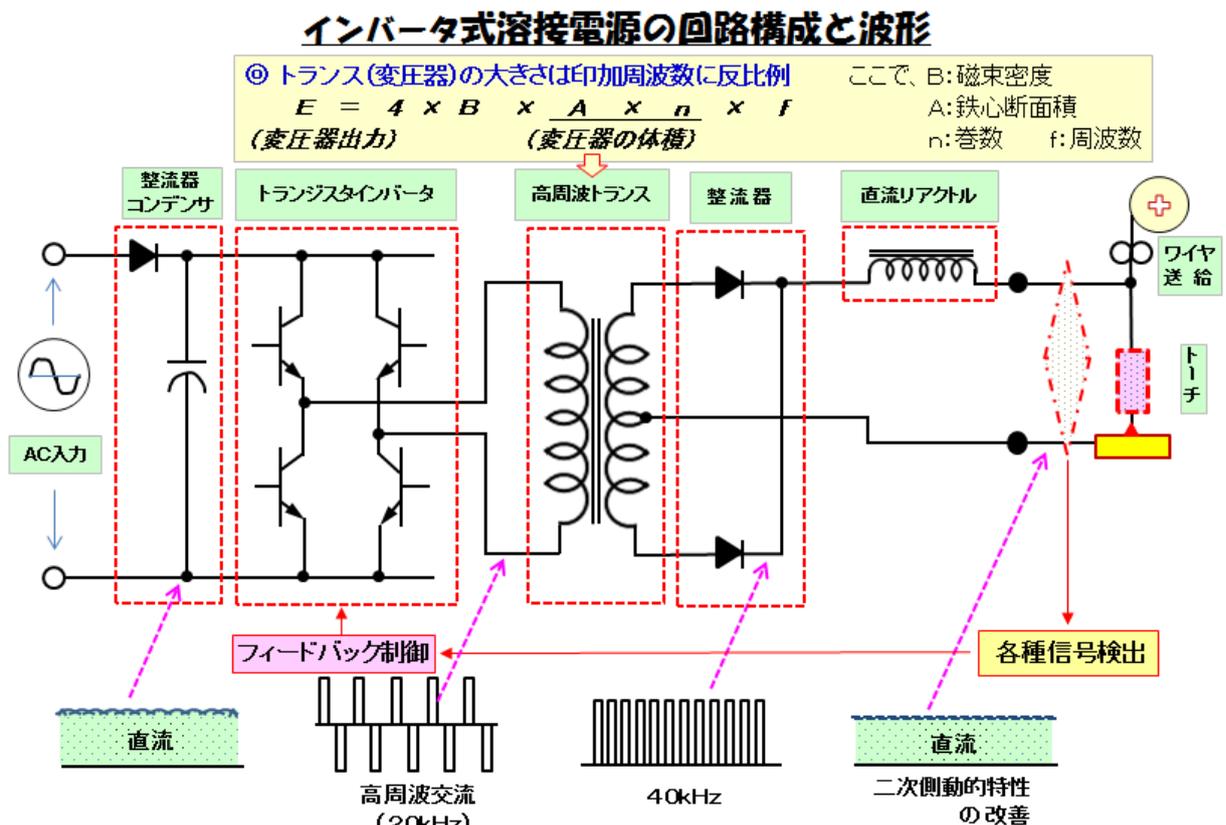
（第16話はインバータ機について記します）

2015 年 3 月 30 日

1980 年代の半ば頃よりサイリスタ電源から急速にインバータ機に移行した。その背景には 1980 年アークロボット元年としてロボット普及が進行したと重なる。

インバータ式の主な仕様は以下の通りです。

- ① トランス一次側で制御し、商用交流 → 直流とし、それら直流から高周波交流を作り出している。
次に高周波交流はトランス、ダイオードを介して直流に変換。
- ② 電圧調整は高速高周波の波形制御による
- ③ トランスが小形で軽い。直流リアクトルも小形。
- ④ 制御回数は 40,000 回/秒と高速制御可能 (図 A016-01 参照)



