

ヘリアーク及びシグマ熔接法の展望

大阪変圧器株式会社* 上田 虎之助
熔接工場応用技術課長

第二次世界大戦終了後、欧米諸国、特に米国に於ける熔接技術の現状が明らかになるにつれ、今更の如く、驚嘆すべき長足の進歩に目をみはつたのであるが、この中でも所謂「フュージョンソールド」の分野に属すべきものの中で、自動溶弧熔接法（ユニオンメルト法）及び不活性ガス被覆電弧熔接法（シグマ及びヘリアーク熔接法）は、今次大戦が生んだ熔接界に於ける二大傑作とも称し得るのではなからうか。

ユニオンメルト熔接法は、米国に於ては既に今次大戦以前より実用に供されていたものではあるが、他の工業技術と同様、戦争目的遂行と云う絶対的要求は、その実用化に一層の拍車をかけたのである。即ち米國が斯くも大量に且つ短期間に、特に太平洋岸に於ては1日1隻と云う超速度で、結戦の蹄蹟に依る船腹の喪失を充満し得た茲には、ユニオンメルト熔接法が演じた重大な一役を忘れてはならない。

我國に於ても、ユニオンメルト熔接法は、戦後いち早く、各造船所の要請と運輸省船舶局の轉運に依り政府輸入によつてその技術の導入が行われたのであるが、戦火の跡よりフェニックスの如く立上つた我國工業界、特に当初に於ては造船界の近代化と高性能化に寄与し、現在に於ては、ユニオンメルト熔接法は極く普通な熔接法として、広く金属工業界の各部門に於て使用され、より早くより経済的に熔接を行い得て而もより良い熔着金属の得られることは広く識者の認めるところであるが、ユニオンメルト法に就て筆を進めることは、本文の目的ではないので、他日に之を譲りたい。

不活性ガス被覆金属弧熔接法（ヘリアーク及びシグマ）が初めて工業界にデビューしたのは1948年米國に於てであつて、最も新しい熔接法と云える。もつとも電弧及び熔融金属を何等かのガス状物質で被覆し、外気による悪影響を防止しようとするのは別に新しい考案ではなく古くから熔接界の先達等に依り何度も試みられたものである。

金属電弧熔接法の一部門としてのヘリアーク及びシグマ熔接法に就て述べる前に、ヘリアーク及びシグマ法に選発した電弧熔接法の史的諸断面に一瞥を与えてみたいと思う。

デベルナルド氏（ロシア）が炭素電極を負に、被熔接物を正に結線して、熔接を行つたのが所謂「電弧熔接」の始めて、時正に1860年であつた。電源には蓄電池を用い、電圧が低下した場合は置に充電し得るやうな装置を併用していた。デベルナルド氏の炭素電弧熔接法の發明後、フラビヤノフ氏（ロシア）が炭素電極の代りに金属電極を使用することを提唱し、現在最も広く一般に使用されている金属電弧熔接法は、ここに始めて発軀あるその歴史の第一歩を踏み出した訳であるが、電弧、熔融金属、熔接池とも凡て外気にさらされているため、電弧は安定せず、且つ外気中の窒素、酸素、水素等の悪影響を受けるので、当然のことながら、満足すべき熔接結果を得られなかつたため、左程工業界で利用されるには至らなかつた。その後キエルベルグ氏（スウェーデン）は、裸棒使用中偶然の機会に被覆棒のホントを得、現在広く使用されている被覆棒の基を造つたのであるが、被覆棒の発見により、金属電弧熔接法もやうやく掃蕩期を脱したとも云うべく、以後の被覆剤自体の改良進歩と熔接器の発達と相俟つて、金属加工部門に於ける必要不可欠からざる存在に遂成長したのは、第一次大戦以降に於てである。

多数の研究者がより良い被覆剤の発見への不撓の精進を続けていた間に、他方に於ては、金属電弧並に熔接部を特殊ガスで被覆することに依り、健全な熔接部を得んとして真摯な努力を払つて居た一群の研究者等があつた。即ち1919年窒素ガスを被覆ガスに利用することが試みられたが失敗に終つた。1926年ウェバー氏（ミネソタ大学、米國）は数種のガスに就いて研究した結果、ヘリウムガスを被覆ガスに使用して始めて満足すべき熔接結果を得た。その後アルゴンも亦被覆ガスとして使用し得ることが判り、1930年にはアルゴン及びヘリウム空閉気中で溶剤は使用せずに電弧熔接を行う特許が米國に於て公表されたのであるが當時は電弧を同様なガスで被覆すること自体の技術的困難と、併せて熔接に必要な高純度アルゴン並にヘリウムが高価に過ぎるため、実用性がないとして顧られなかつた。亦他方、前述の如く被覆熔接棒は第一次大戦後に長足の進歩を遂げ、熔着金属の諸性質は充分満足し得るものが得られ且つ電弧の安定性も大いに改良されていた。即ち、被覆棒では被覆剤中に所謂電弧安定剤を配合して所要の電弧雰囲気を生ぜしめて電弧の安

