多極式熔接アークの轉移機構*

小沢正義** 森田敏勝** 大村國雄**

Transfer Mechanism of Multi-Arc in Welding*

by M. Ozawa,** T. Morita** and K. Omura**

Abstract

The melti-arc has been so widely used in welding, but it is not evident how the arc can transfer from one electrode to another.

Authors have deeply studied the after-arc phenomener, and applied our theory to the clarification of the transfer mechanism of the multi-arcs.

We will report our results as we have acquired its clear solution.

In our method, we measured separately the currents flow through the two electrodes.

In addition, we used an interrupter in a circuit of a current in order to lead the transition of in our accords.

We investigated the variations to time of the currents, voltage and arc-resistance at the vicinity of the transition.

Our results and considerations lead to the following conclusions;

- The transition happens when the arc resistance becomes a certain constant value.
- The interval of the transition is about 1/100 sec.
- The reparate currents flow at the interval of the transition, but the essential arc seems to have already transfered.
- Strictly speaking, the arc voltage should go down slowly, and not abruptly.
- In general, the abrupt increase in the arc voltage by some reasons (for example, the dsecend of globuls except the transition induces the transition.
- The number of the abnomal increases in the voltage are larger than the numbers of the transitions.
- When we induce the transition by the interrupter, the arc voltage decreases without fail.

1. 緒 言

多極式熔接方法が案出されたのは1911年で Strohmenger¹⁾による。その後本邦の仲²⁾氏が実験を試みているが、以上は従来の熔接棒を二本または数本組合せて同じ電流から同じ熔接棒ホルダーに取り付けて行ったものである。

これに反して、大西³⁾氏は両極式熔接法と名付けて三相交流を用いて、2本の熔接棒を別個の位置に、位相差をつけて三相交流で行っている。村上⁴⁾氏は後者を実験に採用して、多極式アークによる熔接法の利害得失を論じている。最近に至り J.A. Dorelan⁵⁾ は同じく上の方法による実験結果を述べている。また M. Lebrun^{6,7)} は多くの熔接棒を束にして、多数式アークを行い、各棒の電流の分担をオシロで撮っている。

しかしながら、上記の諸氏はいずれも、熔接後の金属の

熔着の程度を論じて、アークそのものには何等立入っていない。只、村上氏のみは、アークを一定の値を持つ抵抗体と考えて、多少の解析を試みている程度で、本質的なものには触れていない。

筆者らは、電気技術者の立場から、熔接アークをアークの一種と考えていることは前に述べた通りであるが、この考えを多極式アークの機構の解析に発展させたのである。

具体的に述べれば、アフターアーク現象と再点弧現象の組合わせにより多極式熔接アークの機構の解明に努めたのであり、その結果は実験的に示されるように、今迄何等その解釈が与えられなかった転移現象に明快な解答を与えることになったのである。

2. 考 察

Fig. 1 に示されているように、A、B 2本の熔接棒が一つの電源に結び合わせて絡れており、アークはPとA、Bいずれか一つとの間に点弧されているものとする。この場合、もし、Aが

Fig. 1 The schematic diagram of multi-arc

* 原稿受付 昭和30年12月6日 (昭和30度熔接学会春季学術講演会において発表)

** 正員 電気試験所 Member, Electrotechnical Laboratory of Japanese Government

熔けてゆくに従って、熔接棒を送り出せば、当然点弧しない方の熔接棒Bは鉄板Pとの間の距離を縮めてゆく。そして、ある程度これが短くなったとき、突然としてアークはBに移り、同じことを繰返して A, B は交互に点弧し、熔接アークは安定になっている。

最初AからBに何故アークが転移するかを考える前に現象をもう少し検討しなければならない。すなわち、アークは一般には、グローからアークへの転移として出発しなければならない。グローは 300~400V の高い電圧において始めて可能であるから、グローがたとえ短時間でも成立することがアークへの前提となる。そしてグローが成立するためには前述の電圧が要求される。

