

# Plasma Jet의 同軸平行磁界에 의한 영향에 관한 연구(II)

논문  
22~5~3

—壓力分布, Flame길이, 騒音 및 安定度—

## A Study on the Influence Coaxial Parallel Magnetic Field upon Plasma Jet (II)

—Pressure Distribution, Flame Length, Noise and Stability—

전 춘 생\*  
(Choon Saing Jhoun)

### Abstract

This paper treats with some of plasma jet behaviors under magnetic field for the purpose of controlling important characteristics of plasma jet in the practices of material manufacturings.

Under the existence and non-existence of magnetic field, the pressure distribution, flame length, stability and noise of plasma jet are comparatively evaluated in respect of such parameters as are current, gap of electrode, quantity of argon flow, magnetic flux density, diameter and length of nozzle.

The results are as follows:

1) The pressure, the length and the noise of plasma jet rise gradually with the increase of arc current, and have high values under identical arc current as the diameter of nozzle increases, but reverse phenomenon tends to appear in the noise.

2) The pressure, the flame length and the noise increase with the increased quantity of argon flow, and the rising slope of noise is particularly steep.

Under magnetic field, the quantity of argon flow in respect of flame length has the critical value of 80 (cfh).

3) The pressure and length of flame decrease with small gradient value as the length of gap increases, but the noise tends to grow according to the increase of nozzle diameter.

4) The pressure and the length of jet flame decrease inversly with the increase of magnetic flux density, which have one critical value in the 100 amps. of arc current and two values in 50 amps.

The pressure of jet flame can be below atmosphere pressure in strong magnetic field.

5) The constriction length of nozzle has respectively the critical value of 6(mm) for pressure and 23 (mm) for the length of flame.

6) Fluctuations in the wave form of voltage become greater with the increase of argon flow and magnetic flux density, but tends to decrease as arc current increases, having the frequency range of 3~8 KHz.

\* 정희원 : 인하대 공대 전기공학과 교수

The wave form of noise changes almost in parallel with that of voltage and its changing value increases with argon flow, arc current and magnetic flux density, having the frequency range of 6~8KHz.

The fluctuation of jet presurre is reduced with the increase of argon flow and magnetic flux density and grows with arc current.

### 1. 序 論

Plasma jet flame은 燃燒 flame에 比하여 相當히 高溫 高速이므로 各種의 材料加工 高溫化學反應 및 分光用 高溫光源으로 實用化 되어 가고 있다. 特히 金屬 非金屬 材料의 切斷 및 溶塗裝에 利用될때에는 energy 集中度가 높고 銳利한 高溫 高速의 jet flame이 要求되지만 材料의 表面研磨 硬化 및 化學反應에서는 比較的 斷面積이 크고 溫度分布가 均一하고 sputtering 現象이 적은 高溫 低速의 flame의 形成이 必要하게 된다. 勿論 이에 對한 變數로서 裝置 構造上에서는 陰極과 陽極의 形狀 및 材質 nozzle 電極의 口徑과 拘束길이 冷却機構 등이 있고 動作條件에서는 arc電流 作動 gas의 種類 流入方式 및 流量 그리고 電極間隔 電源狀態 裝置의 熱效率 등을 列擧 할 수가 있다. 그러나 同一 裝置로써 여러 目的에 利用할려면 操作의 複雜性을 免치 못할 뿐만 아니라 경우에 따라서는 動作의 最適 條件을 決定 하기가 困難하여 所期의 成果를 이루지 못할 때가 있다. 筆者는 裝置의 壽命과 安定度를 改善 하기 위하여 磁界를 印加 할 경우의 jet flame의 舉動을 研究 하던中 上記의 難點들을 克服 할 수있는 可能性에 着眼을 하고 同軸 平行 磁界 中에서의 裝置 및 動作上의 몇 가지 變數에 依한 plasma jet의 電氣的 熱的 및 光學的 諸 特性을 調査하고 이것에 關한 資料를 이미 前報에 發表 하였다. 이와 關聯하여 plasma jet를 材料 加工에 實用 할 경우 操業이 所望의 成果를 줄 수 있느냐의 如否는 特히 flame의 길이 壓力分布 및 安定度 등에 크게 左右 될 것이며 더욱 作業 能率에 끼치는 騒音 影響은 無視 못할 事項이라고 생각 된다. 本論文은 前 報告書<sup>1)</sup>에 이어 同軸 平行 磁界에 依한 上記의 諸特性에 關한 實驗 結果와 이에 對한 考察을 比較 檢討한 것이며 多目的用 plasma jet 裝置로 實用 하든가 또는 設計 製作 하려는 분 들에게 이들 資料가 많은 도움이 될 것으로 믿는 바이다.

### 2. 實驗 裝置와 方法

本 研究에 利用한 實驗 裝置는 主放電直流回路 pla-

sma jet torch部 放電起動用高周波回路 同軸平行磁界發生回路 Inert gas (本 實驗에서는 argon gas使用) 및 冷却水 供給 系統으로 構成되어 있으며 이에 對한 構成圖와 arc電流 電極間隙 argon流量 磁束密度 등의 變數의 調節 및 測定은 前 報告書<sup>1)</sup>에 詳述한것과 同一한 方法을 取하였다. 實驗 條目은 jet flame의 壓



그림 1. 實驗裝置圖  
Fig. 1. Experimental apparatus

力分布, flame 길이, 騒音 level 및 安定度 特性 등의 4 種類로 되어 있으며 이들에 對한 測定은 다음과 같이 하였다.

#### 2-1. 壓力分布 測定

energy 集中度가 比較的 좋은 plasma jet flame의 形狀은 軸對稱이고 또 軸 方向에 垂直한 斷面의 圓對稱 이라고 볼 수 있다. 嚴密하게 말하면 nozzle出口에서 멀리 멀어지면 flame의 先端部는 軸對稱이 이루어지지 않지만 nozzle出口 에서는 圓對稱 plasma라고 생각 할 수 있다. 그러므로 jet flame의 壓力分布는 半徑方向과 軸方向에 對해서만 調査 하였다. 壓力分布 狀態의 擾亂을 抑制 하기 위하여 nozzle 電極 出口에서 7(mm)되는 곳 에서 半徑方向으로 1(mm) 間隔마다 flame의 壓力를 測定하여 半徑方向의 壓力分布를 調査 하였고 또 軸方向에 對한 壓力分布는 nozzle 出口에서 10(mm) (flame core의 大略 位置)되는 位置를 基準으로하여 2(mm)씩 隔離 하면서 測定 하였다.

그리고 其他의 壓力差는 nozzle出口에서 軸上 10(mm) 位置에서 測定한 結果이다. 測定 裝置로서는 그림2와 같이 半徑方向과 軸方向으로 變位가 可能한 構造로 製作한 것이며 micrometer로 이들 變位를 測定 하였고 flame과의 接觸部는 溶融點이 높은 길이 40(mm) 內徑 1(mm)의 圓錐形 炭素細管을 利用하여 길이 150(mm)

測定 하였다. 本 實驗에 使用한 指示 騒音計는 騒音의 音壓이 microphone에서 交流로 變換되고 이것이 增幅되어 이 實効値가 指示 計器에 나타 나게끔 되어 있다. 增幅器에는 指示 計器의 deflection을 有効 눈금 內에서 읽을수 있도록 增幅器를 切換하는 指示制御 dial과 그의 總合 response를 聽覺에 맞추기 위한 聽感 補正 回路의 切換部 등이 있다. 聽感 補正 特性에는 A,B,C의 3가지로 되어있다.

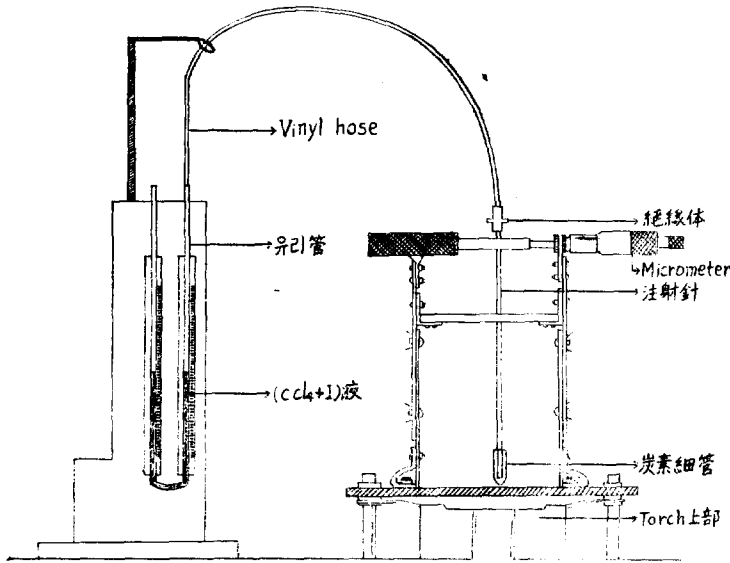


그림 2. 壓力 測定裝置  
Fig. 2. Measuring device of jet pressure

의 注射針에 끼우고 他端은 vinyl hose를 經由하여 (C cl<sub>4</sub>+I) 溶液이 注入된 manometer에 連結하였다. 測定된 壓力은 大氣壓과의 차이이며 mm (C cl<sub>4</sub>+I)로 表示 된다. 이때 使用한 炭素細管은 消耗되어 짧아 지므로 實驗에서 parameter를 變更시킬때 마다 새로운 것으로 置換 하였다.

