銲接に對する電弧原理の應用 (譯)

a. D. WILH. FINK,

銲接技術の文献には餘り注意されてないが、此十年來部分的に知られて來た電弧原理が銲接に對して如何に重要であるかを極く簡単に論述され、尙電弧銲接の電源を直流又は交流にしたる場合及銲接棒が裸又は被覆の場合或は合金である場合等の問題にも及んで居る。

電弧間隙の空間電荷

電弧銲接に於ては銲接すべき母材と電極間の空氣及瓦斯が電氣導體として利用される。此傳導體たる間隙は電弧發生前及銲接中餘り電壓が降下すれば、傳導體の性質を失ふに至る。即炭素棒又は金屬棒よりなる電極間の距離を僅か數耗に俟て、兩極間に徐々に電壓を高めて行くと、500 v 以上になつて初めて電弧の發生を見るだらう。

此事實は今日次の原理に依て物理的に詳細に説明されてゐる。即原子は物質の最小微粒子として認められてゐるものでなく、一個の陽電子と一定數の陰電子より成り、之等の陰電子は陽電子の周圍を廻轉してゐるものである。電極間に電弧を發生せしむる電壓の作用の下に電子は陰極より陽極へと導かれるが、電壓の高まるにつれて、電子は自己固有の廻轉軌道を脱出して、遂には原子帶より外部に躍進して、陰極より烈しく陽極に衝突するのである。此電子の分解は空氣の如き不導體より導體の方が容易である。

電極間の電氣中には自由電子が前以て存在してゐると見做す事は空氣の傳導度に對する假説ではあるが、此程度の傳導度では電弧固有の發生を求めるに未だ不充分である。然し以前に分離された電子の一部分は空間の原子圈に衝突して之を分解し、電子の數を一層増大する結果、陽極の周圍は電子に依て包圍され、空間の傳導度は以前より餘程良好になる。此空間電荷として認められる自由電子の作用は電弧發生に伴つて一層烈しくなる結果、電弧の安定度を増加し強烈な輝光を放つ電弧は高溫度に達して、遂には金屬を銲融するに至る。此電

弧發生に必要な熱量は連続的に起る空間原子の破壊及電子と陽極との衝突並に陽電氣を荷ふ空間残留原子の陰極との衝突に依て發生される。兩極は之がために加熱されるが、エネルギーの原理からして陽極は陰極より以上の熱量を發生する。

空間電荷は陰極を加熱する事に依て、容易に目的を達する故に、銲接に際しては第一圖に示す様な補助電極を與へて之を短絡する事に依て補助電弧を發生せしめ、次いで主要電弧の發生を促進せしめる。此時の電弧電壓は僅小値で足り例へば 200 v の一定電壓に對しては電弧の長さ 100 乃至 150 耗を保ち得られる。

第一圖

陽極 A 及陰極 K の間に
補助電極 H を挿入して電
弧を發生する場合、
J 電流 U 電壓

第二圖

陽極棒に沿ふて陰極棒を移動
すれば陽極棒上の灼熱火口は
移動する。

第三圖

陰極棒に沿ふて、陽極棒の
移動、電弧は延びて遂に切
斷消滅する。

今二本の炭素電極棒間隙を餘り僅小ならざる値に採り、又兩極に加へる電壓も餘り大ならざる値に採る時、補助電極棒を用ひて、陽極を加熱しても電弧は少しも發生しない事は實驗に依て容易に認められる。第二圖に示す如く、陰極棒を陽極棒の主軸に沿ふて、電弧間隙を變へる事なく移動すれば、一旦發生したる電弧は一定の長さを保つて移動し、電弧を結ぶ陽極側の火點は陽極棒の側面を移動する。然るに第三圖に於いては、前と反對に陽極棒を陰極棒に沿ふて

移動するにつれて、兩極棒の先端に發生したる電弧は陰極棒の側面を傳ふ事なく、次第に延びて遂に切斷消滅する。

之等の實驗に依て金屬電極棒を用ふ場合、又は陰極を氷水にて冷却すれば、電弧發生は益々困難となり、却つて陰極棒の電弧火口を高溫度に灼熱することに依り、空間電荷は一層促進され遂に電弧發生に至る理由を納得する事が出来る。