*大阪変圧器KK 大阪市東淀川区元今里町北3

定を計り、更に溶剤的な物質の割合により熔着金属の冶金的性質の改善を行ひ不純物等の除去を行ひ得るので、当時の工業技術の要求には被覆棒による電弧溶接で充分応じ得られたものと思われる。

プロペラ推進による飛行機の速度は800軒/時を超え得ないとは古くから予想せられていたのであるが、第二次世界大戦も漸くその最高潮に達しやうとしてた1940年、高速を生命とする第一線戦闘機に対する設計的な且つ量産的な要求に対応するための研究に一片の拍車加つたと同時に、構想を全然新にした謂所「ジェット」エンジンの研究も着々歩められた。

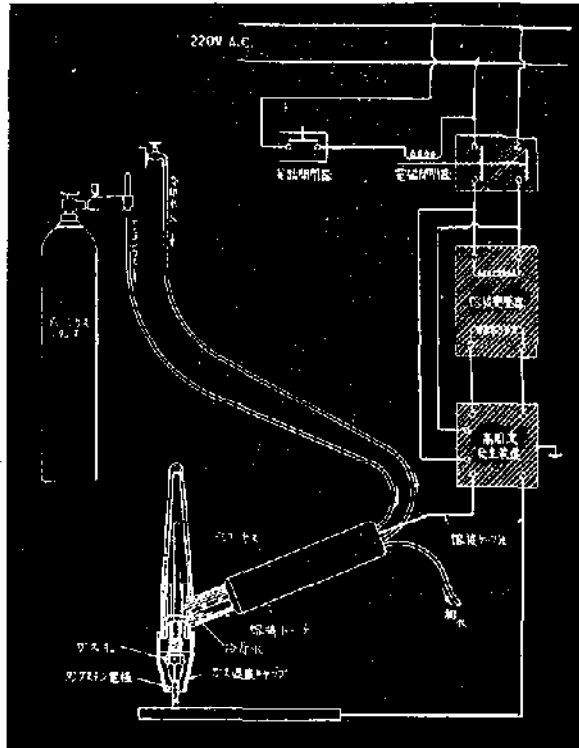
航空機の軽量化並に量産化の一環として、マグネシウム及びその合金に電弧溶接を採り用せんとする航空界の趨勢に応じ、ノースロップ航空会社は不活性ガス電弧溶接法を、その目的に応じ得るものとして着目し、此處に且つて、見捨てられた不活性ガス電弧溶接法の再登場となつたわけである。

時代の脚光を浴び再登場した不活性ガス電弧溶接法は、被覆ガス、ガスノズル形状、溶接機器等の種々困難な問題を克服し、先づアルミニウム及びその合金の溶接分野に急速に且つ広汎に浸透し始めたのであるが、戦後に於ては更に一片の加速度を以て遼原の火の如く亜鉛及びその合金を除く、凡ゆる金属の溶接分野にその使用範囲は拡げられ、今や金属加工部門に於て必要欠く可からざる工具として、年々その使用範囲が拡大しつつあるのは誠に割目に値すると思われる。

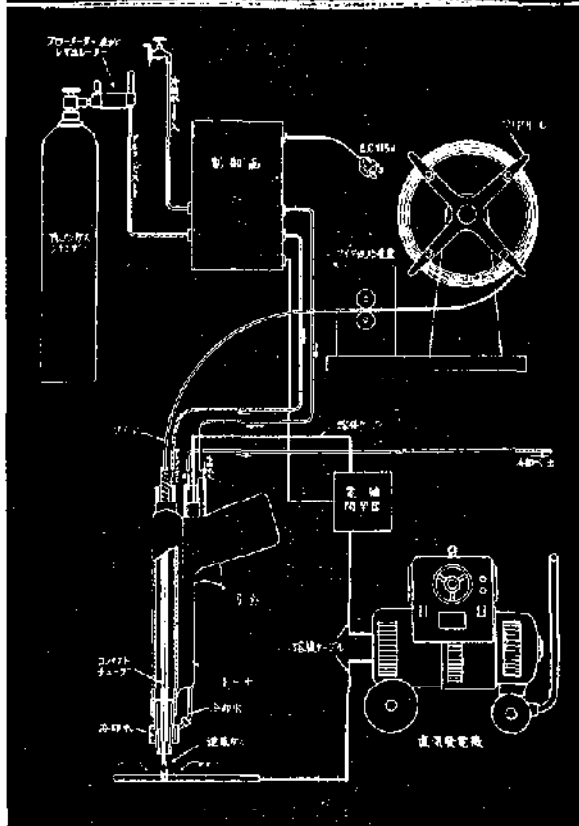
現在使用されている不活性ガス被覆電弧溶接法は、非消耗性電極を使用する「ヘリアーク」法と消耗性電極を使用する「シグマ」法とに大別することが出来る。