しかるに、上記の現象において、AからBへアークが転移するとき、A, B は共に同じ電源に接続され、かつ、A がアークを点じているから、当然BはAと同電位のアーク電圧を持つに過ぎない。この値は高々 30 V で到底グロー電圧に及ばない。しかるに、アークが転移するとすれば、それは、グローよりアークへという一般の概念では説明不可能で、筆者はこゝにアーク抵抗なる量を導入したいと思う。すなわち、筆者の考えによれば、熔接棒AとPとのアーク抵抗 R_A およびBとPとのアーク抵抗（これは寧ろアフターアーク抵抗と呼ぶのが至当である） R_B を考える。

A が熔融して、B が充分Pとの距離を縮めて

$$R_B = R_A \quad (1)$$

となったとき始めてアークは転移するものと考え、これを時間的に考えれば熔接棒Bの先端が次第にPに近付いて、それに従って熔接棒Aによるアークの領域に近づくに従って、アーク空間内の充分なエネルギー領域に入ることになり、それだけアーク抵抗は減じてゆく。これに反して、Aの方では電圧は同であっても、よりPに近いBの電圧のために、アークのエネルギーの一部を奪われることになり、アーク抵抗は増大してゆく。このように考えてくると、 $R_A = R_B$ の関係が成立する時刻が必ず存在する筈である。

しかれば $R_A = R_B$ のとき、アークは突然転移するであろうか。これは筆者の考えでは必ずしもそうは行かない。すなわち、アーク抵抗を考えることは、アーク抵抗が連続的に変化することを考慮しなければならない。従って極めて短い時間を取れば、アーク抵抗の変化を伴って、徐々に転移してゆくと考えるのが至当である。

Fig. 2 に示されるように、アーク電流および電圧の時間的変化を各熔接棒について考えると、 I_A はあ

Fig. 2 The expected oscillogram of arc-current and voltage

る時刻より徐々に減じ始め、遂に Δt 後には零になる。これに反して、 I_B は零から出発して、徐々にその値を増大し、 Δt 後には全電流を負って一定の値になる。アーク抵抗の等しい時刻は実は、この Δt の中間に存在することになり、その近辺においては R_A と R_B とに応じた電流がそれぞれに流れることになる。従って、 Δt の間においては、A, B 両方に同時にアーク電流が流されていることになる。

一方、アーク電圧を考えてみると、Aのみが点弧しているときの電圧 V_A と、Bのみが点弧しているときの電圧 V_B を考えれば明かなように、両者において、アーク長は明らかに異なり、Bの方が短い。従って最終的には $V_B < V_A$ となる筈である。この値の変化は当然 Δt 間において徐々に起るとみるのがよく、従って、Fig. 2 に示されるように、アーク電圧は徐々に変化して最終値に至る。以上のことを順次 $A \rightarrow B$, $B \rightarrow A$ と繰返している。

このように考えると、前述のグローからアークという放電の原則を考えなくとも、アークの転移は容易に起こることが想像される。

しかれば、このアーク抵抗がどの位の値を持っているかとなると、問題は別になってくる。すなわち、この転移のときのアーク抵抗が筆者らの既に考えたグローアークの転移抵抗に等しいか否か、これはさらに検討しなければならない問題で、この解決なくして、 $R_A = R_B$ と考えることは当をえないと思われる。

これについては後節に譲りたいと思う。

3. 実験回路および結果

i) 実験回路

前節の考察に基き電流を A, B の二つにわけて測定すること、電圧は別に取り、二つに集約される。

Fig. 3 にその回路を示す。すなわち、A, B の熔接棒はそれぞれジャントを通して一つに結び合わせて取付けてある。電圧はジャントの電源側から取る。そうすることによってジャントの電圧降下はほとんど無視されるから、A, B の先端の電圧は等しいと考えることができる。

Fig. 3 The experimental circuit

以上

の測定には、すべて電磁オシロを用い、時間的変化を検討するに便なる如くした。熔接棒は、いずれも同径、同被覆の東洋電極KKの G-200 (4mmφ) を用いた。両者の間隙は 5mm とし測定上に差支えないようにした。