電子の運動は非常に早く、此電子の高速度運動は極く短時間電流が消えて電弧の消滅する場合、同時に電弧の再發生を促す原因となる。第一圖の場合、陰極棒が陽極棒に沿ふて移動する瞬間、電弧が消えると同時に陽極棒の表面上次の場所に電弧の再發生が起る。第二圖に於いては前者と異なり電子を發生する陰極火口と陽極の距離、即電弧間隙が次第に長くなる結果、其空間電荷状態が前より惡化し、遂に電弧は維持し得なくなる。

電弧銲接に於ける電弧の發生は全く前記の通りであるが、今電極棒を母材に接觸すれば、抵抗銲接の場合と同様に陰極は灼熱され、空間電荷が行はれる。次に母材に接觸したる電極棒を直ちに僅かばかり離反すれば、初めて電弧發生を得るのである。此接觸は前以て自由電子の衝突に依る空間電荷が得られないために行ふのである。

電 弧 の 特 性

空間電荷を促進する必要上、多少高い電壓を用ひて電弧を發生した後は電弧が安定を保つために電壓を低下する必要がある。之は電極間隙が溫度の高まるに従つて傳導度を増すためであつて、電荷は溫度及電流の影響を受けて愈々助成されるため、電弧發生後電弧電流の増大する場合、此電弧を一定の長さに安定せんとすれば、電弧電壓を適當に低下しなければならない。此オームの法則と相反する如き現象を呈することは空間の抵抗減少に依て説明される。

第 四 圖

電弧特性曲線

- I、電弧の長さを長くした場合。
II、電弧間隙の電荷の良好なる場合。

第 五 圖

電源の電圧 U を同一に保つ場合電弧の安定を示す。

- A. 銲接を行ふ場合の電圧、電流。
A' 電弧發生點。

電弧電流及電弧電壓の相互關係は第四圖の電弧特性曲線に依て示される。もし電極間隙を一定にしておいて、之に電弧點火點に等しい電壓を與へると電弧は發生する。此點火點は一定の間隙に於て其電荷狀態が良好であれば更に低下してくる。點線で示した曲線は電極間隙を長くした場合で、點火點及其他電壓の變化が他の場合より高くなる、即間隙の抵抗が夫々大きくなるためである。

此降下せる曲線は電弧の安定を得るために重要な役割を持つ、即電弧發生と同時に電流が漸次増大するにつれて、電弧電壓は減少しなければならない。若し此場合電壓を一定にするか又一層増大すれば、電弧電流は短絡電流の様になり、従つて電源の特性曲線も同様に降下せなければならない。でなければ何等かの方法で此電壓降下を行はなければならない事になる。今電弧を曲線の一定の位置に保つためには、即一定電壓及電流の下で銲接するためには、電源の特性曲線が銲接作業を行ふ電壓、電流の位置に於いて其電弧特性曲線よりも峻崢でなければならない。此要求を満足するには第五圖に示す様に電弧と電源の間に適當の抵抗を挿入すればよい。抵抗を持つ電源の特性曲線は下降せる直線となり。電弧特性曲線と A' 及 A にて交る。此 A 點即銲接を行ふ位置に於いて、電弧は安定を得るのである。何んとなれば空間電荷の進展のために、電流が増大すれば、電源の特性曲線に従つて、電弧電壓 U は減少してくる、従つ

て電弧も減少するために、電弧電圧は再び U に復歸する。之に反して、 A' 點に於ける電弧は不安定にして、電流が不意に増大してくると、高電弧電圧は降下しつゝ、 A 點に至る。

電弧銲接機は一般に斯の如き變化をなす電弧特性曲線が必要にして、出来る丈峻峭なる曲線を表示すべき装置でなければならない。今日市場の銲接機は凡ゆる方法手段を以て上記條件に適ふ特性曲線を得てゐる。

再 起 電 弧 發 生

既に述べた様に銲接棒を母材に短絡して後僅かに銲接棒を離すことに依て電弧銲接を行ふ事が出来る。是と同様な電弧發生の現象が銲接中銲融金屬が銲接棒より母材に滴下短絡する都度其直後に起る。之以外に又交流電弧の場合、電圧が零を通過せし時電弧の消滅を來し、其後に電弧再發生が起る。オソシログラフに依れば其急激な電壓上昇の變化並に電弧點火點及其に續く電壓降下を詳細に表示してゐる。