ヘリアーク法

ヘリアーク法では電極をタングステン電極と被溶接物間で発生せしめ、この電弧熱により溶接を行ひ電弧、電極端及び溶接池は完全に不活性ガス（主としてアルゴン）で被覆されているもので、電極は消耗せず従つて必要な場合には、普通の場合の場合の如く、棒溶棒を使用する。第1図参照のこと。



第1図
ヘリアーク法
説明図



第2図
シグマ
法説明
図

シグマ法

シグマ法でも電極と被熔接物間に電弧を発生せしめるのであるが、電極が消耗し、之が熔着金属に成るもので、電弧、電極端及び熔融池が完全に不活性ガス（主としてアルゴン）で被覆されている点はヘリアーク法と同様であるが、異なる点は、シグマ法に於ては電極にタングステンは使用せず、母材と同一又は類似の裸ワイヤを用い、之のワイヤが自動的に供給され、ワイヤ端と被熔接物間で発生する電弧熱に依り、ワイヤが熔融滴下して熔着金属を形成するものである。第2図参照のこと。

次にヘリアーク及びシグマ法に於て、特に興味ある熔接現象の二、三、に就て簡単に述べ、更に現在吾国に於て実際に使用されている米国リンデ社製品の中代表的な機種を紹介したいと思う。

1) 熔接電流の種類

イ) ヘリアーク

熔接すべき材料に依り異なるが一般に直流正極性（電極：負）が使用されるが、アルミニウム、マグネシウム等の如く酸化物生成の傾向大なるものには直流は不適當で高周波付交流を使用する。高周波付交流は厚さ0.03吋以下なら殆ど全金属に使用し得る。特に表面肉盤には交流がよい。

ロ) シグマ法

直流逆極性を使用し、正極性は肉盤に使用される程度である。尚交流は未だ実験研究の域を脱せず実用されていない。

2) 電流密度

シグマ熔接法に於ては、以下述べる理由により高電流密度が本質的に要求される。従つて比較的高価な細いワイヤを用いる必要があり、且つ薄板の場合熔着金属の過剰を来し実用最低板厚が $\frac{1}{16}$ にとどまっている欠点にもなっている。

シグマ法を特徴づける要素に、移行金属粒子の数、ワイヤの熔融速度、熔着金属量及び粒子の加速度等である。

これら諸要素に対し電流密度が影響するのは当然であつて、移行金属粒子の数は電流密度と共に基だしく増加する。例えば $\frac{1}{16}$ 径のアルミニウムのワイヤで、250Aと500Aでは粒子数は約30倍に増加する。ワイヤの熔融速度についても同様電流密度と共に増加するだろう事は容易に想像される。従つて熔着金属量も電流密度と共に変化する。移行金属粒子に加わる加速度は電流密度の増加と共に基だしく増加する。且粒子の大きさが小さく

なるため電流密度が小さくない限り、重力は無視出来る。この現象は上向き熔接法の場合特に重要である。

3) 不活性ガス中のアーク現象

シグマ熔接法に於ては、前述の如く熔接電流として交流及び直流正極性は殆ど使用出来ないで直流逆極性に於けるアーク現象に就て述べたいと思う。

シグマ法には高電流密度が要求され、電極寸法、熔接すべき材質によつて定つた最小電流密度があることは既に述べた通りであるが、斯様な電流密度を使用すると、この電弧は外部を被つているプラズマと内部のよく輝いた円錐状の光柱とからなつている。

更に興味ある事は、母材上に起る陰極効果である。外部プラズマの周辺に沿つて母材上に見られるスパッターリングは表面酸化物上の陰極点に依つて起ると云はれているが、この作用が所謂クリーニングアクションである。

シグマ法の場合には熔融金属に電氣力が働いて小さい粒子としてくびり出し、アークの中へ押し出すものと考えられている。即ちピンチ効果と呼ばれている説明が加えられている。事実高電流密度を用い、且移行粒子が極めて小さい事から、アーク中の電氣力はこの作用を行うに十分な力を持つていよう事は容易に想像されるのである。

