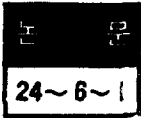


橫軸交流磁界에 의한 大氣中에서의 交流 아아크의 移動에 관한 研究



A Study on the A.C. Arc Movement in a Transverse A.C. Magnetic Field at Atmospheric Pressure

田 春 生* 嚴 基 煥**
(Choon Saing Jhoun) (Ki Hwan Um)

Abstract

This paper treats A.C. arc movement in a transverse A.C. magnetic field at atmospheric pressure with the purpose of selecting electrode materials and obtaining detailed data for design of A.C. air circuit breaker, plasma accelerator and plasma jet. Arc velocities in transverse magnetic field are measured by varying arc current, arc voltage, gap length, magnetic flux density and the erosion of electrode surface, which influence arc velocities.

The main results are;

- 1) Arc velocities in transverse magnetic field have different values according to electrodes of various materials and decrease in a descending order of cold cathode, medium cathode and hot cathode.
- 2) Arc velocities in transverse magnetic field increases with arc current, arc voltage, gap length and magnetic flux density and on the other hand decrease with the increase of electrode surface erosion.
- 3) D.C. arc velocity in D.C. magnetic field is higher than A.C. arc velocity in A.C. magnetic field of the same value.

1. 序論

아아크에 관한 研究는 1808년에 Davy와 Kitter氏가 처음으로 두 個의 水平金屬棒 사이에 아아크를 發生시켜 그 擧動을 觀察한데서 시작하여 오늘날까지 여러 學者들이 그의 特性究明과 應用을 爲하여 많은 努力이 傾注되어 왔다. 그 結果 일적부터 金屬材料의 熔接, 熔斷, 光源 및 工業用加熱源¹⁾으로 아아크가 여러 方面에 利用되었을 뿐이고 特別히 注目을 끌 만한 對象은 못 되었다. 그러나 20餘年前부터 아아크에 對한 研究가 다시 活潑해져 宇宙科學, M.H.D發電 및 核融合反應開發分²⁾³⁾野에서 그의 特性이 많이 究明되었고 또 아아크와 같은 導電性流體와 電磁場과의 相互作用을 取扱하는 磁氣流體力學이 새로 登場하여 이들 理論이 實用面에 많이 適用되고 있다. 特別히 最近 氣體中에서의 아아크의 磁氣驅動에 對해서 磁氣吹消 氣中遮斷器 Plasma 加速器 및 Plasma 加熱器⁴⁾ 등과 관련하여 많이 調査되고 있으며 이들에 關한 報告書의 大部分은

橫方向 D.C. 磁界에 依한 D.C. 아아크의 磁氣驅動에 關한 것들이었다. 그러나 氣中遮斷器나 Plasma Jet 加熱器의 交流化에 따라 橫方向 A.C. 磁界에 依한 A.C. 아아크의 驅動現象에 對한 解明이 切實히 要求되고 있다. 筆者는 A.C., D.C. 아아크에 A.C. 磁界와 D.C. 磁界를 各各 作用시켜줄 때의 아아크 移動速度를 比較研究하였다. 卽 아아크의 磁氣驅動에 있어 그 速度가 電極材料, 電極間隙, 아아크電流, 아아크電壓 및 電極表面狀態에 依해서 받는 影響을 實驗檢討하여 아아크의 신속한 磁氣吹消條件을 提示한 것이다. 特別히 電極材料에 對한 移動速度의 影響을 調査하기 위하여 試料로서 電子放出形式이 熱陰極形인 炭素, 冷陰極形인 銅 그리고 이들 中間形인 不銹鋼을 使用하였고 熱電子放出時와 高電界電子放出時의 陰極點의 膠着現象의 差異도 確認하였다. 더욱이 電極表面의 損耗에 따르는 移動速度의 變化를 測定하여 電極材料가 다른데서 오는 陰極點의 膠着現相의 差異함과 연관시켜 考察하였으며, 電極損傷은 寫眞 필름上에서 觀察하였다.

2. 아아크의 磁氣驅動⁵⁾⁻¹⁶⁾

2 個의 平行한 電極棒間에 D.C. 아아크를 發生시키고

* 正會員 · 仁荷大工大教授(工博)

** 正會員 · 仁荷大工專講師

接受日字: 75年 7月 28日

아아크柱에 垂直한 方向으로 D.C.磁界를 加하면 아아크는 磁界와 垂直方向 卽 橫方向으로 驅動된다. 만일 電極의 形狀이 橫方向으로 길면 아아크 電壓을 最小로 維持하기 위하여 아아크의 陰 및 陽極點이 一定한 速度로 橫方向으로 移動한다. 이것이 아아크의 磁氣驅動이다. 아아크電流를 I 라 하면 I 는 帶電粒子的 運動이므로 電荷를 Q , 運動速度를 V 라고 하면

$$I = QV \dots\dots\dots(1)$$

이다. 따라서 이 電流와 直角인 磁界의 세기를 B 라고하면 아아크柱에 作用하는 電磁力은 單位길이當

$$f = BQV \dots\dots\dots(2)$$

가 된다.