第 六 圖

電 弧 再 發 生

直流の場合、金屬の銲融滴下が終つた後を示す、電流、の値は加へられた電壓と反比例す。

電 弧 再 發 生

交流の場合、電流が零を通過した瞬間を示す。

第 七 圖

(第六及七圖参照)。電弧の消滅する瞬間は我々の肉眼には目立たないが Prof. Hilpert Charlottenburg に依て得られた電弧用薄膜を用ふと此消滅の瞬間が認知される。斯の如く熔融金屬の滴下後電弧が一時消滅する現象が如何なる影響を銲接金屬に與へるかは瓦斯銲接の間斷なき熔融金屬の滴下に依て得る滑な接合面に對して、電氣銲接の粗雜な接合面を考へれば了解が出来る事である。

此電弧の一時的消滅を防止する方法は無いが、然し其消滅期間を出来る丈短かくする方法は求める事が出来る。若し電流の消滅點が零の値に近づいてくると電壓は同時に無負荷電壓に上昇し此時電弧間隙が良好に電荷しておれば、電弧點火點が一層低落して来る。然し電壓上昇に必要な發電機の磁束の増加は鐵の磁化慣性に依て、ある一定時間を経過しなければならない。此時間は無負

第 八 圖

異なる無負荷電壓を有する直
流發電機を使用する場合電弧
再發生に要する時間 t_2

第 九 圖

交流電弧
の特性曲
線。

荷電壓の高い程短く之を第八圖に依て説述すれば、電弧銲接機 I 及 II の電壓と時間の關係に於いて最大無負荷電壓 U_0 は U_0 の後達し得るものにして、 U_0 は I 及 II の機械に於いて等しく、電弧再發生に必要な電壓は h にて示される。普通鐵の飽和狀態が弱い場合に勵磁時間を短くすれば同一時間に於いて各機械は最高無負荷電壓に達する。無負荷電壓の低い機械 II は無負荷電壓の高

い機械 I よりも長い時間 t_2 を経て電弧點火點に達する。

以上の理由からして無負荷電壓の高いものを要求するのが當然であるが、銲接棒を取換へる場合高壓になれば銲接に對する危險及銲接工を不愉快ならしめる缺點を有するため、實用に供せられない。無負荷電壓の低い場合、電流消滅後、迅速に電壓上昇を得るには、銲接機の回路中に寒流線輪を挿入すればよい。即電流の減少せんとする瞬間此寒流線輪の作用は、直ちに電壓を高めんとする方向に働き、電弧再發生の時間を短縮すると共に、同時に銲接合にも好結果を與へる。寒流線輪は又短絡電流の突入をも急激ならしめない様に時間の猶豫を與へる。斯の如き長所を持つ寒流線輪は一方僅少の銅損及異相を與へるが、決して不利益な附加設備でなく、銲接作業の全体を通じて安定且円滑な仕事を進める装置である。かゝる理由からして直流發電機に使用する抵抗には鐵心を挿入しなければならない。

此電弧再發生の時間を低下せしめる今一層よき方法は電弧間隙の電荷状態を改良することである。之は陰極に發生した熱を集中せしむる事と電弧間隙を全部熱に對して不導体である瓦斯中に包む事に依て目的が達せられる。此二つの方法は冶金學上必要と認められ、現在は銲接棒に種々の銲劑を被覆したるものを使用し殊に重量物の銲接に對しては好結果を得てゐる。被覆用銲劑分子は電弧間隙にて破壊され電離される結果電荷状態は一層良好になり、又電弧再發生の時間も短縮する等の利點を有するため、合金より成る銲接棒を實用に供することが出来る。

最後に銲接棒を陽極として使用する場合の不利益について一言説明しなければならない。銲接棒を陽極として使用すれば、電弧再發生の場合其電弧電壓は銲接棒を陰極とした場合より増大する。即母材の金屬が大きな傳導度を有するに拘はらず、電弧を結ぶ陰極の火口が銲接棒の移動につれて迅速に動き得ないため、第三圖に示す如く電弧距離が長く延びて切斷されるからである。然し銲接棒が銲融し難い金屬である場合には陽極に電極棒を用ひて差支ない。