2-2. Flame 길이 測定

flame길이는 起動後 2~5秒 間에는 變動이 甚하므로 安定된 後에 눈금이 精密한 木尺을 flame近傍의 nozzle電極面에 設置하고 軸에 直角인 方向에서 寫眞撮影(Canon camera)하여 film上에서 flame길이를 測定 하였다.

2-3. 騒音 Level 測定

動作狀態에 있는 torch(最大치수 20cm未滿)에서 發生하는 騒音을 騒音計(一名 sound level meter; 美國 General Radio Company)로 nozzle 電極 出口에서 15cm 떨어진 軸方向에서 測定 하였는데 騒音이 90(dB) 以上 이므로 C 特性 部分을 使用 하였으며 特別 周波數 分布를 調査하기 위하여 A,B,C, 3가지 特性에서도

2-4. 安定度

jet fame의 安定은 여러가지 條件에 依하여 判斷 될수 있지만 時間에 따른 變動을 가장 容易하게 測定 할수 있는 條件은 arc電壓 壓光度 壓力 騒音 및 flame 길이 等을 列舉할수 있는데 本 實驗에서는 arc電壓 壓力 및 騒音의 時間에 對한 變動狀態를 記錄 하여 flame의 安定度를 調査하였다.

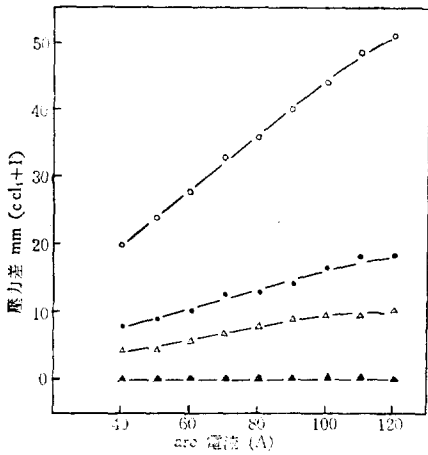
arc電壓과 騒音의 時間的인 變化特性은 oscilloscope에 나타난 現象을 寫眞 撮影하였고 壓力變動은 XY recorder (Varian F-80A. U.S.A.)로 記錄 하였다. 上記한 壓力測定用 manometer 硝子管의 內部 溶液을 끄집어 내고 한 쪽 끝에 感度 0.5~100g/cm<sup>2</sup>의 strain element가 있는 transducer를 接續 시키고 여기서 나온 信號를 增幅器(dynamic strain amplifier: DPM-6CT Kyowa Electronic, Japan)에서 增幅한 다음 XY recorder로 記錄 하였다.

3. 實驗 結果에 對한 考察

3-1. Jet Flame 壓力特性

(1) Arc電流의 影響

그림 3는 電極間隙 5(mm), argon流量 70(cfh)으로 固定시키고 口徑 7(mm), 10(mm)의 nozzle電極에 對하여 arc 電流에 依한 壓力差의 變化를 나타낸 曲線이다. 磁束密度 0(wb/m<sup>2</sup>) 일때는 口徑 7(mm)의 nozzle 電極 폭이 10(mm)의 것 보다 arc 電流의 增加에 따라 壓力差의 上昇率이 相當히 크며 거의 6배가 되지만 0.05(wb/m<sup>2</sup>)의 磁束密度 에서는 上昇 句配가 적으며 10(mm) nozzle 電極에서는 水平線에 接近하는 特性을 갖는다. arc 電流에 依한 影響은 다음과 같이 誘導되는 電磁力에 依한 pinch力으로 考察 될 수 있다. 즉 作動 gas 軸流形 plasma jet의 pinch力은 그림 4와 같이 arc 電流密度를 半徑方向과 軸方向 成分을  $i_r, i_z$ 라 하고 이것들이 各各의 方向에서 平等 일때는 pinch力은 다음과 같이 容易하게 計算된다. 이때의



電極間隙 5(mm)  
 argon流量 70(cfh)  
 (1) nozzle徑 7(mm)  
 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) ○—○  
 " 0.05 " ●—●  
 (2) nozzle徑 10(mm)  
 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) △—△  
 " 0.05 " ▲—▲

그림 3. 壓力差와 arc 電流의 관계곡선  
 Fig. 3. Pressure difference—arc current

pinch力은 軸方向的 blowing力과 半徑方向的 pumping으로 分解 할 수 있다. Maxwell의  $\nabla \times B$ 에 關한式에서 다음과 같은 間隙中の 自己誘導磁界를 求 할 수 있다.

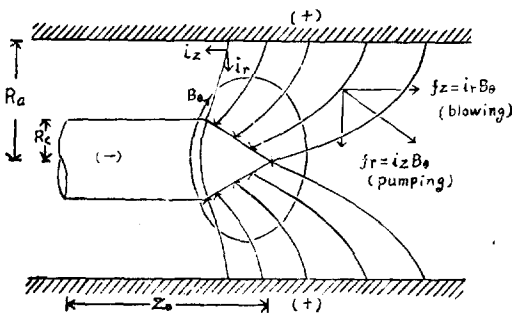


그림 4. Plasma jet 發生裝置의 電極配置  
 Fig. 4. Electrode configuration of plasma jet generator

$$B_{\theta}(r, z) = \frac{\mu I}{2\pi r} \left(1 - \frac{z}{z_0}\right) \quad (1)$$

여기서  $I = 2\pi r z_0 i_z$ 는 全 電流이다.

blowing力의 密度는

$$f_z(r, z) = i_z B_{\theta} = \frac{\mu I}{4\pi^2 r^2 z_0^2} (z_0 - z) \quad (2)$$

gas流에 依한 軸方向的 全體의 힘은 다음과 같다.

$$F_z = \frac{\mu I^2}{4\pi^2 z_0^2} \int_0^{z_0} \int_0^{2\pi} \int_{R_c}^{R_a} \frac{z_0 - z}{r z} r dr d\theta dz$$

$$= \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \frac{R_a}{R_c} \quad (3)$$

여기서  $R_a$ 와  $R_c$ 는 각각 nozzle 陽極 및 陰極의 半徑이다.

arc 柱內的 磁界는 다음과 같이 된다.

$$B_{\theta}(r) = \frac{\mu I r}{2\pi R_c^2} \quad (4)$$

이에 對한 힘 密度 즉 pumping 力密度는 半徑方向 이고 이 方向의 壓方傾度와 平衡을 이루게 된다.

$$f_r = i_z B_{\theta} = \frac{\mu I^2 r}{2\pi^2 R_c^4} = - \frac{dp}{dr} \quad (5)$$

이 式에서

$$p(r) = p_0 + \frac{\mu I^2}{4\pi R_c^2} \left\{1 - \left(\frac{r}{R_c}\right)^2\right\} \quad (6)$$

$p_0$ 는 陰極上的 壓力

즉  $r = R_c$ 에서의 壓力이다. 陰極上的 間隙壓力이 陽極의 放電端의 壓力과 平衡을 이루지 못하므로 陰極表面上的  $p - p_0$ 積分은 arc chamber內的 壓力增加가 되어 軸方向的 힘이 된다.

$$F_c = 2\pi \int_0^{R_c} (p - p_0) r dr = \frac{\mu I^2}{8\pi} \quad (7)$$

이 힘이 pumping力이다.

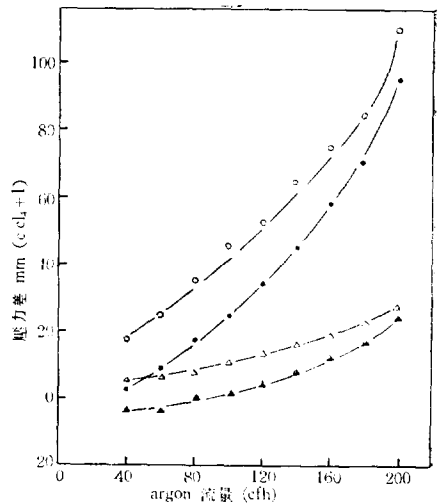
blowing力과 pumping力과의 合 즉, pinch力은

$$F_t = \frac{\mu I^2}{4\pi} \left(\ln \frac{R_a}{R_c} + \frac{1}{2}\right) \quad (8)$$

壓力은 nozzle電極의 口徑이 클수록 높아지고 있는데 實驗 結果와 定性的으로 合致하지만 中性 氣體流의 影響 때문에 定量的으로 比較 할 수가 없다. 그리고 同一口徑의 nozzle電極에서 電流增加에 依하여 壓力이 上昇 하는것은 入力 energy가 커짐에 따라 pinch力이 增大 하는데 起因 한다고 생각된다.