また電源は差働複巻型直流発電機を用い、電極側を負極として、正極性方式を採用した。

ii) 実験結果

Fig. 4 に示されるのは、実験結果のオシログラムの一部である。すなわち、最上段は前述のアーク電圧 V_A に相当し、中段は I_A 、最下段は I_B である。

予想した如く、 I_A は I_B に電流が流れ始めると減少を始め、およそ $1/100\text{sec}$ 後に零になっている。これに対し

Fig. 4 Oscillograms of two currents and arc voltage

ては零から電流が増大し始め、同じ時間 $1/100\text{sec}$ 後に定常状態になり一定の値となっている。換言すれば、アークの転移は I_B が流れ始めてから、およそ $1/100\text{sec}$ を要して完全に終っており、この間ではこのアークが同時に生じている如く見える。この点に関してはなお考慮を要するが、いまのところ、二つのアークが発生していると考えておく。

筆者らの考えによれば、 $R_A=R_B$ の近辺において、アークが転移する。その間において、 R_A と R_B に各々制限された電流が流れるのであるから、上述の結果は、一応満足なものともみることができる。

さて、アーク電圧であるが、電流が I_A から I_B に移る始めの瞬間において、突然アーク電圧以上の電圧が増大しその後下降してある値を示していることは図に示してある通りで、その間の時間は $1/100\text{sec}$ である。

筆者らの予想によれば、徐々に下降する時間は転移時間に等しいことは諒解されるが、転移の好めにおいて異常電圧が生ずることは理解できない。この点に関してさらに考察を進めたいと思う。

4. 転移時における異常アーク電圧

Fig. 4 に見る如く、アークの転移が起るときは、アーク電圧は突然数 V はね上っている。筆者らの考察に依ればこれは予期しないところであった。

筆者等は、転移の起るための条件を検討するために、次の如き強制的に転移を起させる手段を用いた。

i) 実験装置および方法

Fig. 5 に示されるのは使用した測定図である。

すなわち、Fig. 3 の電流

I_A の回路に遮断器を入れ、これと並列にオシロを挿入し

Fig. 5 The circuit of an interrupter

て、遮断器電圧が測定できる如くし、熔接棒 B が充分熔融して、熔接棒 A が充分点弧し得る状態まで母材に近付いてから、突然遮断器を入れて、アークが B から A に転移をさせる。今迄と同じ方法を以て転移の前後の各電流、アーク電圧および遮断器電圧を測定する。もちろん、この場合、遮断器の投入時刻は、A, B の相対的位置には無関係に任意に調節され、種々の場合について実験を行うことができる。

ii) 実験結果

実験は、前実験で使用した条件をそのまま用い、熔接棒は同じく東洋電極 K K の G-200(4mmφ) である。

Fig. 6 Oscillograms of transition

Fig. 6 に示すのは、実験結果の一例である。すなわち、オシログラムの最上段にアーク電圧をとり、中段に熔接棒 A に流れる電流 I_A をとり、最下段に遮断器電圧 V_i を取っている。

図で明らかなように、 I_A が流れ始めると、すなわち、換言すれば、転移が起るときはアーク電圧は下っている。この傾向は、遮断器の投入の時刻を早めれば早めるほど、すなわち、A, B の相対的位置があまり変わらない中に投入すれば、それだけ小さくなっている。Fig. 7 に一例を示す。

こゝで注意しなければならないことは、アークの転移が肉眼に見えるほど大きく起らない前においても、遮断器の並列回路を通して僅かながら電流が流れていることで、この電流の時間的変化は零から始めて徐々に増大し、オシロの直列抵抗 ($15k\Omega$) に制限された電流になっていることである。

これについては後に譲るがアーク電圧が下がっていることは事実である。このアーク電圧の急降下に対して、筆者らは、遮断回路の影響を知るために、回路の電圧降下を転移前後において調べた結果、やはり、非常に小さく到底、アーク電圧の変化を説明できない結果となった。