아아크柱에서는 電子는 陽極으로, 陽 Ion은 陰極으로 向하여 서로 反對方向으로 運動하지만 兩者의 電荷의 符號는 逆이므로 磁界에서 받는 힘의 方向은 一致한다 그러나 電子쪽이 運動速度가 크고 質量도 작으므로 磁界에 依하여 먼저 經路가 偏倚되어 아아크柱에서 離脫하게 되면 뒤에 남은 陽 Ion과 電子와의 사이에 靜電的 吸引力이 作用하므로 그 結果 電子의 陽 Ion이 一體가 되어 運動하고 單獨行動은 할 수 없게 된다. 또 이들 電子, 陽 Ion이 磁界에 依하여 橫方向으로 加速되어도 곧 中性粒子和 衝突하여 여기에 運動量을 주므로 結局 電子, 陽 Ion, 中性粒子的 三者가 一體가 되어 移動한다. Marx¹²⁾는 아아크柱를 圓筒固體로 假定하고 이 圓筒이 空氣中으로 移動하는 경우의 摩擦力을 (1) 式과 같게 놓고 이 等式에서 D.C. 아아크의 D.C. 磁界에 依한 驅動速度를 다음과 같이 나타내었다.

$$V_s \propto B \sqrt{I} \dots\dots\dots(3)$$

그리고 A.C.磁界와 A.C.아아크電流의 實効值를 각각 B, I 그리고 位相差를 Q 라고하면, A.C. 아아크에 A.C. 磁界를 가했을때, 아아크柱에 作用하는 單位길이當의 힘의 平均値는

$$f_a = BI \cos \theta \dots\dots\dots(4)$$

가 된다.

3. 實驗裝置

그림 1은 實驗裝置圖이며 D.C., A.C. 아아크 放電回路, 磁界發生部, 電極部 및 아아크速度檢出部로 構成되어 있다.

3-1. D.C. 및 A.C. 아아크 放電回路

一次 110V/220V, 二次 110V의 端子가 서로 獨立되어 6個 捲線으로 設計製作되어 있는 容量 15[KVA]의 實驗用 變壓器. 3台를 利用하여 一次式側은 並列 二次側은 直列로 接續하는 方式을 取하므로써 D.C. 아

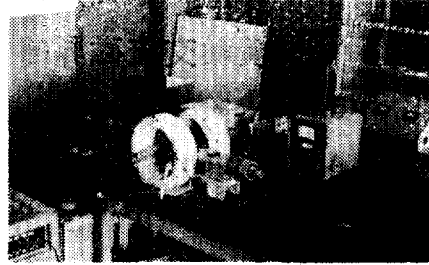


Fig.1. Experimental Apparatus

아크의 A.C. 電源을 얻었다. D.C. 아아크 放電回路는 A.C. 電源을 整流하기 위해 시리 콘素子를 Bridge 形으로 連結하였고 脈動率이 작은 D.C를 얻기 위하여 L形 平滑濾波器를 回路에 插入하였다. 이리하여 最高 2800 [V]의 D.C. 電壓을 얻을 수 있었다. A.C. 아아크 放電回路는 아아크電壓을 上昇시켜 放電의 安定性을 維持하기 위하여 前述한 實驗用 變壓器를 使用 하지 않았고, 二次電壓이 이보다 훨씬 높은 5[KVA]容량의 柱上變壓器 3台를 並列로 接續하여 A.C.電源으로 利用하였다.

3-2. 磁界發生部

磁界發生部는 捲回数가 同一한 2個의 코일로 되어 있으며 各各은 電流容量 40[A]의 綿被覆코일로 되어 있으며 空心 Solenoid 形으로 440回式 같은 것이다. 이 Solenoid 코일은 外徑 350[mm], 內徑 270[mm] 높이 120[mm]의 크기를 가지며 定常磁界를 가지게끔 이 코일의 勵磁 D.C. 電源으로서 電壓의 脈動率이 작은 것을 사용하였다. 磁束密度의 變化는 磁界코일에 流入하는 電流로 調節하는데 實驗前에 미리 電流와 磁界코일 中心部의 磁束密度와의 關係를 Gauss meter (日本 YOKO GAWA Co.製)를 利用하여 定해놓고 電流值로 磁束密度를 把握하게끔 하였다.

3-3 電極構成部

이 것은 D.C. 및 A.C. 아아크 發生用電極設置部이며 構造는 그림2에서와 같이 電氣의 및 熱的 絶緣을 爲하여 木材와 스테이트 材料로 電極支持部를 製作하고 두個의 圓柱形 棒電極(直徑 5[mm])을 여기에 붙이게끔 하였다. 그리고 이 兩端에는 스프링, 볼트 및 낫트로 組立된 電極間隙調節部가 있으며 間隙은 Vernier Caliper로 測定하였다.