(2) Argon 流量의 影響

그림 5는 電極間隙 3(mm) arc 電流 60(A)일때



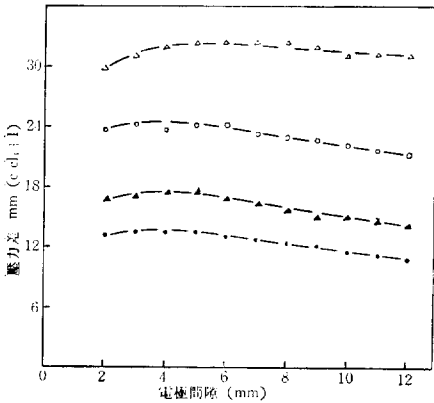
電極間隙	3(mm)	
arc 電流	60(A)	
(1) nozzle 徑	7(mm)	
磁束密度	0(Wb/m <sup>2</sup> )	○—○
"	0.05(Wb/m <sup>2</sup> )	●—●
(2) nozzle 徑	10(mm)	
磁束密度	0(Wb/m <sup>2</sup> )	△—△
"	0.05(Wb/m <sup>2</sup> )	▲—▲

그림 5. 壓力差와 argon 流量的 관계곡선  
Fig. 5. Pressure difference—quantity of argon flow

徑 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對한 壓力差의 流量에 關한 特性 曲線이다. 7(mm)의 nozzle 電極이 10(mm) 電極에 比하여 流量 增加에 對한 壓力 上昇率이 거의 3배가 되며 어느 nozzle 電極이나 流量이 큰 쪽에서 거의 磁界의 影響을 받지 않게 된다. 이것은 pinch力에 依한 壓力보다 流入氣體의 壓力이 越等하게 큰데에 原因이 있다고 생각된다.

(3) 電極間隙의 影響

그림 6은 arc 電流를 70(A)로 하고 流量과 磁束密度 2種씩 選定하여 口徑 7(mm)의 nozzle 電極에 對한 壓



nozzle 徑	7(mm)	
arc 電流	70(A)	
(1) argon 流量	50(cfh)	
磁束密度	0(Wb/m <sup>2</sup> )	○—○
"	0.05(Wb/m <sup>2</sup> )	●—●
(2) argon 流量	70(cfh)	
磁束密度	0(Wb/m <sup>2</sup> )	△—△
"	0.05(Wb/m <sup>2</sup> )	▲—▲

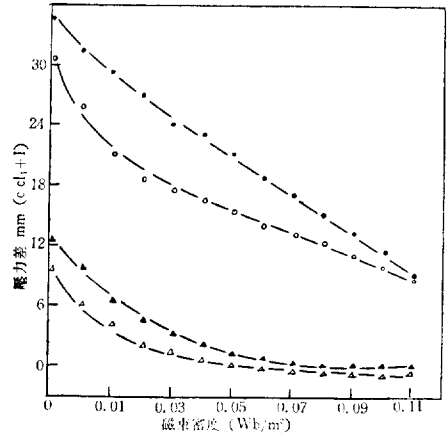
그림 6. 壓力差와 電極間隙의 관계곡선  
Fig. 6. Pressure difference—length of gap

力差의 電極間隙에 關한 影響을 測定한 結果이다. 電極間隙 3~6(mm) 사이에서 壓力差는 極大值를 가지고 徐徐히 줄어들어 飽和 狀態를 이루게 된다. 磁界를 加할 때에 壓力差는 同一한 電極間隙에 있어 磁界가 없는 경우에 比하여 적은 값을 가지는데 全 間隙에 걸쳐 大略 10~15mm (C d<sub>1</sub>+I)의 差가 있고 曲線의 變

化 狀態는 거의 同一하다. 間隙이 커지면 入力 energy가 增大 하는 것은 前報에서 잘 알려져 있지만 반드시 pinch力이 增加 한다고 이 結果에서 斷言할 수 없는 데 앞으로 더 調査해 볼 問題이다.

(4) 磁束密度의 影響

그림 7은 電極間隙 4(mm), 流量 60(cfh)일 때 口徑이 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對하여 壓力差와 磁束密度와의 關係를 調査한 結果이다. 7(mm)의 nozzle



電極間隙	4(mm)	
argon 流量	60(cfh)	
(1) nozzle 徑	7(mm)	
arc 電流	70(A)	○—○
"	100	●—●
(2) nozzle 徑	10(mm)	
arc 電流	70(A)	△—△
"	100(A)	▲—▲

그림 7. 壓力差와 磁束密度의 關係曲線  
Fig. 7. Pressure difference—magnetic flux density

의 電極은 70(A)의 電流值에서 磁束密度의 增加에 따라 大略 直線의 으로 減少하며 그 減少率은 2.3 程度이다. 電流 100(A)에서의 壓力差는 磁束密度가 적을 때에는 電流 70(A)의 경우 보다 크지만 磁界가 強해지면 두 曲線의 間隔은 점차로 僅少 하여져 磁束密度 0.11(wb/m<sup>2</sup>)에서 同一한 壓力差를 이룬다. 口徑 10(mm)의 nozzle 電極에서 電流值가 70(A)와 100(A)에 關係없이 磁束密度가 0.01~0.06(wb/m<sup>2</sup>)인 사이에서 두 曲線의 差는 極히 적고 이 以上 磁界가 強해지면 두 曲線은 一致하여 0.07(wb/m<sup>2</sup>)의 磁束密度부터 壓力差가 負가 된다. 즉 大氣壓 보다 적어지는 것이다. 이것은 다음과 같이 導入되는 電磁力에 依한 圓錐體 pinch力으로 推論 될 수 있다. 圓錐導體의 電磁力에 依한 pinch力을 計算하면 다음과 같다.

그림 8에서 
$$i = \frac{r_a^2}{R_a^2} I$$

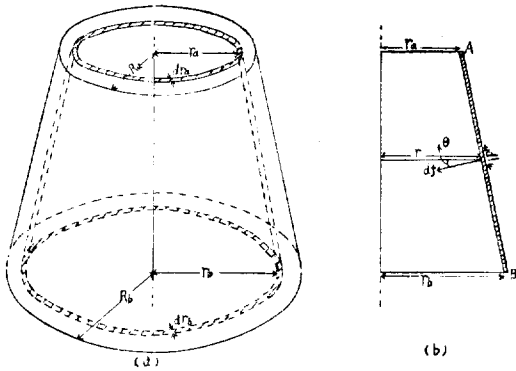


그림 8. 磁界下에 있어서의 arc柱의 圓錐形 軌跡  
Fig. 8. Conical locus of arc column under magnetic field

斜線을 한  $dr_a$ 部에 흐르는 電流는

$$di = \frac{2\pi r_a dr_a}{\pi R_a^2} \cdot I = \frac{2r_a dr_a}{R_a^2} \cdot I$$

$di$ 는 上面에서는  $2\pi r_a dr_a$ , 下面에서는  $2\pi r_b dr_b$  部分을 흐른다.  $di$ 部分을 (b)그림에서 A, B라 하고  $i$ 에 의한 磁界는

$$B_\theta(r) = \frac{\mu i}{2\pi r}$$

이 磁界에 依하여 AB의 一部  $dl$ 에 作用하는 힘은  $df' = dl di B_\theta(r)$

軸方向에 對한 分力은

$$df = df' \sin\theta = di B_\theta(r) dl \sin\theta = di B_\theta(r) dr \quad (9)$$

그러므로 圓錐體에 흐르는 全電流에 對한 軸 方向의 힘 즉 pinch力은

$$F = \int_0^{R_b} \frac{\mu}{2\pi} \cdot i di \cdot \frac{dr}{r} = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \frac{R_b}{R_a} \quad (10)$$

plasma jet에 同軸 平行磁界를 外部에서 印加 할 경우에는 arc柱는 가는 電極에서 넓은 nozzle電極으로 擴大하여 發生하므로 電流에는 磁界에 垂直한 成分을 갖는다. 磁界의 電流의 垂直 成分에는 힘이 作用하여 棒狀 arc柱를 回轉시킨다. 이 軌跡는 陰極面을 頂點으로 한 圓錐體가 될 것이다. 回轉速度가 빠르면 外見上 圓錐狀部는 全部 電氣 傳導度를 갖게 되어 arc電流는 任意의 瞬間에 圓錐狀部에 均等하게 分布되어 흐른다. 實驗中에 確認된 바에 依하면 陽極點의 痕跡이 幅이 적은 圓環인 것으로 보아 arc는 圓錐體의 얇은 側面에만 發生하는 것으로 推測 할 수 있다. 그러므로 圓錐體 內部에는 거의 電流가 흐르지 않게 되므로 (10)式과 같은 pinch力이 作用하지 않게 된다.