▲ 図 016-01

つぎにインバータ制御の特長についてその第 1 は高速応答が可能なことです。1 次側高周波交流を作り出すトランジスタインバータの周波数を 20kHz とするとトランス二次側ではダイオードにより 40kHz となり 1 秒間の制御回数が 40,000 回と高周波制御による応答速度の向上を図ることができます

。これはサイリスタ機の 130~400 倍の応答速度となります。

第 2 はトランスが小形、軽量化できることです。高周波交流 f を適用するため鉄心断面積 A および銅コイルの巻数 n を小さくできるからです。図 A016-01 中に示した式を参照下さい。

第 3 に低入力、省電力化が可能なことです。

多くの機能を有するインバータ機が最近ではフルデジタル電源として装備されています。

ここで、皆様にとくにコメントしたいことの**第 1 点**は、多くの機能がある溶接機の「各機能」をよく知り使い切ることです。過去の溶接機を経験している者にとっては現在のフルデジタル機の持つ各機能は「**夢のような働き**」をするものです。是非使い切して下さい。

第 2 点は、例えば波形制御の機能があったとすると、**その機能はどこで設定できるか**をまず知ることです。次に溶接ビードについて言えばスタート部、定常部、エンド部の各部位毎にそれらの波形制御が設定できるか、部位毎にはできないのかを知ることです。メーカー任せ、標準仕様任せにせず、**皆様の溶接製品に一番適した「機能」の設定**にして下さい。

第 3 点は、注意して頂きたいこととして、「機能」を適切に設定すれば、ブローホールなどの不良も**すべて抑制できる**とは考えないでください。「溶接」の持つ物理現象をすべてフルデジタル機で制御できる迄には至っていないことも事実です。

2015 年 4 月 6 日

パルスマグ、ミグアーク溶接法の特長は、

- ① スパッタレス溶接が可能
- ② 高溶着、高速溶接が可能
- ③ 亜鉛メッキ鋼板の低スパッター化、耐ピット・耐ブローホール溶接に適する
- ④ ミグブレージング法において溶着量を低減可能

など多くの点が挙げられます。

パルスアーク溶接法の歩みを振り返ると、昭和 30 年代前半に**大阪変圧器(株)**が**パルスアーク溶接法の特許を取得**し、「パルスオート溶接機」の名称で開発、アルミ製缶、車両分野に展開し、活躍した（大阪変圧器 50 年史より）。

パルスマグ・ミグ溶接電源の変遷と特長比較

	サイリスタ制御電源	トランジスタ・チョッパ制御電源	インバータ制御電源
電流波形 (模式図)			
	(周期一定、電流リップル大)	(周期可変、電流リップル小)	(周期可変、電流リップル極小)
制御素子	サイリスタ	パワートランジスタ	高性能パワートランジスタ
パルス電流	幅と高さは連動(独立設定不可)	幅と高さは独立設定可能	
ベース電流	溶接電流に応じて設定	固定値(溶接電流とは無関係に一定値)	
パルス周波数	50/60(100/120) Hz	溶接電流(ワイヤ送給量)に比例して変化	
短絡時の補償	短絡電流が自動的に増加	短絡に対する補償なし	自動的に増加
電源特性	定電圧特性	定電流特性	定電圧特性
溶滴移行	パルスに同期した溶滴移行は一部の電流域のみ	全溶接電流域でパルスに同期した溶滴移行 (1パルス1溶滴移行)	
アーク長	長い(短くすると短絡発生)	比較的短くしても短絡しない	かなり短くしても短絡は生じない