4) アルゴンガスとヘリウムガスとの相異

イ) 遮蔽効果

アルゴンガスは母材の表面をよく包み可なりな範囲をよく遮蔽する。これに反し、ヘリウムガスの場合は、母材の表面に當つてから立ち返る傾向がある。これはヘリウムガスの密度が空気の密度より小さい事から容易に考えられる事である。写真1参照。併し乍らヘリウムの流量を増しさえすれば、充分遮蔽効果が得られる。

ロ) ガス流量

ガスの必要量は、種々の熔接位置、熔接条件、成品の規格等から決定せねばならぬ。(a)に述べた如くアルゴンに比し、ヘリウムの場合は約2倍の流量を必要とする。

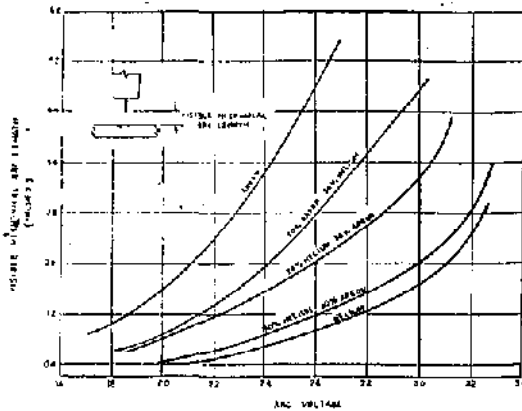
ハ) 電弧現象の相異

アルゴンガスとヘリウムガスとは重さ及び電離電圧が異なるため、夫々の電弧の特性には可なりな相異が認められる。

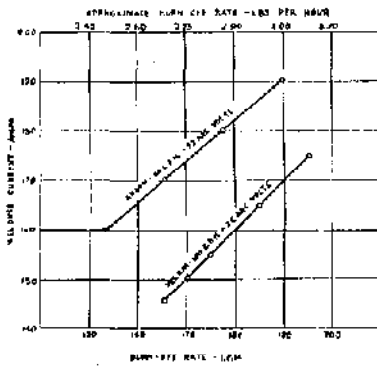
その一例として、次にアーク長とアーク電圧との関係に着しい相異が認められる。

第3図は熔接電流180Aの場合の1例である。アルゴン、ヘリウムアーク共に安定なアークになる電圧はアル

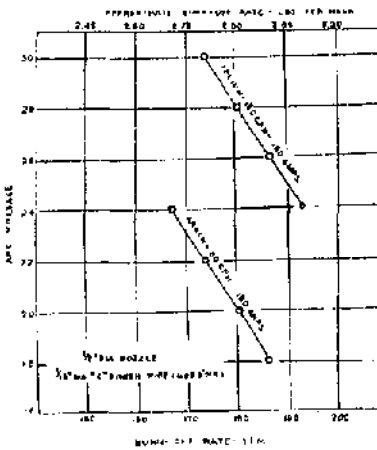
第3圖
電弧電圧と可調機械的電弧長との関係 (ウーディング)



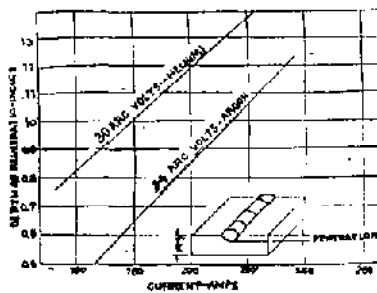
第4圖
ワイヤー熔融速度に与える熔接電流の影響 (ウーディング)



第5圖
ワイヤー熔接速度に与える電弧電圧の影響



第6圖
融込量とアルゴン及びヘリウムの関係



ゴンガス中では38V、ヘリウムガス中では32Vである。又この図から分かる様にアルゴン、ヘリウムの混合ガスの特性は、その混合率に略比例する事が推察される。

エ) 芯線の熔融速度

第4図はヘリウムの場合にはアーク電圧28V、アルゴンガスの場合は22Vで測定した値であつて、熔接電流に比例する。

熔融速度は共にアーク電圧に逆比例している、第5図。この原因の最たるものは母材上の陰極点からの幅射エネルギーに依るものと考えられる。従つて同じ電弧電圧でもヘリウムガス中では機械的電弧長が短いため熔融速度が幾分多いという結果になる。