磁界가 強할 때에는 arc柱의 回轉速度의 增大로 말미암아 圓錐體 內部를 通하는 中性氣體도 渦動을 이리켜 nozzle出口의 半徑方向의 壓力 分布는 流體力學에서 나오는 다음과 같은 式에 따를 것이다.

$$\frac{p}{\rho} = \frac{1}{8} k r^2 + \frac{p_0}{\rho} \quad (r \leq R_a) \quad (11)$$

이 式에서

$p_0$ : 渦動 中心의 壓力

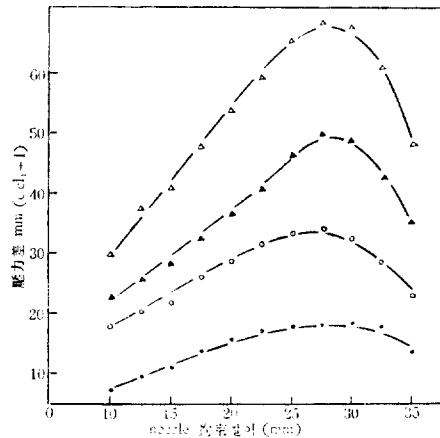
$\rho$ : 流體密度

$k$ : 角速度에 關係되는 parameter

즉 電流가 비교적 클 때는 外部磁界를 加하면 回轉力에 依하여 arc電流는 圓錐體의 側面의 얇은 것으로 通하여 pinch力이 極히 적다는 理由와 또 arc柱의 回轉運動에 依하여 惹起되는 圓錐體의 中性 氣流의 渦動으로 因한 中心部의 壓力 降下等이 原因이 된다 고 생각 할 수 있다.

### (5) Nozzle拘束 길이의 影響

그림 9는 電極間隙 5(mm), arc電流 80(A)일 때 口徑 7(mm)의 nozzle電極의 拘束 길이를 變化 시켰을 때 壓力差의 變動 狀態를 調査한 曲線이다 拘束 길이가 커



nozzle徑	7(mm)
電極間隙	5(mm)
arc電流	80(A)
(1) argon流量	50(cfh)
磁束密度	0(Wb/m <sup>2</sup> ) ○—○
"	0.05(Wb/m <sup>2</sup> ) ●—●
(2) argon流量	100(cfh)
磁束密度	0(Wb/m <sup>2</sup> ) △—△
"	0.05(Wb/m <sup>2</sup> ) ▲—▲

그림 9. 壓力差와 nozzle 拘束 길이의 關係曲線

Fig. 9. Pressure-difference—constriction length of nozzle

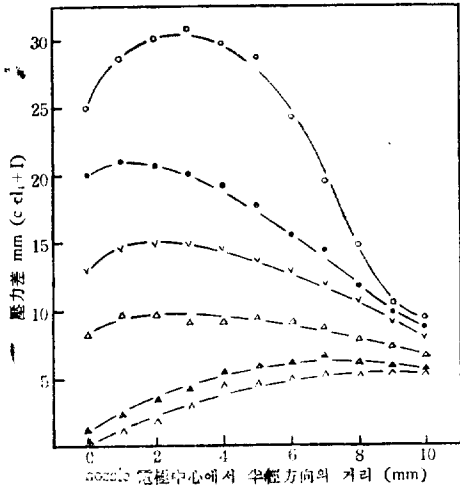
지면 壓力差는 25~30(mm)의 拘束길이 間에서 極大值를 이루고 이 前後에서는 減少하고 있다.

流量이 50(cfh)일 때 보다 100(cfh)일 때가 壓力差 變化 狀態가 急激하며 變動率이 거의 2배가 된다. nozzle拘束 길이가 길어지면 이에 따라 nozzle壁에 依한 thermal pinch 效果가 점점 커져서 陰極點의 電流密度가 높아지게 된다.

그러므로 (8)式的 pumping力이 커지고 拘束 길이가 너무 길어지면 陽極點의 電流密度가 많아져 陽極點에 의한 pumping力이 생긴다. 이로 인하여 陰極 쪽으로 氣流가 發生하여 陰極點에서 생긴 氣流와 反作用을 하게되므로 壓力差가 減少된다고 생각 할 수 있다.

(6) Nozzle半徑 方向과 軸 方向의 壓力差 分布

그림 10은 電極間隙 4(mm), 流量 80(cfh), arc電流



電極間隙	4(mm)
argon流量	80(cfh)
arc電流	70(A)
(1) nozzle徑	7(mm)
磁束密度	0(Wb/m²) ○—○
"	0.05(Wb/m²) ●—●
"	0.1(Wb/m²) ∇—∇
(2) nozzle徑	10(mm)
磁束密度	0(Wb/m²) △—△
"	0.05(Wb/m²) ▲—▲
"	0.1(Wb/m²) ▽—▽

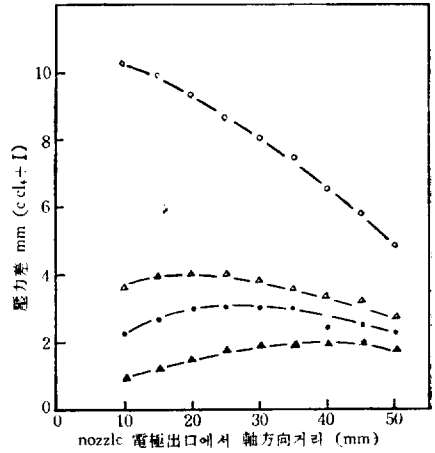
그림 10. 半徑方向에 대한 壓力分布曲線

Fig. 10. Pressure distribution on radius direction

70(A)로 하였을때 口徑 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對하여 各各의 半徑 方向에 分布된 壓力差를 調査한 曲線이다. 軸中心에서 半徑方向에 對한 壓力差는 1~3(mm)사이에서 極大值가 되고 이 前後에서는 減少 하고 있다. 그러나 10(mm) nozzle 電極에서는 磁束密度 增加와 더불어 壓力差는 커져 간다. 이것은 中性 gas氣流 自體와 arc柱 回轉에 의한 氣流의 渦運動으로 因하여 中心部의 氣流 壓力이 周邊部 보다 低下 되고 또 nozzle 出口에서 떨어짐에 따라 軸方向에서 flame이 deflection되는데 原因이 있다고 推測된다.

그림 11은 電極間隙 4(mm), 流量 80(cfh), 電流 70(A)

일때 口徑 10(mm), 14(mm)의 nozzle電極에 對하여 軸方向 壓力 分布를 測定한 結果이다.



電極間隙	4(mm)
argon流量	80(cfh)
arc電流	70(A)
(1) nozzle徑	10(mm)
磁束密度	0(Wb/m²) ○—○
"	0.05(Wb/m²) ●—●
(2) nozzle徑	14(mm)
磁束密度	0(Wb/m²) △—△
"	0.05(Wb/m²) ▲—▲

그림 11. 軸方向에 대한 壓力 分布曲線

Fig. 11. Pressure distribution on axial direction

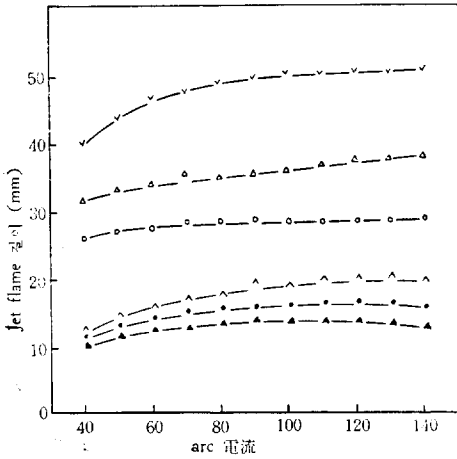
nozzle 出口에서 좀 떨어진 곳에서 壓力이 最大가 되고 있다.

3-2. Flame 길이 特性

(1) Arc 電流의 影響

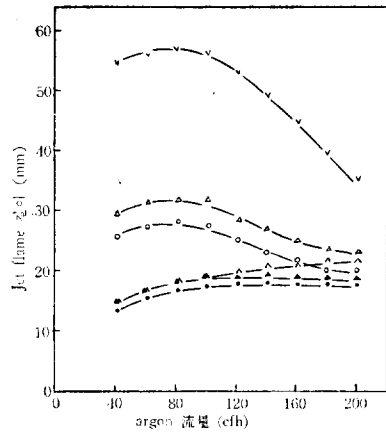
그림 12는 電極間隙 5(mm), 流量 60(cfh)일때 口徑 5(mm), 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對한 jet flame과 arc 電流와의 關係를 나타내는 曲線이다. 口徑이 큰 nozzle 電極일수록 同一電流에 對한 flame 이 크고 電流의 增加에 따라 적은 勾配로 伸張해가는 現象을 나타내고 점차 飽和되어간다.