(社)日本溶接協会 電溶機部会編「アーク溶接の世界」パートⅢより抜粋

▲ 図 017-01

昭和 40 年代の**サイリスタ制御形パルス溶接機**は表 017-01 にみるように商用周波数の 1 倍あるいは、2 倍周波数しか選定できないためアルミ系には適用できて軟鋼系、ステンレス鋼系には適合しなかった。昭和 50 年代の半ば頃**トランジスタチョッパ形**の時代を迎えたが、パルスの立ち上げ、立下げ速度がやや遅く、富士山型となり周波数が十分に得られないなどの課題のため軟鋼系には十分普及できなかった。1980 年代になると**インバータ制御形**が登場し**1パルス・1溶滴制御が容易に可能**となり、スパ

ッタレス化、高速溶接化へ道を開いた。背景には、1980年代半ばより自動車関連においては**小型トラックのラダーフレームの溶接、サスペンションメンバーなどの垂鉛メッキ化による防錆鋼板の溶接**対応など要求課題が多く、パルスマグ、ミグ溶接機の活躍の場が与えられた。溶接電源を含め、溶接ワイヤおよびマグ混合ガスの**三位一体による溶接技術の革新**がなされ、大きな飛躍につながった。インバータ制御形では**表 017-01** にみるようにパルスの立ち上げ、立下げ速度が**速く**、周波数も任意に設定できアーク長を短くしても短絡は生じない特長があり、短絡移行溶接に比べ発生スパッターはほぼ **1/10 以下** に低減可能となった。

一方、パルス溶接機にも課題があり、敢えて挙げれば以下の諸点となります。

- ① 短いビードでスタート、ストップが繰り返される場合はスパッタレス効果が半減。
- ② 薄板溶接の場合は溶落ちしやすく、母材の歪、変形も大きくなりやすい。
- ③ ワイヤの種類により異なる最適なパルス条件を選定する必要がある。
- ④ 入力電圧の変動や溶接ケーブルの長さによってパルス波形が影響を受けやすい。

パルス溶接では波形要素が多くあり、ワイヤとガスの種類を含め、深い理解の上で、皆様の溶接品に適する設定条件の選定に注意を払ってください。

2015 年 4 月 20 日

これまで**溶接電源の歩み**について 6 話にわたって見てきました。本稿では、溶接機における**タイミングチャート**について、**図 018-01 の小電流・短絡移行（自己保持なし）の場合**を説明します。