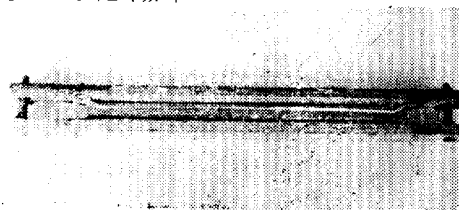


Fig.2. Electrode Configuration

3-4. 速度檢出裝置

外部에서 照射되는 光을 遮斷하고 아아크에서 發散하는 光만 CdS 素子로 檢出하기 爲하여 前述한 電極

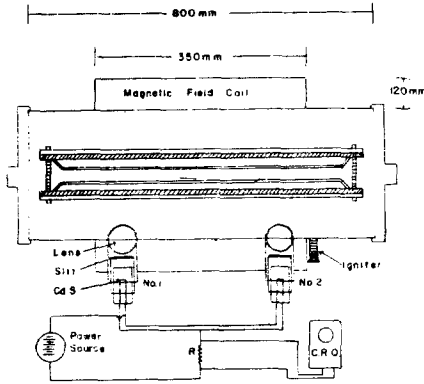


Fig. 3. Arc Velocity Detection Circuit

部를 그림 3과 같이 黑色紙를 内部에 바른 內徑 42[mm], 外徑 85[mm], 길이 800[mm]의 플라스틱 圓筒속에 넣었다. 그리고 이 圓筒에 設置한 起動裝置로 아아크를 點하게끔 하였다. 아아크의 移動方向과 垂直하게 內徑 42[mm], 外徑 45[mm]의 작은 2개의 플라스틱 圓筒이 200[mm]의 間隔을 前記의 圓筒에 붙어 있는데 이것이 아아크速度檢出部이다. 內外 二重圓筒으로 되어 있어 길이의 調節이 可能하다. 外側圓筒에는 前端面에 幅 2[mm]의 Slit가 있고 이 뒷 쪽에 光을 集束하기 爲한 Lens가 内部에 設置되어 있다. 內側圓筒의 한 쪽 端部에 光의 入射方向과 正對面해서 CdS 素子が 附着되어 있는데 아아크의 像은 이 CdS 素子 바로 面上에 오게끔 內外圓筒 사이의 插入 길이를 調節하면 된다.

그림 3에 아아크에서 發散하는 光의 세기를 檢出하는 回路가 表示되어 있는데 이것은 並列로 된 2개의 CdS素子에 直列로 10[KΩ]의 外部抵抗을 接續하고 이 兩端에 D.C.5[V]의 電壓을 印加한 回路이다. 그리고 이外部抵抗 兩端의 電壓을 Oscilloscope의 人力信號로 取하였다.

4. 實驗方法

大氣中에서 아아크를 磁氣驅動시킬 때의 移動速度는 여러가지 要素에 依하여 影響을 받게 되지만 實用面을 考慮하여 特히 磁界의 세기, 아아크電流, 아아크電壓, 電極間隙, 電極材料 및 電極表面의 粗度에 依한 影響을 調査하였다. 아아크의 移動難易는 陰極點이 받는 膠着力에 影響을 받게 될 것이다. 그러므로 本實驗에서 電極材料로서 放電上 判異한 特性을 가지는 熱陰極形인 炭素, 中間形인 不銹鋼(便宜上 S_2 로 表示하겠다)

冷陰極形인 銅棒을 選定하였다.

測定時마다 電極表面을 Sand-paper로 잘 研磨하여 氧化物 및 損傷의 影響을 除去하였다. D.C.電壓과 A.C. 電壓의 最大値는 各各 2800[V]와 4300[V]이고 電流는 어느 경우나 10[A]以下로 하였다. 그리고 磁束密度는 最大値를 125[Gauss]로 하였는데 이것은 이 以上の 磁界에서는 D.C. 및 A.C. 電壓이 낮으면 아아크가 不安定하게 되고 설혹 電源電壓을 上昇시켜 아아크를 安定하게 發生시키더라도 速度가 너무 빨라 本實驗裝置로서 이 測定이 不可能하였기 때문이다. CdS素子는 光의 照射를 받으면 그 세기에 比例하여 導電率이 增加하는 性質을 가지고 있으므로 그림 3에 나타난 檢出回路를 利用하면 Slit 面上을 아아크가 移動할 때 CdS 素子の 電氣抵抗이 減少하여 外部抵抗 R

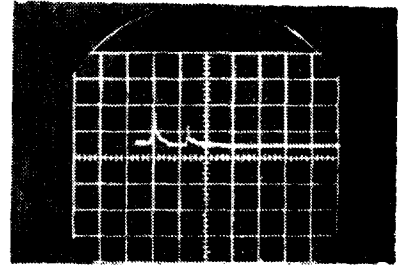


Fig. 4. Pulse wave Detected by CdS Element

兩端을 電壓은 그림 4와 같이 變하게 된다. 卽 Slit의 中心에 아아크 中心이 通過할 때 R 兩端電壓이 最大가 된다.

이와 같은 特性을 利用하여 CdS 素子를 200[mm]의 間隔으로 아아크의 移動方向과 直角으로 놓고 兩쪽 素子에 아아크가 지나가는 時間은 Oscilloscope에 나타난 波形을 寫眞攝影하여 필름上에서 얻었다. 그리고 速度는 이 資料에서 計算으로 求하였으며 이 때 아아크의 起動裝置와 寫眞機의 Shutter를 同期化시켰다. 電極이 들어있는 플라스틱圓筒을 2개의 磁界코일 사이에 끼워 놓고 아아크 移動速度의 均一性을 維持하기 爲하여 素子が 附着된 2개의 檢出用 圓筒을 磁界코일의 內徑間에 들어가도록 하여 이 圓筒사이의 磁界를 一定하게 하였다.