熱效率이나 汚染 其他의 면에서 入力增加는 制限을 받게 된다. plasma jet flame은 nozzle 電極과 陰極사이에서 氣體流에 供給되는 energy와 nozzle 出口以後의 flame의 溫度勾配에 左右된다. 口徑이 큰 nozzle 電極에서는 陽極點이 nozzle 壁內面에 形成되어 arc柱의 集中이 強해지므로 上記한 바와같이 口徑이 큰 쪽이 flame의 길이가 길어진다. 磁束密度가 0(wb/m²)와 0.07(wb/m²)일때를 比較하면 同一한 入力에 對하



電極間隙 5(mm)  
 argon流量 60(cfh)  
 (1) nozzle徑 5(mm) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) ○—○  
 " 0.07(Wb/m<sup>2</sup>) ●—●  
 (2) nozzle徑 7(mm) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) △—△  
 " 0.07(Wb/m<sup>2</sup>) ▲—▲  
 (3) nozzle徑 10(mm) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) √—√  
 " 0.07(Wb/m<sup>2</sup>) ∧—∧

그림 12. flame 길이와 arc 電流의 關係曲線  
 Fig. 12. Length of jet flame-arc current



電極間隙 8(mm)  
 arc 電流 100(A)  
 (1) nozzle徑 5(mm) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) ○—○  
 " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ●—●  
 (2) nozzle徑 7(mm) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) △—△  
 " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ▲—▲  
 (3) nozzle徑 10(mm) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) √—√  
 " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ∧—∧

그림 13. flame 길이와 argon 流量의 關係曲線  
 Fig. 13. Length of jet flame-quantity of argon flow

여 flame 길이는 거의 2~3배의 차이가 있다.

(2) Argon 流量의 影響

그림 13은 電極間隙8(mm), arc 電流 100(A)일 때 口徑 5(mm), 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對한 flame의 길이와 argon 流量과의 關係曲線이다.

磁界가 없을 때 flame의 길이는 流量과 더불어 初期에는 增大하여 80(cfh)에서 極大值를 갖는다 그러나 이 以上 流量이 커지면 減少하여 nozzle徑 7(mm), 10(mm)에서는 100(cfh) 附近부터 飽和를 이룬다.

이것은 流量增加에 따라 thermal pinch 效果가 強해져 arc柱의 溫度가 上昇하여 氣流의 電離作用을 效果的으로 하는데 原因이 있고 流量이 過大해지면 冷却가스가 混入하여 오히려 flame 길이가 짧아지게 된다고 생각된다. 磁界를 加해주면 流量과 더불어 flame 길이가 길어지는데 磁界에 의하여 arc柱의 膨脹作用이 抑制 當하는데 있다고 생각된다.

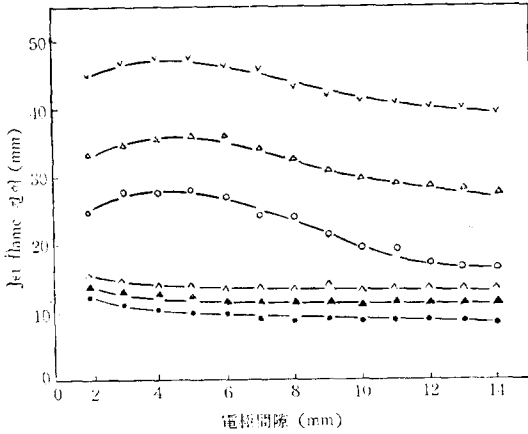
3. 電極間隙의 影響

그림 14는 流量 60(cfh), 電流 50(A) 일 때 口徑이 5(mm), 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對하여 flame 길이와 電極間隙과의 特性을 調査한 結果이다.

磁界가 없을 때는 4(mm)程度의 間隙에서 flame 길이는 極大值를 갖이고 이前後에서는 減少하고 있다.

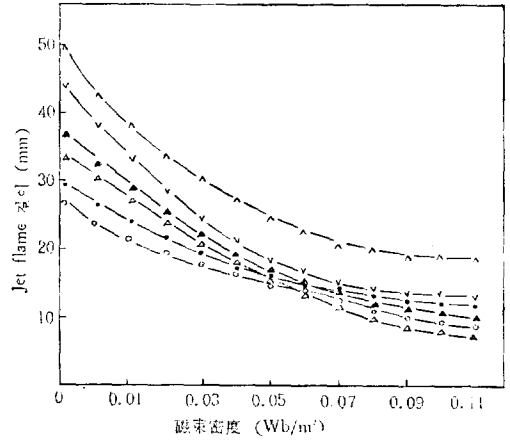
入力增加의 方法으로 間隙을 減기하여 arc 電壓을 上昇시키지만 flame 길이는 이에 比例하지 않음을 알 수 있다. 間隙이 길어지면 陽極點은 nozzle 電極 入口附近에서 생겨 氣流에 의한 thermal pinch 效果는 強해지지만 nozzle 拘束部에 의한 狹窄作用이 不充分해져서 出口以下의 溫度傾度가 減少하는데 原因이 있다고 생각된다. 磁界를 印加한 경우에는 間隙이 4(mm) 될때까지는 어느 程度의 減少率을 갖는 曲線이지만 그 以上 길어지면 水平하게 된다.





argon流量 60(cfh)  
 arc電流 50(A)  
 (1) nozzle徑 5(mm)  
     磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) ○—○  
     " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ●—●  
 (2) nozzle徑 7(mm)  
     磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) △—△  
     " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ▲—▲  
 (3) nozzle徑 10(mm)  
     磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) ∇—∇  
     " 0.05 " ∧—∧

그림 14. flame 길이와 電極間隙의 關係曲線  
 Fig. 14. Length of Jet flame—length of gap



電極間隙 3(mm)  
 argon流量 70(cfh)  
 (1) nozzle徑 5(mm)  
     arc電流 50(A) ○—○  
     " 100(A) ○—○  
 (2) nozzle徑 7(mm)  
     arc電流 50(A) △—△  
     " 100(A) △—△  
 (3) nozzle徑 10(mm)  
     arc電流 50(A) ∇—∇  
     " 100(A) ∧—∧

그림 15. flame 길이와 磁束密度的 關係曲線  
 Fig. 15. Length of jet flame—magnetic flux density

(4) 磁束密度的 影響

그림 15는 電極間隙 3(mm), 流量 70(cfh) 일때 口徑 5(mm), 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 對한 flame 길이와 磁束密度變化的 曲線이다.

磁界가 强하게 되면 全般的으로 flame 길이는 磁束密度 0.06(wb/m<sup>2</sup>)까지 減少하고 그 以後부터 能和가 되 어간다. 口徑이 5(mm)의 nozzle 電極에서는 磁束密度가 0.06(wb/m<sup>2</sup>) 以上이면 7(mm) nozzle 電極쪽보다 flame 길이가 增大한다.

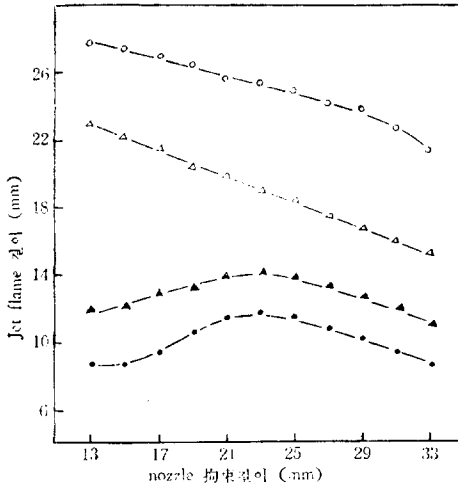
磁界가 커질수록 arc柱는 前述한것과 같이 圓錐體運動을 하여 電流는 側面部分에만 얹게 흐르므로 (10)式에 의한 pinch力이 作用치 않게되어 氣流壓力이 弱화된다는것과 圓錐內部를 흐르는 氣體가 効果的으로 加熱되지않는데 原因이 있다고 생각된다.

(5) Nozzle 拘束길이의 影響

그림 16은 電極間隙 5(mm), 電流 80(A) 일때 口徑 5(mm)의 nozzle 電極에 對한 flame 길이와 nozzle 拘束길이와의 關係曲線이다.