それでは、**半自動アーク溶接のトーチ操作をイメージしましょう！**

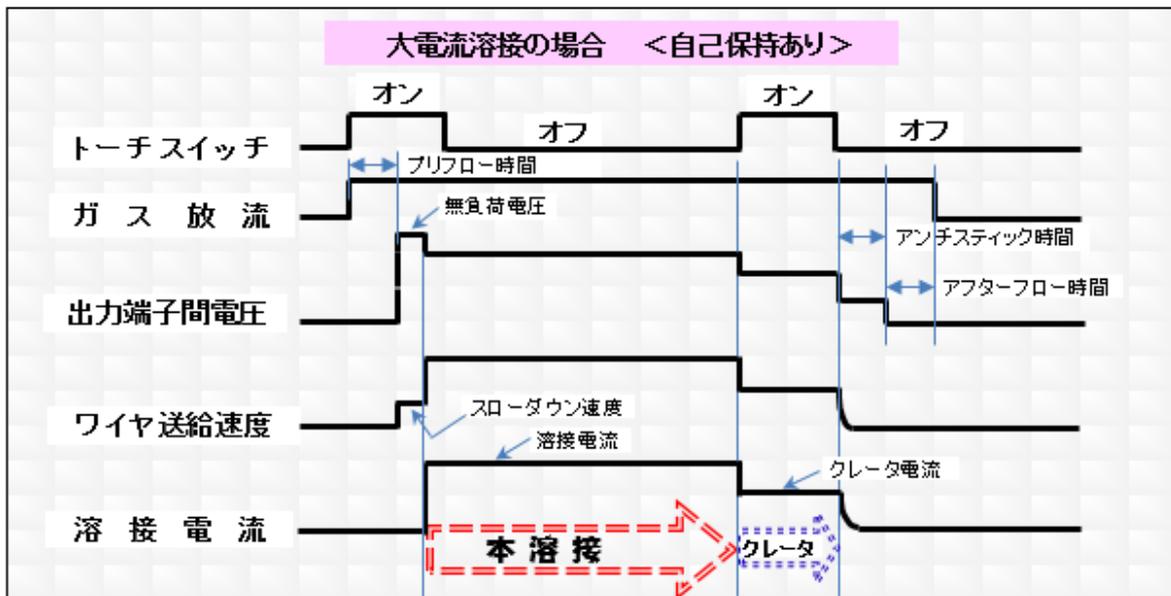
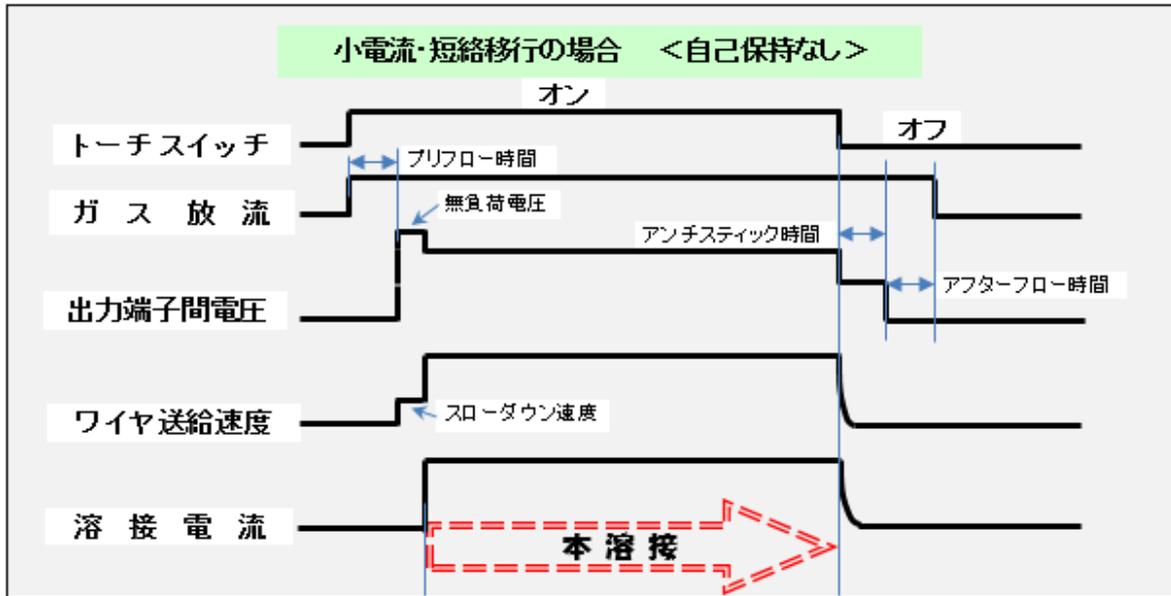
はじめに**トーチスイッチ（以下 TS と略す）を ON** にします。**被包ガス**が流れます。これが**プリフロー**です。短時間のプリフロー後、**溶接電源が ON** になり出力端子間に**無負荷電圧が印加**されます。ほぼ同時にワイヤが母材へ**スローダウン送給**され、接触・短絡し**アークが発生**します。いよいよ本溶接です。ワイヤ送給は**溶接電流**に切り替わり溶接を継続します。次に溶接終了位置にきました。TS を OFF します。TS-OFF により**ワイヤ送給停止信号**が出ますが、**送給モータは即停止できません。「慣性」**があるためです。**イナーシャ**とも言います。**TS-OFF 後も慣性分だけワイヤが出ます**。そのため TS-OFF と同時に出力端子間電圧を切るとワイヤが溶融金属内に突っ込んでしまいます。それを防止するために短時間適正な出力を供給しワイヤを溶かします。この時間を「**アンチスティック時間**」などと呼称します。この時間が短すぎる場合ワイヤは溶融金属に突っ込んだり、突っ込みそうになり、長すぎる場合はコンタクトチップ側に燃え上がろうとします。**適正な出力レベルと「アンチスティック時間」**の設定が必要となります。同時に**ワイヤ先端に形成する凝固球の形状を極力尖った形になるように設定**します。その後、溶融金属が凝固するまでガスで被包する**アフターフロー時間**を経て**終了**となります。