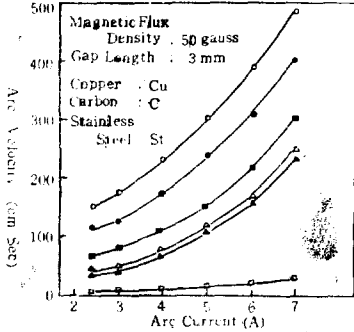
5. 實驗結果 및 考察

實驗結果는 A.C. 아아크電流와 D.C. 아아크 電流에 A.C. 磁界와 D.C. 磁界를 各各 印加했을 때 아아크의 移動速度를 測定한 것이다. 또한 電極에 흐르는 아아크 電流에 依하여 磁界가 생기는데 이로 因하여 外部 磁界가 影響을 받게 되므로 이것을 除去하기 爲하여 電源電壓은 두 電極의 相反되는 端子에서 印加하였다.

5.1 아아크電流의 影響

그림 5-(a), (b)는 D.C. 및 A.C. 아아크電流의 變化에 對한 아아크의 移動速度를 測定한 結果이다. 아아크의 速度는 電極材料, 아아크電流 및 磁界의 세기의 種類에 關係없이 아아크電流의 增加에 따라 指數函數의 形式으로 上昇하고 있다.

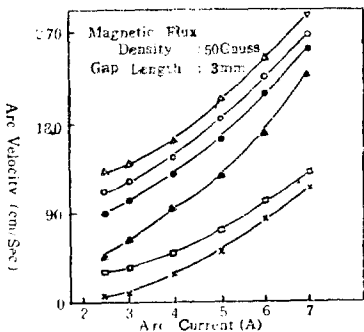
그림 5-(a)에서 同一한 電極材料에서는 D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 印加한 경우가 A.C. 아아크에 A.C. 磁



- (Cu-Cu) D.C.V.: 1300V
- (Cu-Cu) A.C.V.: 400V
- △-△ (St-St) D.C.V.: 1300V
- ▲-▲ (St-St) A.C.V.: 4000V
- (C-C) D.C.V.: 1300V
- (C-C) A.C.V.: 4000V

Fig. 5-(a) Arc Velocity vs. Arc Current

界를 作用시킨 때보다. 아아크速度가 一般의 形式으로 크지만 炭素材料일 때만 反對가 된다. D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 橫方向으로 加했을 때의 移動速度에 對하여 Marx는 理論式(3)에서 $V_a I^{0.5}$ 를 提示하였고 Guile와 Spink⁶⁾는 實驗式에서 $V_a I^{0.4}$ 가 成立함을 主張하였는데 本 實驗結果와 近似한 傾向을 나타냄을 알 수 있다 그리고 A.C. 아아크에 A.C. 磁界를 加한 쪽이 速度가 낮은 것은 아아크電流와 磁界의 勵磁電流와의 位相差가 生기는데 原因이 있다고 본다. 그림 5-(b)는 低電流 아아크에 있어서의 陽極點과 陰極點의 移動 難易



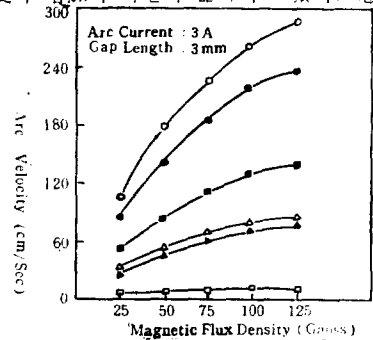
- △-△ (Cu(-)-St(+)) D.C.V.: 1300V
- (Cu(-)-C(+)) D.C.V.: 1300V
- (Cu(+)-St(-)) D.C.V.: 1300V
- ▲-▲ (Cu(-)-St(+)) A.C.V.: 4000V
- (Cu-C) A.C.V.: 4000V
- ×-× (Cu(+)-C(-)) A.C.V.: 2500V

Fig. 5-(b) Arc Velocity vs. Arc Current

性을 比較한 것이다. 陰極材料→中間形→熱陰極形일 때 D.C. 아아크의 速度도 이에 따라 작아지고 있으며 A.C. 아아크의 速度는 同一한 材料의 한 쪽 電極에 對하여 다른 쪽 電極材料가 熱陰極形일 때가 中間形보다 크다. 陽極材料는 아아크의 移動速度에 거의 影響을 주지 못 하고 있는데 이것은 陽極이 아아크柱의 電子流의 終着點으로서만 動作하므로 陽極點은 高速度運動이 可能하고 아아크柱가 移動할 때 附近의 空氣摩擦抵抗 抗만 받고 있기 때문이라고 생각된다. 그러나 이와 달리 陰極이 熱陰極形으로서 陰極點은 電子放出의 場所로 動作할 때는 熱的慣性^{10) 11)} 때문에 아아크의 移動速度가 過大해질 수 없지만 특히 A.C. 아아크에서와 같이 電流가 적고 供給電壓이 높을 때에는 熱陰極形 電極이라도 冷陰極形과 같이 高電界電子放出을 하게 됨으로 아아크의 移動速度가 上昇하게 된다고 볼 수 있다.