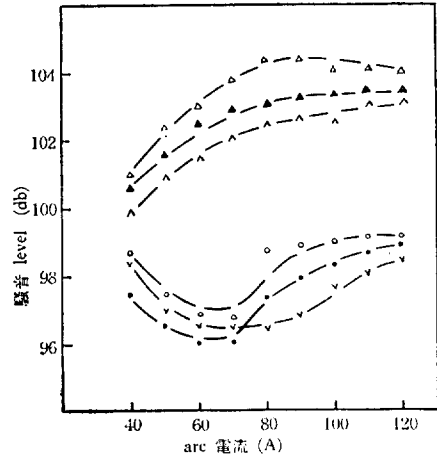
磁界가 없는 경우에는 拘束길이가 길어짐에 따라 flame 길이가 減少하고 있다. 이것은 nozzle 口徑이 적을때는 陽極點이 nozzle 入口近處에 形成되어 拘束길이의 狹窄作用은 發生치 않고 拘束길이가 길어지면 오히려 flame의 溫度를 降下시켜 出口後의 溫度傾도가 低下하는데 起因한다고 생각된다.

磁界가 存在할때는 拘束길이 23(mm) 附近에서 flame 길이는 最大值를 이루고 이값 前後에서 減少하고 있다. 즉 拘束 길이에 臨界値가 있다.



nozzle徑 5(mm)  
 電極間隙 5(mm)  
 arc電流 80(A)  
 (1) argon流量 40(cfh)  
 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) ○—○  
 " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ●—●  
 (2) argon流量 80(cfh)  
 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>) △—△  
 " 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) ▲—▲

그림 16. flame 길이와 nozzle 拘束길이와의 關係 曲線  
 Fig. 16. Length of jet—flame-constriction length of nozzle



nozzle徑 5(mm)  
 電極間隙 5(mm)  
 argon流量 60(cfh)  
 (1) 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)  
 騒音 { A 特性 ○—○  
 B " ●—●  
 C " ∇—∇  
 (2) 磁束密度 0.05(Wb/m<sup>2</sup>)  
 騒音 { A 特性 △—△  
 B " ▲—▲  
 C " ∧—∧

그림 17. 騒音 level과 arc電流의 關係曲線  
 Fig. 17. Noise level —arc current

騒音 level의 A,B,C, 特性은 거의 같은 曲線을 그리는데 高周波音이 많다고 생각된다.

3—3. 騒音特性

(1) Arc 電流에 의한 影響

그림 17은 電極間隙 5(mm), 流量 60(cfh) 일때 口徑 5(mm)의 nozzle 電極에 대하여 arc 電流와 騒音 level A,B,C, 特性을 調査한 結果이다.

磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)에서 A,B,C, 特性은 磁束密度 0.05(Wb/m<sup>2</sup>) 일때에 比하여 同一한 電流值에서 大略 4~5(dB) 낮다.

磁束密度 0.05(Wb/m<sup>2</sup>)에서는 電流의 增加에 따라 騒音 level은 높아져 90~120(A) 사이의 電流值에서 最大値를 이루고 減少하는 傾向을 나타낸다.

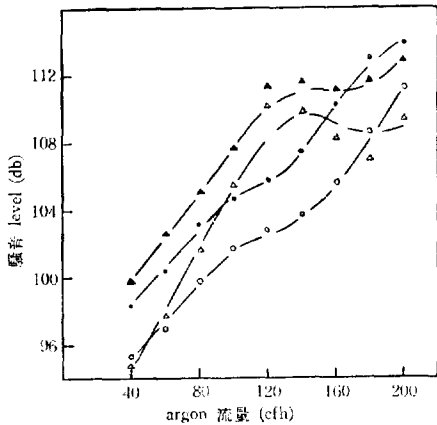
이것은 電流의 增加에 따라 nozzle 電極이 加熱되어 再點孤電壓이 低下하는데 있다고 推測된다. 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)에서는 40~60(A)近處까지 騒音 level은 下降하여 65(A)에서 極小値를 이루고 여기서 서서히 上昇하는데 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)인 曲線과 거의 同一한 形狀을 이룬다.

(2) Argon 流量의 影響

그림 18은 電極間隙 5(mm) 일때 口徑 5(mm)의 nozzle 電極에 대하여 騒音 level과 argon 流量과의 關係를 나타낸 曲線이다. 流量과 더불어 騒音 level은 上昇하고 160~180(cfh) 以上の 流量에서는 電流가 큰 쪽이 적어지는 傾向이 있다. 이것은 後述하는 바와같이 argon 가스 旋回氣流에 의하여 arc의 驅動力이 커져 陽極點의 移動速度가 增加하여 이의 不連續運動이 連續的運動으로 接近하고 또 電流增加에 따라 nozzle 電極上의 陽極點軌跡의 溫度가 上昇하는데 原因이 있다고 생각된다.

(3) 電極間隙의 影響

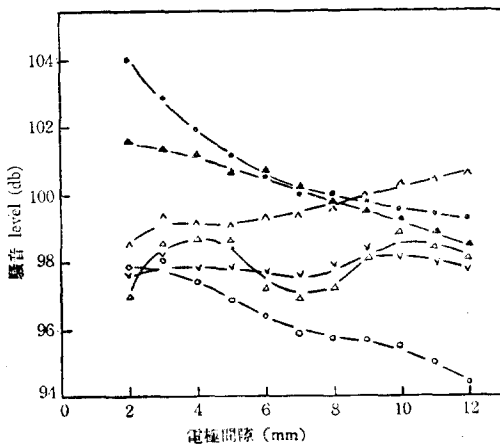
그림 19는 argon流量 60(cfh) arc電流 50(A) 일때 口徑 5(mm), 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 대한



nozzle徑 5(mm)  
 電極間隙 5(mm)  
 (1) arc 電流 50(A)      ○—○  
       磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)      ●—●  
       "          0.05(Wb/m<sup>2</sup>)  
 (2) arc 電流 100(A)     △—△  
       磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)     ▲—▲  
       "          0.05(Wb/m<sup>2</sup>)

그림 18. 騒音 level (C 特性)과 argon 流量의 關係 曲線

Fig. 18. Noise level (C characteristic)— quantity of argon flow



argon 流量 60(cfh)  
 arc 電流 50(A)  
 (1) nozzle 流 5(mm)      ○—○  
       磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)      ●—●  
       "          0.05(Wb/m<sup>2</sup>)  
 (2) nozzle 徑 7(mm)     △—△  
       磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)     ▲—▲  
       "          0.05(Wb/m<sup>2</sup>)  
 (3) nozzle 徑 10(mm)    ×—×  
       磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)        ×—×  
       "          0.05(Wb/m<sup>2</sup>)

그림 19. 騒音 level (C 特性)과 電極間隙의 關係 曲線

Fig. 19. Noise level (C characteristic)— length of gap

騒音 level과 電極間隙과의 特性을 나타내는 曲線이다. 磁界의 存在如否에 關係없이 電極間隙의 增加에 따라 一般으로 騒音 level이 減少하고 있는데 7(mm)의 nozzle 電極의 경우에만 磁界가 있을때 上昇하는 傾向이 있다. 이와같이 騒音 level이 普通 減少하는 것은 電極間隙의 增大에 따라 騒音發生部, 즉 陽極點의 位置가 nozzle 出口에서 점차로 떨어져 arc chamber와 nozzle 拘束部가 消音作用을 하는데 있다고 볼 수 있다.

(4) 磁束密度의 影響

그림 20은 電極間隙 3(mm), argon 流量 70(cfh) 일때 口徑 5(mm), 7(mm), 10(mm)의 nozzle 電極에 대한 磁束密度와 騒音 level와의 關係를 나타내는 曲線들인데 어느경우나 騒音 level이 最大가 되는 磁束의 臨界值가 있다는것을 알수있다.

plasma jet 裝置에서 電極損傷防止와 pinch 效果에 의한 flame energy의 集中化를 위하여 外部磁界나 inert gas를 流入시키고 있는데 이로 인하여 陰極點과 陽極點이 回轉作用을 일으켜 騒音을 發生하게 된다. 特別히 陽極點의 不連續인 高速移動에 의하여 誘導되는 再點孤電壓이 騒音의 主된 原因이된다. Mark는 磁氣 驅動에 의한 arc柱 즉, 極點의 移動速度를 구하였는데 arc柱를 棒狀으로 가정하고 이棒이 空氣中을 움직일때의 마찰력과 電磁力에서 다음과 같은 式을 誘導하였다.

$$V \propto H \sqrt{I} \tag{13}$$

V 單位는 m/sec

H 單位는 Gauss

I 單位는 Amp.

(13)式과 같은 速度는 陽極點이 不連續인 移動을 할때마다 條件에 따라 再點孤電壓의 크기와 振動數가 變하고 騒音波形에 直接的인 應答을 하게되는 것이다.