半自動溶接でエンド処理終了前にトーチを引き上げますと溶接機によるワイヤの処理がなされないため、長いワイヤ出代(mm)となりペンチで切断しながらの作業をされている事例があります。そのような煩わしい作業をしないためにもこれらのタイミングチャートを良く理解しましょう。

従来は**1 次側電圧変動**の影響が大きい場合、および**温度補償**も不十分である場合など、アーク電圧設定および溶接終了後のワイヤ出代(mm)のバラツキなど監視業務を伴いました。

ご使用中の溶接電源は変遷に伴って性能が改善されていますが**最新鋭のフルデジタル機ばかりではありません**。溶接機の動作、制御をよく理解し、変動・バラツキをしっかり抑えながら溶接品質維持を心掛けたいものです。

マグ・ミグ溶接におけるタイミングチャート



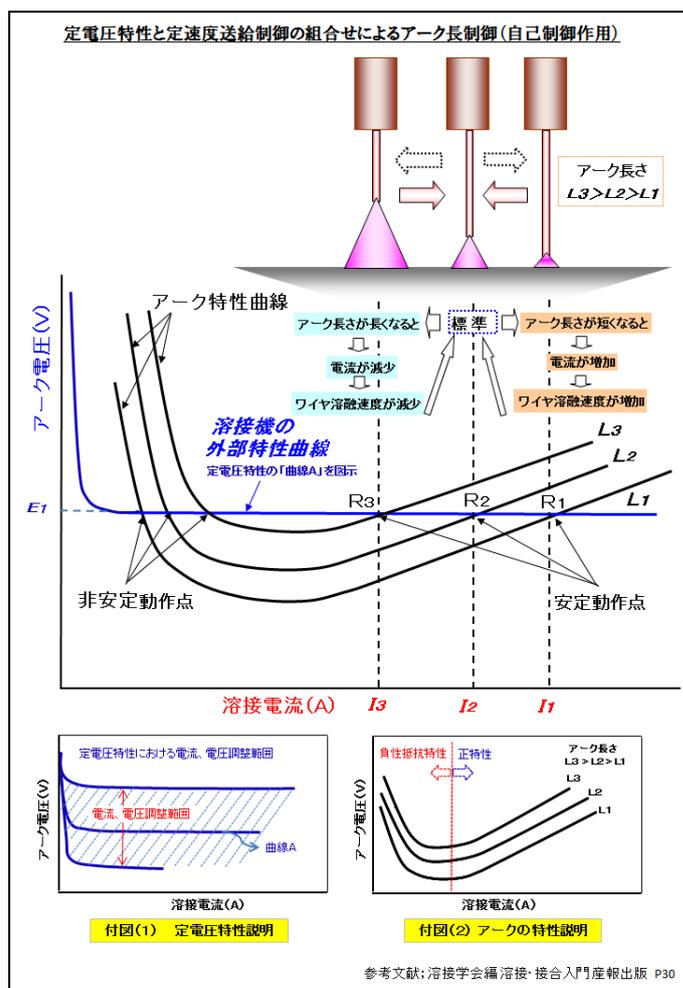
参考資料； 榎ダイヘン技術資料

▲ 図 018-01

2015 年 5 月 7 日

昭和 31 年日本ではじめて当時の東亜精機が CO₂ 溶接法向けの溶接電源を製作した。製作のヒントは、当時米国人技師 R.W.Tuthill 氏が提唱していた外部特性に上昇特性および定電圧特性をもつ MG（モータ・ジェネレータ）式電源でありそれ以降、「定電圧特性」と「定速度送給制御」の組合せが定着し現在に至っている。アーク溶接の根本は「ビード幅を一定にする溶接」であり、上記の組合せに依りはじめて得ることができたのです。これらのしくみを理解することはアーク溶接を深く知る上でとりわけ重要です。