5-2. 磁界의 세기에 依한 影響

그림 6은 아아크의 磁氣驅動에서 磁界의 세기에 對한 아아크의 移動速度와의 關係를 나타내는 曲線이며 磁束密度의 增加와 더불어 上昇하고 있다. 電極材料에



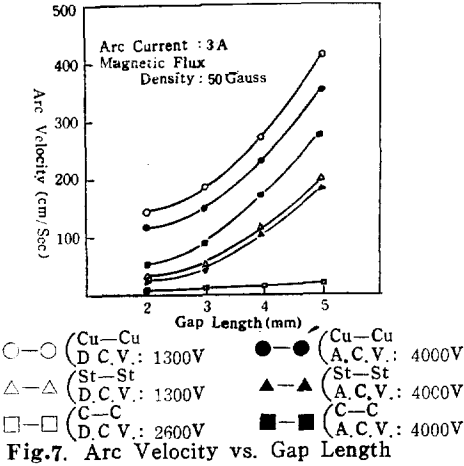
- (Cu-Cu) D.C.V.: 1300V
- (Cu-Cu) A.C.V.: 4000V
- △-△ (St-St) D.C.V.: 1300V
- ▲-▲ (St-St) A.C.V.: 4000V
- (C-C) D.C.V.: 2500V
- (C-C) A.C.V.: 4000V

Fig. 6. Arc Velocity vs. Magnetic Flux Density

依한 아아크의 速度變化中에서 銅電極(冷陰極)일 때 제일 크며 D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 加할 때에는 磁束密度가 100[Gauss]를 넘으면 銅電極에서 急激히 上昇하여 다른 電極에 比하여 增加率이 더 크다. 炭素電極을 使用할 경우 D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 印加하면 아아크速度는 相當히 느리지만 A.C. 아아크에 A.C. 磁界를 加할 때는 前者의 경우에 比할 수 없을 정도로 높아 짐을 알 수 있다. D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 作用시켰을 때의 아아크速度에 對하여 Marx는 (1)式에서와 같이 磁束密度 B에 또 Winograd¹⁷⁾는 B^{0.03}에 比例한다고 報告하였는데 A.C. 아아크에 A.C. 磁界를 加한 本實驗 結果에서도 이와 비슷한 速度上昇率이 나타나고 있다.

5-3. 間隙길이의 影響

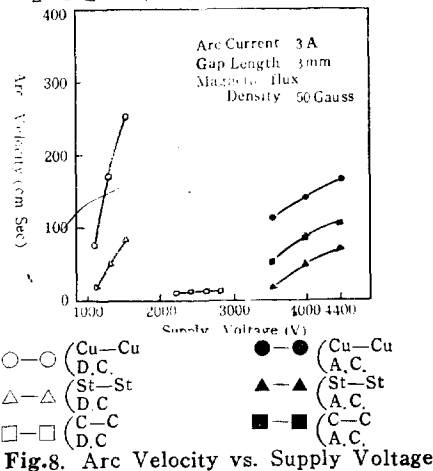
그림 7은 電極間隙의 變化에 對한 아아크 移動速度를 調査한 結果이다.



間隙길이가 길어짐에 따라 아아크速度는 높아지고 있으며 電極材料에 依한 變化는 아아크電流 및 磁界의 세기에 對한 影響과 비슷하다. 電極間隔이 크면 아아크의 길이가 길어져 周圍의 空氣기에 依해서 熱 Pinch 效果를 받는다. 따라서 아아크의 斷面積이 작아지고 移動時 아아크柱가 받는 摩擦力이 減少되므로 아아크의 移動速度가 커진다고 생각할 수 있다. 炭素電極에서는 A.C.아아크에 A.C.磁界를 作用시켜줄 때 不銹鋼보다 아아크速度가 높는데 이것은 아아크電流가 작고 半周期보다 아아크가 消滅되므로 아아크柱의 溫度가 低下되고 電離度가 不充分하여 熱陰極으로서의 電極面의 電子放出能力이 衰退함과 同時에 高電界電子放出이 活潑해지는데 起因한다고 생각한다.