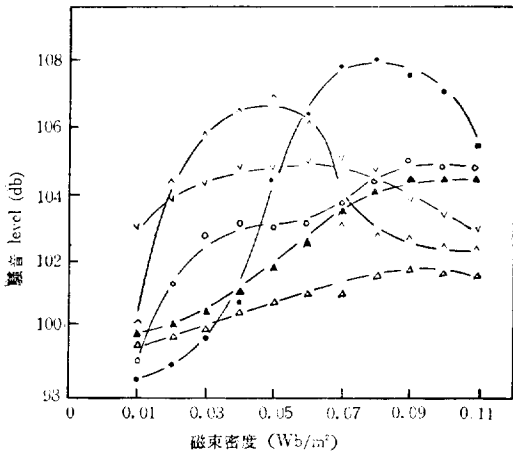
(5) Nozzle 拘束길이의 影響

그림 21은 電極間隙 5(mm), arc 電流 80(A) 일때 口徑 7(mm)의 nozzle 電極에 대한 騒音 level과 nozzle 拘束길이와의 關係曲線이다. 어느 曲線에서나 最大值의 騒音 level를 나타내는 拘束길이의 臨界值가 存在하고 流量이 클때와 磁界가 있을때 같은 nozzle 拘束길이에 대한 騒音이 크다.

3-4. Arc의 安定度

그림 22는 口徑 5(mm), 拘束길이 35(mm) nozzle 電極에서 電極間隙을 4(mm)로 固定시키고 磁束密度

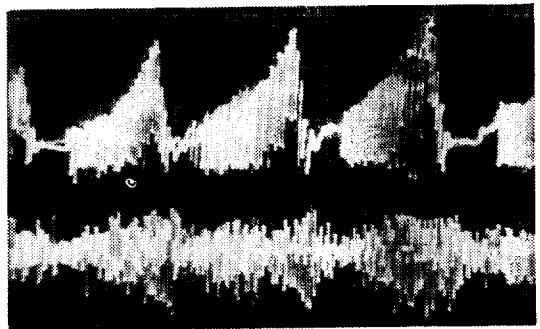
argon流量 및 arc電流을 變化시켰을때의 arc電壓과 騒音波형을 나타낸 寫眞이다. 그림에서 一定한 時間을 두고 波群이 나타나는것은 交流電源電壓을 全波整流한 데 由來된다. 一般의으로 電壓波形的 變動은 argon流量과 磁束密度와 더불어 커지고 反對로 電流가 上昇하면 減少하는 경향을 나타낸다. 이것은 電流가 增大하면 兩極이 充分히 加熱되어 電子 및 ion의 供給이 豊富하여 電極降下가 減少되는데 原因이 있다고 생각된다. 騒音波形은 거의 電壓波形과 同一한 모양을 갖고 이의 變動値는 arc電流, argon流量 및 磁束密度와 더불어 增大하고 있다. 이것은 前述한 騒音特性和 같은 樣相을 나타낸다.



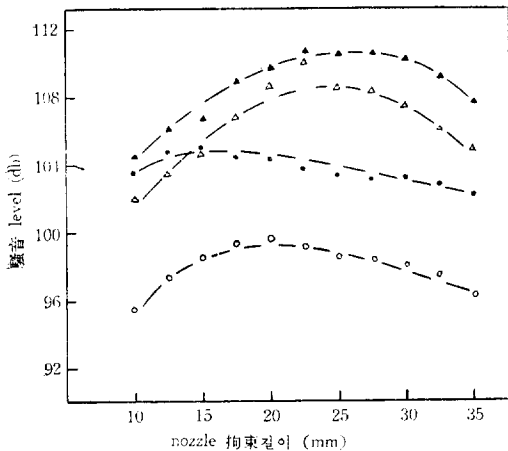
- |             |         |     |
|-------------|---------|-----|
| 電極間隙        | 3(mm)   | ○—○ |
| argon流量     | 70(cfh) | ●—● |
| (1) nozzle徑 | 5(mm)   | △—△ |
| arc電流       | 50(A)   | ▲—▲ |
| "           | 100(A)  | ▽—▽ |
| (2) nozzle徑 | 7(mm)   |     |
| arc電流       | 50(A)   |     |
| "           | 100(A)  |     |
| (3) nozzle徑 | 10(mm)  |     |
| arc電流       | 50(A)   |     |
| "           | 100(A)  |     |

그림 20. 騒音 level (C 特性)과 磁束密度의 關係 曲線

Fig. 20. Noise level (C characteristic) magnetic flux density

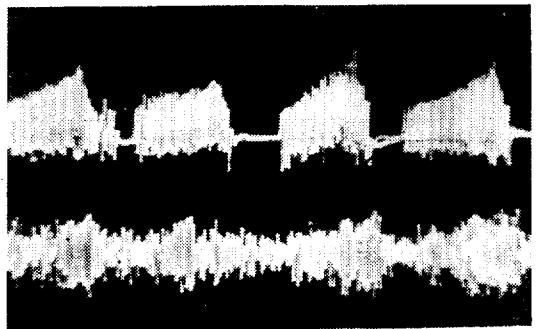


- |               |                  |         |          |
|---------------|------------------|---------|----------|
| nozzle徑       | 5(mm)            | 磁束密度    | 0(Wb/m²) |
| 拘束길이          | 35(mm)           | argon流量 | 100(cfh) |
| 電極間隙          | 4(mm)            | arc電流   | 50(A)    |
| Ch1. 電壓波形的 變化 | time/div 3.3(ms) |         |          |
|               | volt/div 5(V)    |         |          |
| Ch2. 騒音波形的 變化 | time/div 3.3(ms) |         |          |
|               | volt/div 5(V)    |         |          |

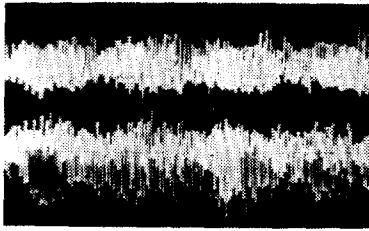


- |             |             |     |
|-------------|-------------|-----|
| nozzle徑     | 7(mm)       | ○—○ |
| 電極間隙        | 5(mm)       | ●—● |
| arc電流       | 80(A)       | △—△ |
| (1) argon流量 | 50(cfh)     | ▲—▲ |
| 磁束密度        | 0(Wb/m²)    |     |
| "           | 0.05(Wb/m²) |     |
| (2) argon流量 | 100(cfh)    |     |
| 磁束密度        | 0(Wb/m²)    |     |
| "           | 0.05(Wb/m²) |     |

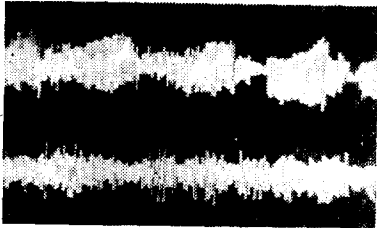
그림 21. 騒音 level과 nozzle拘束길이의 關係曲線  
Fig. 21. Noise level-constriction length of nozzle



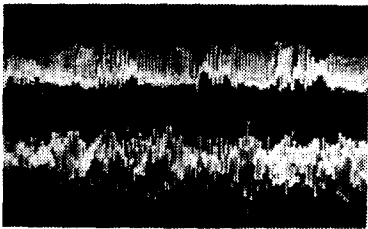
- |               |                  |         |          |
|---------------|------------------|---------|----------|
| nozzle徑       | 5(mm)            | 磁束密度    | 0(Wb/m²) |
| 拘束길이          | 35(mm)           | argon流量 | 100(cfh) |
| 電極間隙          | 4(mm)            | arc電流   | 100(A)   |
| Ch1. 電壓波形的 變化 | time/div 3.3(ms) |         |          |
|               | volt/div 5(V)    |         |          |
| Ch2. 騒音波形的 變化 | time/div 3.3(ms) |         |          |
|               | volt/div 5(V)    |         |          |



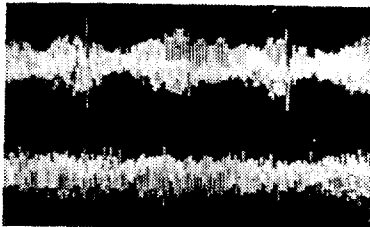
nozzle徑 5(mm)                    磁束密度 0.04(Wb/m<sup>2</sup>)  
 拘束길이 35(mm)                argon流量 60(cfh)  
 電極間隙 4(mm)                 arc電流 100(A)  
 Ch1. 電壓波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 5(V)  
 Ch2. 騒音波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 2(V)



nozzle徑 5(mm)                    磁束密度 0.04(Wb/m<sup>2</sup>)  
 拘束길이 35(mm)                argon流量 100(cfh)  
 電極間隙 4(mm)                 arc電流 100(A)  
 Ch1. 電壓波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 5(V)  
 Ch2. 騒音波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 5(V)



nozzle徑 5(mm)                    磁束密度 0.08(Wb/m<sup>2</sup>)  
 拘束길이 35(mm)                argon流量 60(cfh)  
 電極間隙 4(mm)                 arc電流 100(A)  
 Ch1. 電壓波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 5(V)  
 Ch2. 騒音波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 2(V)