筆者らは、こゝで、アフターアーク現象を以て、説明できはしないかと検討したところ、極めて明瞭に説明されることを見出したので、節を改めて叙述したいと思う。

5. 転移機構

アークの転移時のアーク空間の模様を調べるために、筆

Fig. 7 Oscillograms of transition

Fig. 8 Oscillograms of transition

者らは、遮断器の投入の時刻を適当に変えて、A, B の両熔接棒の相対的位置が非常に変わっている場合、いいかえれば、転移される棒が充分母材に近づいた場合と、あまり位置が変わらない場合とについて、転移時および投入時の電圧、電流の変化を調べた。

Fig. 7, 8 に、この二つの場合のオシロを示す。すなわち、Fig. 7 では相対的位置が充分変わった場合であり、Fig. 8 はあまり変わらない場合である。

相対的位置が充分大きく距り、転移される棒に充分点弧の条件が整ったときは、遮断器を投入すると同時に転移が起り、アーク電圧は急に大きくなっている。

これに反して、相対的位置があまり変わらないで、他方に点弧のための条件が充分整っていないときは、投入してさらに相対位置が変わってきて、点弧の条件が整ってから転移が生じている。この場合、アーク電圧はあまり下っていない。これは非常に著るしい現象で、筆者ら⁷⁾のアフターアーク現象における再点弧と酷似している。

因みに、二つの場合のアフターアーク抵抗の計算をしてみると

投入直後転移する場合	$R_A = 6.9k\Omega$
投入後しばらくして	$R_A = 11.5k\Omega$

となり、 $10k\Omega$ 程度を境としていることは注目すべきである。

アーク電圧が下っているのは、実は当然のことで、一方の電極が点弧する状態になっているときは、この実験では、その棒が充分下ったところで、その場合、アーク長が短くなっているからである。もし、これをさらに、早く投入すればこのアーク電圧の急落がより縮められることは図

に示されるとおりである。その極限においては、アーク電圧は転移時にほとんど変りなく、その後、徐々に下って、転移完了と共に一定値になるわけで、筆者らの始めの予想は、この限りにおいては正しかったといえる。

しかるに、もし、筆者らの実験の如く強制的にアークを転移する如くしないで、自然に放置して、アークの転移を観察するならば、転移時には、10中9回はアーク電圧は上昇していることが認められる。しかし、さらによく観察すると、転移時にアーク電圧が下ってくる場合も10中1ぐらいは存在し、かつ、アーク電圧が何かの原因例えば熔滴落下等により、突然として上昇しても必ずしも、転移が起らないことに気付くと思う。

筆者らの実験結果に基づいて、転移時におけるアーク電圧の上昇を説明するならば、アーク電圧が上述の如く、転移とは別の理由によって上昇すれば、その結果、もし他の方の電極がこの電圧により点弧し得るアフターアーク抵抗になっていれば、突然として転移が起り、あたかも、転移時にアーク電圧が上昇するかの如き印象を与えるのだと思う。そして、もし、アーク電圧が上昇しても、点弧の条件が整っていないときには、転移は起らない。

不幸にも、このアークの異常上昇は、熔滴が一定の時間間隔で落ちるごとに極めて規則的に起るから、この一つ一つにおいて転移が起っていると軽率に判断し勝ちであるが、これは明らかに誤りで、その中の一部において、転移が起っていることは筆者らの実験が如実に物語っている。

またアーク電圧が下っている場合も見受けるが、この場合は幸にして、熔滴等の影響により、アーク電圧が変化しない中に、他方の棒が母材に近付いたときで、ごくまれではあるが見受けられる。

以上で、極めて明瞭に、アークの転移機構が説明されたのであるが、この現象が、アフターアーク現象により考えられたことは、筆者らの望外の喜である。

6. 結 言

twin-arc が利用され始めて、相当年月が経っているにもかかわらず、未だその機構が明らかにされていないので、これについて、アフターアーク現象により説明することを示した。これを要約すれば