5-4. 供給電壓의 影響

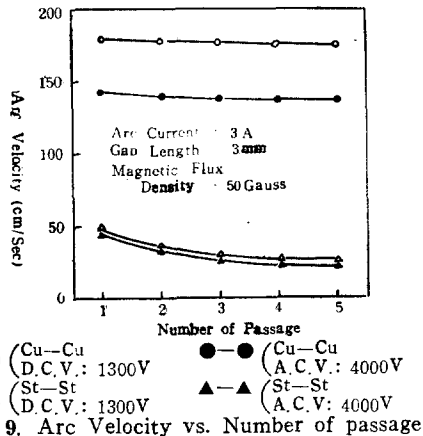
그림 8은 아아크電源, 電壓에 對한 아아크 移動速度



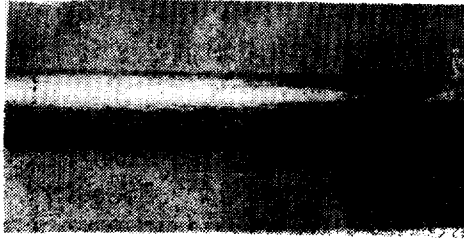
도와의 關係를 나타낸 曲線이다. 一般的으로 電源電壓을 上昇시키면 아아크의 移動速度는 增加하여 炭素電極을 제외하고 D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 加한 경우가 가장 速度上昇率이 크다. 炭素電極을 使用할 때는 充分한 아아크의 磁氣驅動을 爲하여 D.C. 電源電壓을 2800[V]까지 높혀서 加해주었고 다른 電極材料로 點弧할 때는 最大로 D.C. 電壓 1500[V]에서도 安定하게 아아크가 移動 可能하였다. 이와 같이 炭素電極에서는 D.C. 아아크의 電源電壓이 다른 材料의 경우에 比하여 큰데도 불구하고 D.C. 아아크에 D.C. 磁界를 加한 경우의 速度가 낮은 것은 熱電子放出을 爲하여 陰極點이 膠着現象을 나타내기 때문이라 본다. 그러나 A.C.아아크에서는 電源電壓과 電流가 작을 때에는 磁界의 세기가 增大하면 아아크의 消滅이 頻繁하여 安定한 移動이 困難하므로 A.C.電壓을 4300[V]까지 높인 것이다. 勿論 이 程度의 高電壓과 低電流에서는 電極은 冷陰極形의 電子放出形式을 취한다고 볼 수 있다. 이 狀態에서 電源電壓을 높여가면 아아크의 移動速度가 커지는 것은 아아크의 伸張에 對하여 消弧하지 않을 限度의 아아크 電壓을 供給할 수가 있어 이에 따라 아아크가 길어져 여기에 作用하는 힘이 커지는데 있다고 판단된다.

5-5 電極의 損傷痕跡에 依한 影響

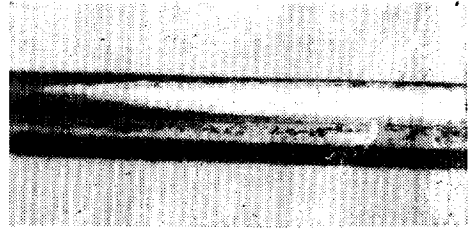
不銹鋼과 銅 材料로된 電極에 아아크를 點하고 磁氣驅動으로 移動시킨 후 研磨치 않고 繼續的으로 數回施行하여 電極表面에 損傷痕跡을 만든다. 이 때 各回마다의 아아크 移動速度를 測定하여 電極表面의 損傷程度가 미치는 影響을 調査한 것이 그림 9이다. 그림에



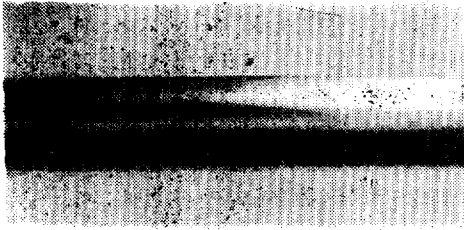
서 아아크의 電極通過回數 即 電極表面의 損傷이 클수록 移動速度가 減少함을 알 수 있다. 또 銅電極보다 不銹鋼電極에서 速度減少率이 큰데 이것은 그림 10에서 보는 바와 같이 不銹鋼쪽이 損傷이 甚하였기 때문이라고 본다.



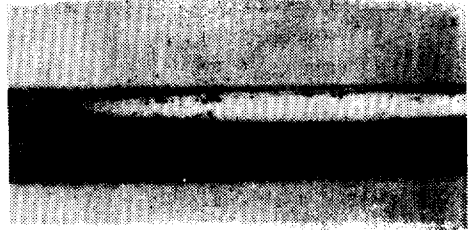
a) Cu (Copper)
D.C.V.:1300V(D.C.Voltage)
D.C.:3A(D.C. Current)
D.C.M.:50 Gauss (D.C.Magnetic Flux)
G.L.:3mm(Gap Length)



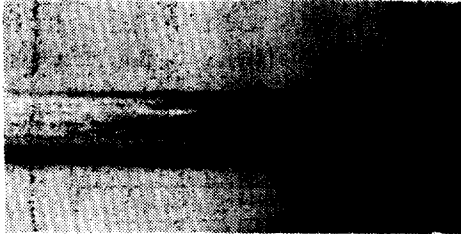
e) St(Stainless Steel)
D.C.V.:1300V
D.C.C.:3A
D.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm



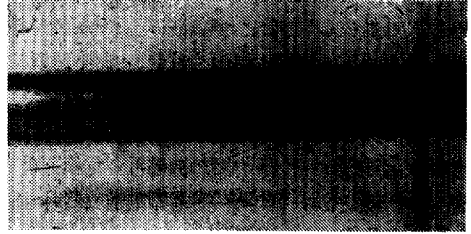
b) Cu
A.C.V.:4000V(A.C.Voltage)
A.C.C.:3A(A.C.Current)
A.C.M.:50 Gauss (A.C. Magnetic Flux)
G.L.:3mm(Gap Length)