図 019-01 に沿って説明します。図 019-01 には溶接電源の外部特性（溶接電流 - アーク電圧）曲線（付図(1)）とアークの特性（付図(2)）が重ねて描かれています。理解を容易にするために溶接電源特性から説明します。



▲ 図 019-01

横軸に溶接電流(A)、縦軸にアーク電圧(V)を取ると、溶接電流が流れない時は無負荷電圧を示し、一般的に低電流、低電圧から高電流、高電圧範囲まで調整範囲があります。定電圧特性は溶接電流が 100A 変化してもアーク電圧降下がせいぜい **3V** 程度以内のものを指します。一方、「**アークの特性**」は低電流域では**負性抵抗特性**を示しますが、マグ、ミグ溶接ではこの領域を使用しません。使用するのは**正特性**の領域で、アーク電流が増加するとアーク電圧も上昇するという特性を有します。今、**電圧レベル**を**定電圧特性曲線 A** に設定、電流 **I2** (予め設定した定速度送給制御により得られる電流値)、アーク長 **L2** で溶接していました。動作点は **R2** です。何らかの要因でアーク長が短く **L1** になったとします。**曲線 A** の設定は変化しないので動作点は **R1** に移動します。すると定電圧特性のため電流が大きく増加し、 **$I^2 \times R$** によるワイヤの溶融が促進され、元の **L2** のアーク長に戻ろうとします。逆に何らかの要因でアーク長が長く **L3** になったとします。動作点は **R3** に移動します。すると定電圧特性のため電流が大きく減少し、 **$I^2 \times R$** によるワイヤの溶融が抑制されるため一旦 **L3** と長くなったアーク長が元の **L2** のアーク長に戻ろうとします。このようなしくみで任意の設定である**アーク電圧 E1** と**ワイヤ送給速度** (ここでは電流 **I2**) に対応したアーク長 **L2** に自動的に保持されることとなります。これを**アーク溶接機による自己制御作用**と呼び、**定電圧特性と定速度送給制御の組合せ**が適用される理由がここにあります。

2015 年 5 月 25 日

「溶接ワイヤのスムーズな送給」はマグ、ミグ溶接の 3 つの基本の 1 つです。本稿では、**プッシュ式ワイヤ送給方式とその制御**に関し変遷のあらましと考え方について述べる。