- i) アーク転移は、転移される側のアフターアーク抵抗が一定値（大体 $10k\Omega$ ）になったとき起る。
- ii) 主電流の転移完了までには、約 $1/100\text{sec}$ を要し、そして、その間は両方に電流が流れるが、アークはすでにその前に移っていると考えられる。
- iii) 厳密には、転移時には、アーク電圧には突然の変化はなく、徐々に $1/100\text{sec}$ の間に変って一定値になる。
- iv) 転移以外の他の理由（例えば熔滴落下）により生

じた異常電圧は、点弧の条件を作り、転移を起させる原因を作る。

以上、擲筆に当り、終始御指導を頂いた杉原課長に謝意を表すると共に、実験材料を御提供頂いた東洋電極KK中久保、岡田両氏に深謝する次第です。また、実験の途上、種々有益な資料を頂いた木村、菊池両氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) E. Flinham: The Development of Metal-arc Welding and Electrodes During the past Half-century British. W.J. Vol. 1 No. 1.3 (1954)
- 2) 仲, 榎本, : 多極式電弧熔接法, 熔接学会誌 Vol. 11. No. 5 (昭17)
- 3) 大西: 両極式熔接法 熔接学会誌 Vol. 15 No. 2 (昭21)
- 4) 村上, 大坂: 三相電弧熔接法について, 熔接学会誌 Vol. 15 No. 12 (昭21)
- 5) J.A. Douelan: The "Twin-Argon" Welding process British W.J. Vol. 1 No. 9 403 (1954)
- 6) 小沢, 森田, 大村: アフターアーク現象について (第1報) 熔接学会誌 Vol. 24, No. 1 5 (1955)
- 7) 小沢, 森田, 大村: (第2報) 熔学講演 4.10(1955)
〃 (第3報) 〃
- 8) M. Lebrun: The Peural Process. W & M. Fab. June 228 (1954)
- 9) F. Erdmamr: Jesnitzer: Contribution to the knowledge of Material Transfer when welding steel with Nested electrodes Schw. u. Schn. Dec. 5. 106 (1953)

銅合金特に黄銅に対するオキシアセチレン 熔接用熔剤に関する研究 (第1報)*

植 田 勇**

Study on the Flux Compositions Used for Brass Welding by Oxy-Acetylene Flame (Report 1)*

By I. Ueda **

Abstract

In this paper, flux compositions used for brass welding by oxy-acetylene flame were as follows;

- (1) Fused borax-boric acid system
- (2) Mixed borax-boric acid system
- (3) Fused borax-boric acid-sodium chloride system
- (4) Fused borax-boric acid-disodium phosphate system
- (5) Fused borax-boric acid-NaH. NH_4PO_4 system

These fluxes were applied as a paste to the welding rod, but did not painted on the surface of the parent metal.

From bead apperance, slag fluidity, porosity and mechanical properties on Vee butt joint, borax 20%, boric acid (80%) flux is excellent.

Addition sodium chloride, disodium phosphate, NaH. NH_4PO_4 to borax-boric acid flux is not advantageous.

1. 緒 言

銅および銅合金のオキシアセチレン熔接用熔剤も他の場合と同様に数種の化学薬品を配合して使用しているが、その殆どが硼砂または硼酸を不可欠の重要成分としている。

これは無水硼酸 (B_2O_3) が硼酸塩をつくる化学的性質を利用しているのである。

しかし、これらをそれぞれ単独に使用したのでは熔剤として満足し得られないことは既に指摘¹⁾されている。従ってこれらのほかに各種の塩化物、燐酸塩、珪酸塩、稀れには弗化物、酸化物等²⁾が加えられる。

しかしながら、これら銅合金用熔剤に関する系統的な研究が殆ど見当らぬようであるので、まず基礎的な実験から

* 原稿受付 昭和30年11月30日 (昭和30年度熔接学会秋季学術講演会において発表)

** 正員, 大阪府立大学工業短期大学部 Member, Technical Junior College University of Osaka Prefecture