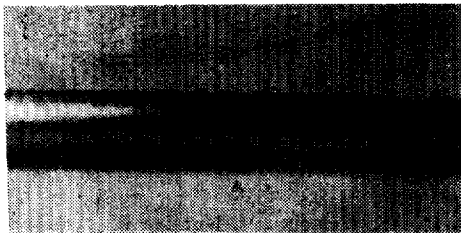
f) St
A.C.V.:4000V
A.C.C.:3A
A.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm



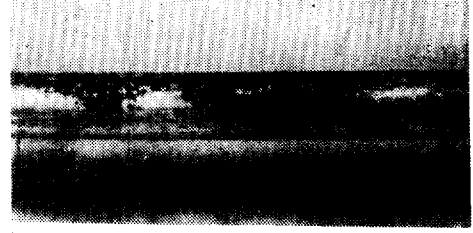
c) Cu
D.C.V.:1300V
D.C.C.:3A
A.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm



g) St
D.C.V.:1300V
D.C.C.:3A
A.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm



d) Cu
A.C.V.:4000V
A.C.C.:3A
D.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm



h) St
A.C.V.:4000V
A.C.C.:3A
D.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm

Fig.10. Erosion of Electrode Surface

陰極表面이 損傷을 받으면 그 痕跡에서 아아크는 膠着現象을 나타내지만 陽極에서는 何等 異常이 없음을 確認할 수 있었다.

5-6 電極損傷과 아아크의 現象

氣中遮斷器나 Plasma 加熱器와 같이 아아크와 關係되는 機器에 있어서 電極의 損傷, 摩耗가 이의 動作性能과 수명에 直接的인 影響을 준다. 아아크가 發生하는 點의 溫度 T 는 Slepian¹⁰⁾의 實驗式에 依하면 다음과 같다.

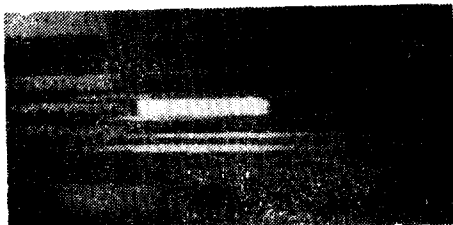
$$T = \frac{V^2}{33.5k\rho} \dots\dots\dots(6)$$

여기서 V : 電極間 電壓

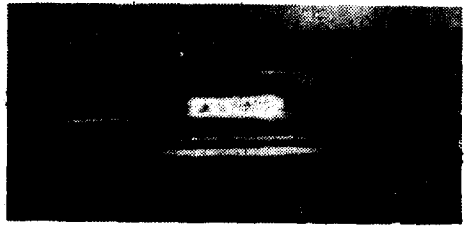
k : 電極材料의 熱傳導度

ρ : 電極材料의 比抵抗

이 式에서 보는 바와 같이 電極材料에 依하여 아아크 點의 溫度上昇이 다르다. 大電流아아크가 되면 電極에만 依存할 수 없어 이 發生熱을 分散시켜 溫度를 低下시키기 爲하여 迅速히 氣流 또는 磁氣力을 利用하여 아아크를 吹消시켜야 한다. 그림 10은 아아크를 磁氣驅動시킬때 電極表面에 發生한 損傷을 調査한 것이다. 그림 10(a), (b)는 同種, (c), (d)는 異種의 아아크電流와 磁界를 加했을 때의 아아크의 移動에 따른 銅電極表面의 損傷痕跡이고 그림 10(e), (f), (g), (h)등도 역시 同一한 경우의 不銹鋼電極에 對한 痕跡이다. 同種의 아아크電流와 磁界에 있어서는 電極損傷이 거의 없는데 이 것은 아아크의 移動速度가 너무 빨라 電極表面의 熔融消耗가 容易치 않는데 起因한다고 본다. 그러나 異種의 아아크電流와 磁界下에서는 아아크는 거의 一定한 位置에서 左右로 低振動하는 現象을 볼수 있었는데 이것때문에 電極表面이 持續的으로 高熱을 받아 熔融消耗하므로 損傷痕跡이 크게 된다고 생각할 수 있다. 銅電極보다 不銹鋼電極이 더 損傷이 심한 것은 電極材料에 의한 아아크 移動速度가 다른 데서 온다고 解釋된다.



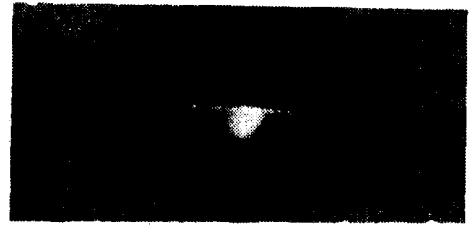
a) Cu (Copper)
D.C.V.:1300V(D.C.Voltage)
D.C.C.:3A(D.C.Current)
A.C.M.:50 Gauss (A.C.Magnetic Flux)
G.L.:(Gap Length)



b) Cu
D.C.V.:1300V
D.C.C.:3A
A.C.M.:100 Gauss (A.C.Magnetic Flux)
G.L.:3mm



c) C(Carbon)
D.C.V.:2600V
D.C.C.:3A
A.C.M.:50 Gauss
G.L.:3mm



d) C
D.C.V.:2600V
D.C.C.:3A
A.C.M.:100 Gauss
G.L.:3mm

Fig.11. Arc Form

그림 11은 D.C. 아아크에 A.C. 磁界를 印加했을 때 磁界의 세기에 對한 銅 및 炭素電極에서의 아아크 形狀의 變化를 寫眞撮影한 것이다. 磁界가 커짐에 따라 電極面上의 아아크 振動範圍가 擴大되고 炭素電極에서는 陰極點의 밝은 殘像의 連續을 볼 수 있다. 그리고 炭素電極에서는 銅의 것보다 振動範圍가 적은 데 이것도 炭素陰極點의 膠着力이 銅의 경우보다는 크다는 證據가 되는 것이다.