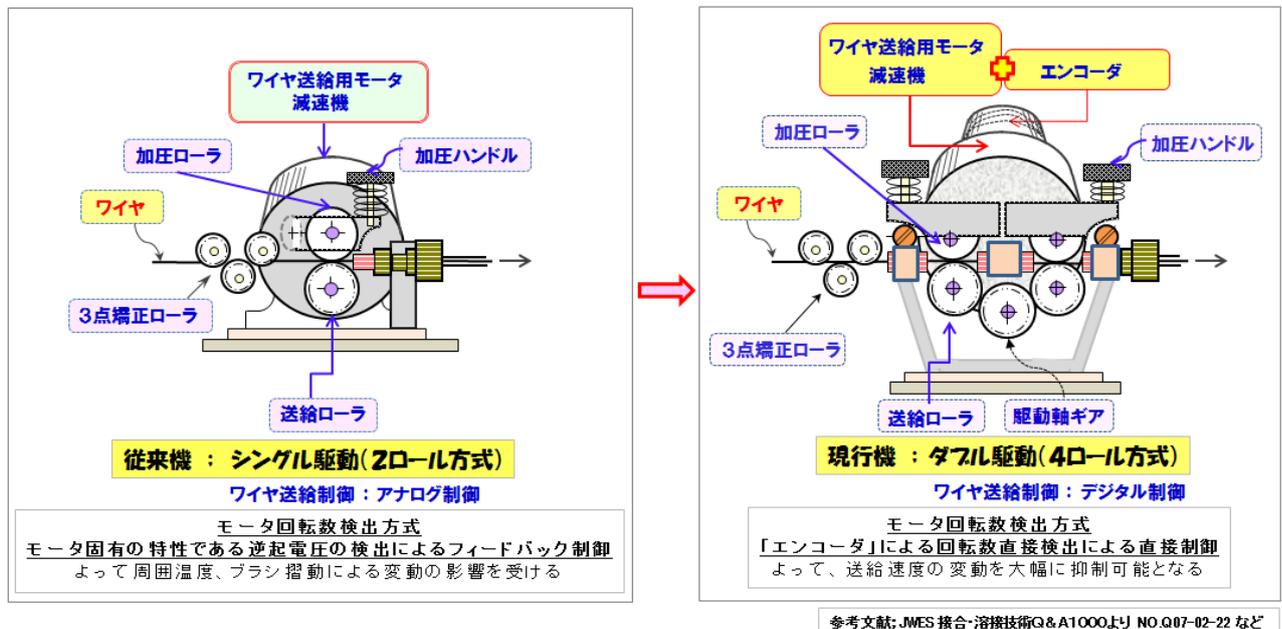
ワイヤ送給は開発当初から**定速度送給方式**が採用され、半自動溶接用および全自動溶接用に送給装置が設計された。

ワイヤ送給に求められることは、

- ① 定速度送給が可能なこと
- ② 送給負荷、周囲温度、入力電圧などの変動およびブラシ摺動に対し送給速度変動を極力抑制できること
- ③ 送給速度の切り替え（スローダウン⇒定常溶接時など）応答が速いこと
- ④ 送給終了時に惰性（慣性）が少ないこと
- ⑤ 送給装置が小形、軽量で取扱い容易なこと

などが挙げられます。

ワイヤ送給装置の駆動方式と送給制御の変遷



▲ 図 020-01

従来から適用されてきた**2ロール方式**および最近軟鋼系ワイヤにも積極的に使用される**4ロール式**の送給装置外観を**図 020-01**に示す。**2ロール方式の送給装置**は昭和30年代後半から現在に至るまで使用され、それらの送給モータには主にディスク状電機子（ローター）とフェライト系永久磁石からなる軽量、低慣性な**プリントモータ**が減速機とともに搭載され「**アナログ制御**」されていました。しかし周囲温度の変化、ブラシ摺動に対し十分と言えず、溶接電流の変動、終了時のチップからのワイヤ出代（mm）のバラツキなどに課題がありました。

一方当初は、**4ロール方式**と言えば細径ワイヤ用、軟質アルミワイヤ向けの特殊仕様でしたがロボットの時代になり急速に普及し最近では軟鋼系にももっぱら適用されています。

2000年になって、4ロール送給方式の送給装置には回転をパルスで検出する「**エンコーダ**」と呼ばれる検出器を標準装備した送給モータが搭載されるようになりました。いわゆるモータの回転数そのものを直接制御する「**デジタル制御方式**」を採用することによって種々の変動を大幅に改善しています。

ワイヤ送給制御のデジタル化によってもたらされる**送給速度変動の抑制**は、**アークの安定性向上**、**スパッター低減**などの効果のほかに、**溶接終了時のチップからのワイヤ出代（mm）のバラツキ抑制に伴うアーク起動性の改善**などの効果をもたらしています。

なお、デジタル送給制御による4ロール方式はアナログ制御による2ロール方式に比べ多くの利点がありますが、**現場を歩いているとかなり大きな落とし穴を抱えていることがわかりました**。第23話あたりで、これら**4ロール方式に関わる取扱いの課題**を紹介できるよう予定します。