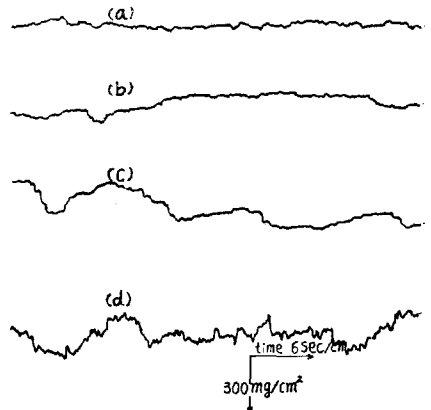


nozzle徑 5(mm)                    磁束密度 0.08(Wb/m<sup>2</sup>)  
 拘束길이 35(mm)                argon流量 100(cfh)  
 電極間隙 4(mm)                 arc電流 100(A)  
 Ch1. 電壓波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 5(V)  
 Ch2. 騒音波形的變化            time/div 3.3(ms)  
     volt/div 5(V)

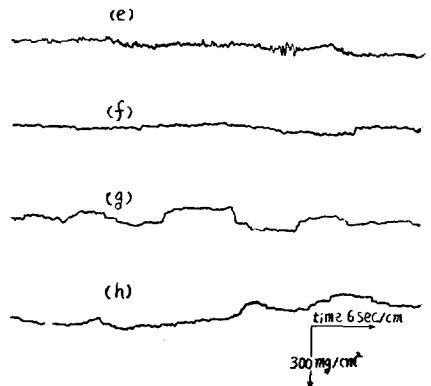
그림 22. arc電壓과 騒音變動波形  
 Fig. 22. Wave forms of arc voltage and noise variation

電壓과 騒音波形的 周波數는 어느 것이나 電流, 流量 및 磁束密度와 함께 높아지고 있다. 이것은 (13)式에서 보는것과 같이 電流의 平方根과磁界의 세기의 곱에關係되는 回轉速度와 argon 氣流에 의한 回轉速度에 따라 陽極點이 不連續인 移動을 하는데 이때의 每秒當의 陽極點의 痕跡과 이들 周波數가 相關되는 것으로 推測된다.

電壓과 騒音周波數는 각각 3~8kHz와 6~8kHz의



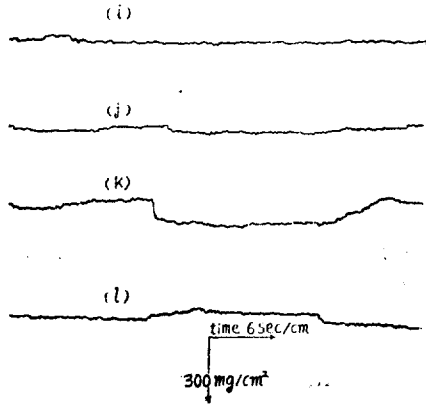
nozzle徑 5(mm)                    argon流量 60(cfh) arc電流 50(A)-(a)  
 電極間隙 4(mm)                 " 100(cfh)                 " 50(A)-(b)  
 磁束密度 0(Wb/m<sup>2</sup>)                 " 60(cfh)                 " 100(A)-(c)  
     " 100(cfh)                 " 100(A)-(d)



Nozzle徑 5(mm)                    argon流量 60(cfh) arc電流 50(A)-(e)  
 電極間隙 4(mm)                 " 100(cfh)                 " 50(A)-(f)  
 磁束密度 0.04(Wb/m<sup>2</sup>)                 " 60(cfh)                 " 100(A)-(g)  
     " 100(cfh)                 " 100(A)-(h)

範圍인데 騒音周波數의 下側部가 높은것은 本裝置의 電磁力에 의한 振動騒音이 이에 關與하는데 原因이 있다고 생각된다.

그림 23는 그림 19의 경우와 同一한 條件下에서 時間에 대한 壓力變動을 XY recorder로 記錄한 것이다. 壓力變動은 argon 流量과 磁束密度가 커지면 減少



Nozzle徑	5(mm)	argon流量	60(cfh)	arc電流	50(A)-(i)
電極間隙	4(mm)	"	100(cfh)	"	50(A)-(j)
磁束密度	0.08(Wb/m <sup>2</sup> )	"	60(cfh)	"	100(A)-(k)
			100(cfh)	"	100(A)-(l)

그림 23. 壓力變動波形  
 Fig. 23. Waveform of pressure variation

하고 電流과 더불어 上昇하고 있다. 그러므로 入力를 增大시킬 때는 arc의 安定을 위하여 argon流量이나 磁界를 크게할 必要가 있다.

#### 4. 結 論

以上은 plasma jet에 同軸平行磁界를 加했을 때의 主된 特性中에서 壓力, flame 길이, 騒音 및 arc 安定의 諸特性에 대하여 實驗的인 考察을 한 것이다.

이것을 要約하면 다음과 같이 된다.

1. arc 電流가 增加하면 jet flame 壓力과 길이 및 騒音은 完滿하게 上昇하지만 nozzle 口徑이 클수록 同一한 電流值에 대한 값이 높다. 그러나 騒音은 이와 反對인 現象이 나타난다.

2. argon 流量이 增加하면 壓力 flame 길이 및 騒音은 높아가지만 特別 騒音의 上昇勾配는 急峻하다. 磁界가 加해질 때는 80(cfh)의 臨界值가 있다.

3. 壓力과 flame 길이는 電極間隙이 增加하면 僅少한 傾度로 적어지지만 nozzle 口徑이 클 때는 騒音은 上昇하는 추세를 나타낸다.

4. 磁束密度의 增加에 따라 壓力과 flame 길이는 減少하지만 騒音에 對한 磁束密度에는 臨界值가 存在하며 電流 100(A)에서는 1個, 50(A)에서는 2個의 값이 存在한다. 磁界가 相當히 높을 때는 jet의 壓力이 大氣 壓力보다 낮을 때가 있다.

5. 壓力과 flame 길이에 對한 nozzle 拘束길이에 是 臨界值가 있으며 壓力에서는 26(mm), flame 길이에 是 23(mm) 程度의 拘束길이에서 最大值를 各各 갖는다.

6. 電壓波形的 變動은 argon流量과 磁束密度와 더

불어 커지고 電流가 上昇하면 反對로 減少하는 傾向이 있다.

騒音波形的 電壓波形的 거의 近似한 모양을 가지며 이의 變動值는 arc 電流, argon 流量 및 磁束密度와 더 불어 增大한다.

電壓과 騒音波形的 周波數는 各各 3~8kHz와 6~8 kHz의 範圍에 存在한다. 壓力變動은 argon流量과 磁束密度가 커지면 減少하고 電流와 더불어 上昇한다.

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 의하여 이루어진 研究結果이며 實驗中 獻身的으로 助力해준 助手 南光祐, 李英浩, 李正基諸君 들에게 謝意를 表하는 바이다.

#### 참 고 문 헌

- (1) A.E. Guile, "High-Current arcs in Transverse Magnetic Field in Air at Atmospheric Pressure" Proc, IEE, Vol. 116, No.4, April 1969.
- (2) J.E. Harry, "Constructed or Diffuse Arcs Rotating in High Magnetic Field in Air at Atmospheric Pressure" Proc. IEE, Vol, 115, No.7 July 1968.
- (3) A.E. Guile and P.E. Secker, "Arc Cathode Movement in a Magnetic Field" J. Appl. Phys., Vol. 29, No. 12, December 1958.
- (4) O.H. Nestor "Heat Intensity and Current Density Distributions at the Anode of High Current, Inert Gas Arcs" J. Appl. phys., Vol. 33, No.5, May 1962.
- (5) James Dillon Cobine, "Gaseous Conductor" Dover Publication Inc., New York.
- (6) H.C. Spink and A.E. Guile, Aeronautical Research Council, C.P.
- (7) T.W. Myers and W.C. RoMan, Aerospace Research Lab., ARL 66-0184 September 1966.
- (8) A.E. Guile and Menta, "Arc Movement due to the Magnetic Field of Current Flowing in the Electrodes.
- (9) 友近晉, 流體力學, 共立出版株式會社, 1955.
- (10) Robert G. Jahn, Physics of Electric Propulsion, Mc Graw-Hill Co., Ltd., 1968.
- (11) 田春生: Plasma jet의 同軸平行磁界에 의한 영향에 관한 연구(I) 大韓電氣學會誌 Vol. 22. No.2 pp.45~57.