交 流 電 弧

以上の電弧原理は其儘直流電弧銲接の基礎となるが、交流電弧銲接に對しても同様に扱つてよい。此場合電子を發生する陰極は電源と同一の周波數にて銲接棒と被銲接材に交互に移動する。此際電子の微少なる質量は隋力なしに電壓の變化を受ける。電弧が發生すると、電弧間隙は電荷され、交流を傳導する様になると、陰極も陽極と同様に強く加熱される。

次に金屬が銲融滴下する際、電弧の再發生に要する時間を述べる前に先ず如何なる時に銲融金屬が滴下するかを定めなければならない。オツシログラフの研究に依れば、此滴下現象は常に電流が漸次減少して零を通過せんとする少し前の短時間に行はれる。電流が零を通過する瞬間金屬の銲融滴下なしに電弧の再發生が一秒間百回位の割合で起り、減少せんとする電流と反對の方向に電弧電壓は増加せんとする。是は交流銲接機用變壓器の作用であるが、尙交流線論を直流電弧の場合と同様に併用して、銲接作業を安定ならしめる。次に電弧再發生に要する時間を短縮するためには、銲接用變壓器の無負荷電壓を高めることが必要である。然し之は直流の場合と同様な理由に依り實行し難きを以て既に述べた被覆銲接棒を用ひて、其目的が達せられる。即被覆銲接棒は電弧間隙の電荷狀態を改良増進するのみならず、冶金學上又有益にして、母材の加熱及適當の銲融穿入をなす等の利點を持つ。

尙此外交流電弧銲接の場合に、電弧再發生の時間を短縮するためには、高周波を用ふとよい。何んとなれば無負荷電壓の最高値までの上昇が時間に對して峻阻になるからである（第八圖參照）。實際 100 乃至 200 の周波數では優秀な結果が得られる。

交流電弧の發生及其安定は前述の電弧原理の假説を裏書するものであつて、今第七圖に示された曲線を、電壓及電流の關係にて示すならば、即同一時間に關する電壓、電流を縱軸横軸にて表すならば、第九圖に示す様な交流電弧特性曲線となり、第四圖の特性曲線に等しいものである。此圖を見ると電壓の正負何れの側に於いても、電壓上昇の最後の最大電壓が電弧點火點となり。之より

以後の曲線は電流が増大するにつれて漸次下降す。電壓及電流が同時に零を通過することは圖面にて明白である。之等の特性曲線はブラウンチューブを用ゐれば直接測定することが出来る。第十圖乃至十二圖はブラウンチューブを用ひて測定したる特性曲線で炭素電弧の場合に述べた方法、即電弧點火點を低下せしむる方法に依て生ずる電弧間隙の良好なる電荷状態に於いて、周波數、電弧間隙及電流の種々の變化の場合が第一象限のみにて表はされたものである。不幸にも裸、被覆及合金の銲接棒を使用した場合を充分説明出來ないのは残念であるが、銲接研究所に適當なブラウンチューブが無いためである。

第 十 圖

異なる周波數に於ける電弧點火點の經過を示す。

- a 低周波の場合。
- b 普通周波の場合。
- c 高周波の場合。

第 十 一 圖

異なる電弧の長さに於ける電弧點火點の經過を示す。

- a 電弧距離の小なる場合。
- b 電弧距離の普通なる場合。
- c 電弧距離の大なる場合。

第 十 二 圖

異なる電弧電流に於ける電弧點火點の經過を示す。

- a 電弧電流の弱い場合。
- b 電弧電流の普通の場合。
- c 電弧電流の強い場合。

金屬の鎔融滴下について

結論として次の事について述べたい。電子及殘留原子は直接鎔融金屬の滴下と共に移動するものでなく、電子及殘留原子は追々と消失するために、電弧の繼續してゐる間一旦分散した原子團は電流の消滅後僅かな間に再び集合する。若し鎔融金屬の一部が確かに瓦斯狀となつて電弧間隙を通過すれば銲接棒の先端より鎔融金屬が直線狀に連續滴下して鎔融金屬の流動を生ず。普通の銲接機に於ては直流の場合も交流の時も極性に關係なく鎔融金屬は銲接棒より被銲接材に流れ、之は縦銲接及頭上銲接に於いても同様である。之は恰度大きな被銲接材が引力を働かせて鎔融物質を吸引してゐる様に見える。(V. D. I.)