6. 結 論

上記의 結果를 要約하면 다음과 같다.

(a) 電極材料에 따라 아아크의 移動速度가 다르다.

即 電子放出 形式이 冷陰極, 中間陰極, 熱陰極의 차례로 아아크 移動 速度가 늦어진다. 따라서 아아크點의 磁氣驅動을 利用한 氣中 遮斷器나 A.C.Plasma Jet 等에는 電極으로써 冷陰極形 材質을 使用하는 것이 아아크의 發生 時間短縮이나 電極損傷防止上으로 보아 가장 適當하다고 생각한다.

(b) 아아크電流, 磁束密度, 電流間隙 및 아아크電壓의 增加에 따라 移動速度가 높아진다.

(c) D.C. 아아크에 D.C.磁界를 加한 경우가 A.C. 아아크에 A.C.磁界를 作用시킨 경우보다 아아크速度가 빠르다.

即 後者の 경우는 位相差의 影響을 받는다.

(d) 電極表面의 損傷이 클수록 아아크의 膠着現象이 심하게 나타나 아아크의 移動速度가 상당히 低下된다. 그러므로 아아크의 發生이나 其他 다른 原因에 의하여 電極表面이 약간의 損傷을 입었을 때에는 그後의 急速한 進展을 막기 위하여 이 部分을 잘 磨礪하여 平滑하게 維持하여야 할 것이다.

本 報告書는 仁荷大學校 附設 産業科學研究所의 研究助成費에 依하여 이루어진 研究結果이며 學校當局에 謝意를 表하는 바이다.

參 考 文 獻

- 1) 日本電氣學會編: 放電 Hand Book, pp.193~196 1958
- 2) 岡田實, 荒田吉明: plasma 工學, 日本日刊工業新聞社, pp.337~356, 1965.
- 3) 關口忠, 一丸節夫: Plasma 物性工學, 日本日刊工業新聞社 pp.159~190, 1967.
- 4) 菅原實: 氣體電子工學, 日本日刊工業新聞社 pp 49~58. 1966.
- 5) 日本電氣學會編: 放電工學, 1960.
- 6) P.E. Seaker and A.E. Guile: "Arc Movement in a Transverse Magnetic Field at Atmospheric Pressure" Proc. I.E.E., No.3044S pp.310~320 Aug.1959
- 7) A.E.Guile and S.F.Mehta: "Arc Movement Due to the Magnetic Field of Current Flowing in the Electrodes," Proc. I.E.E., No. 2413, pp.533

- ~540, Dec.1957.
- 8) A.E. Guile and P.E.Seaker: "Arc Cathode Movement in a Magnetic Field," J.Appl. Phys, Vol.29. No.12, pp.1662~1967, Dec.1958.
- 9) A.E. Guile: "High Current Arcs in Transverse Magnetic Field in Air at Atmospheric Pressure," Proc. I.E.E., Vol.166, No.4. pp.645~652, Apr. 1969.
- 10) 安藤弘平, 長谷川光雄: 熔接 Arc現象 日本産報株式會社 pp.22~29, 157~161
- 11) 田春生: "商用周波數(60Hz) Plasma Jet Torch의 動作特性에 關한 研究," 大韓電氣學會誌 Vol. 24 No.1, pp.51~61, 1975.
- 12) H.C. Spink and A.E.Guile: "The Movement of High Current Arcs in Transverse External and Self-Magnetic Fields in Air at Atmospheric Pressure," p.843, 1965.
- 13) J.E.Harry: "The Measurement of the Erosion Rate at the Electrodes," Vol.40, No.1, pp.265 ~270, Jan.1969
- 14) W.C. Roman and T.W. Myers: "Experimental Investigation of an Electric Arc in Transverse Aerodynamic and Magnetic Field," AIAA. Journal, Vol.5, No.11 pp.2011~2017, Nov.1967.
- 15) T.T. Lewis and P.E.Seaker: "Influence of the Cathode Surface on Arc Velocity," J.Appl. Phy, Vol.32, pp.32~35, 1961.
- 16) V.W. Adams, W.T.Adams, W.T.Lord, A.E. Guile, and K.A. Naylor: "Correlation of Experimental Data for Electric Arcs in Transverse Magnetic Fields," Proc. I.E.E., Vol.114, No.10, pp.1556~1558, Oct. 1967.
- 17) Y.Y.Winograd and J.F.Klein: "Electric Arc Stabilization in crossed Convective and Magnetic Fields," A.I.A.A.Journal, Vol.7, No.9, pp. 1699~1703.
- 18) James Cillon Cobine: Gaseous Conductor, Dover Publication Inc, New York, U.S.A., 1958.