ホ) 融け込み深さの相異

6図から分かる様にアルゴンガスで遮蔽した場合に、その融け込みがヘリウムガスに比して非常に小さい。若し最大融け込みを必要とする場合などヘリウムガスを用いるとよい。

5) 機器の紹介

イ、ヘリアーク溶接機

- 半自動溶接機 HWM-1型
- 全自動溶接機 HWM-2型

ロ、シグマ溶接機

- 半自動溶接機 SWM-2型
- 全自動溶接機 FSM-1型 SWM-3型

以上各種機器があるが、ここではヘリアークとしてHWM-1型半自動溶接機、シグマ溶接機としては、SWM-2型半自動溶接機、FSM-1型全自動溶接機のみにつき簡単に説明したい。

1. HWM-1型半自動ヘリアーク溶接機

(イ) 機能

- 最大熔接電流 300A
- ワイヤー送給速度 10~100in/min
- ワイヤー寸法 1/4"φ
- 電源電圧 230V 60~

(ロ) 動作及び特徴

この機械のワイヤー送給方式は所謂エレクトロニクsgabナーに依る定速度送給であり、その速度を調節するには、ガバナー表板にある速度調整器のダイヤルを回すことにより所定の速度を得る。この速度は速度計の読みとして得られる。これはサイクロンにかかるグリッド正電圧を抵抗により加減し、その電圧を速度計の読みに換算しているのである。

11型)の引金スイッチを引けば、アルゴンガス、冷却水及び熔接電源の電磁開閉器が入り、送給電動機が回転する準備をする。次にワイヤを母体にスクラッチしてアークを発生せしめれば送給電動機が回転し、ワイヤが定められた一定速度で送給される。一度アークが発生し、安定すれば、引金スイッチを外しても自己保持リレーが働いているためその儘熔接が行われる。

熔接を止めるには再び引金スイッチを引けば、ワイヤの送給が止まり、電磁開閉器が切れ熔接が終る。

ワイヤをインチするには遠方制御箱の押ボタンを押せばよい。

Ⅲ. FSM-1型全自動シグマ熔接機

(イ) 機能

最大熔接電流 最大 600A

ワイヤ送給速度 585in/min

ワイヤ寸法 3/16", 1/4", 5/16", 3/8"

(ロ) 特徴

この機械は CM-37 型台車、或は OM-48 型サイドビーム台車何れにも取付けられる。(但し附属品は多少異なる。)被熔接物の板厚は 1/8" から 1 1/2" が最も多く用いられる。勿論特殊用途としてアルミニウムで 0.05"、不銹鋼で 0.025" 迄熔接可能である。

この機械はネオンメルトと同様電弧電圧による制御方式を取っている。併し前述の様に機械的電弧長の変化

に対して電弧電圧の変化範囲が小さいため真空管より直線の格子に負載している点が異なる。この負載のため電弧電圧対電動機回転数の変化、即ち静的制御感度が流弊した後サイクロンに加えている点及びサイクロンの出力電圧、即ち出機予圧の一部をサイクロン減少する。併し一方速度変動率が良好になる。

その他この機械の特徴をあげれば

1. スタートはスクラッチ、リトラクト何れも可能である。
2. ワイヤの送給制御はスイッチに依り SWM-2 型と同様定速度送給も出来る。
3. 幅広のビードを置くために、ヘッドを進行方向に対して直角に振れさせる装置も使用可能である。
4. 接続部品を用いて HW-11 型トーチの取付けも可能である。
5. ヘッドの水平、垂直方向の開閉可能、ノズルは両面内の希望方向に向ける得る。
6. 勿論インチングは可能である。

以上この機械は種々の特徴を持つているが、それだけ複雑な附属品がついている事になり、操作は勿論スイッチで出来る訳だが、見た目には物々しく併も台車を必要とするなど半自動シグマ熔接機の様に駆使する事はやゝ困難の様に思へる

オーステナイト不銹鋼熔接棒使用上の二、三の問題

(異材熔接の場合について)

大阪大学工学部 井 川 博

Ⅰ ま え が き

オーステナイト不銹鋼熔接棒には Cr-Ni 系、Cr-Mn 系の二系統がある。後者は第二次大戦中 Ni 資源の欠乏によりその代用として Mn を用いたものである。わが国でも当時その試作研究が行はれ、現在一部に実用されているようである。前者は今日広く実用に供され、しかも Cr と

Ni の割合が 18-8, 19-9, 20-10, 25-12, 25-20 等種類が極めて多い。今 A. W. S. 規格に定められたこの種オーステナイト不銹鋼熔接棒の種類と、それらの熔着金属に要求される化学組成、機械的性質を示すと第 1 表のようである。わが国ではオーステナイト熔接棒に関する規格は未だ制定されていないが、おほむね上記 A. W. S. 規格に準じた種々のものが製造販売されている。それらの