

< 論 文 >

傳播火焰에서의 火焰溫度測定에 關한 研究

趙慶國* · 鄭仁碩**

(1977年 11月 31日 接受)

Studies on the Flame Temperature Measurement of the Propagating Flame

Kyung Kook Cho, In Seuck Jeung

Abstract

The propagating flame temperature of the Propane-Air premixture by using 30μ , and 50μ diameter platinum sensing wires, that is, Two Wires Correction Method, through the constant volume burning inside the 150mm diameter, 30mm height combustion chamber under the circumstances of the atmospheric pressure, and the room temperature was determined.

Also the temperature distribution across High Temperature Region, i.e. Flame Front, and the temperature profile behind the flame front have been obtained.

I. 緒 論

可燃性 混合氣의 火焰溫度는 燃燒現象에 있어서 基本的인 量이고 이를 正確하게 測定하기 爲하여 몇가지 方法이 提示되었다. 즉 Sodium 線 反轉法(Sodium Line Reversal Method), 發光分光分析機(Emission Spectrophotometer)나 吸光分光分析機(Absorption Spectrophotometer)를 利用하는 光學的인 方法, 音速測定法(Sonic Method), 2色 高溫計(Two Color Pyrometer) · 輻射高溫計(Radiation Pyrometer)等 高溫計를 利用하는 方法, 그리고 抵抗線 · 熱電對를 利用하는 方法 等이 있다.¹⁾ 그러나 처음 3가지 方法에서는 一般的으로 空間的인 分解能이 나쁘다. 그리고 傳播火焰과 같이 溫度變化가 急速한 경우에는 測定值에 조금 複雜한 校正을 해야만 한다. 특히 맨 後者는 앞

의 3가지 方法에 比해 아주 低價의 實驗裝置만으로도 充分히 測定可能하다는 利點이 있다. 대체로 利用面이나 取扱面에서 便利하기 때문에 熱電對와 細線抵抗線이 많이 使用되었으며 여러가지 要因이 火焰溫度測定에 미치는 影響도 詳細히 取扱되었다. 그러나 以上の 結果는 靜止狀態의 火焰에 對한 것이며 燃燒室內의 混合氣 中을 傳播하는 火焰溫度에 關하여는 별로 測定이 行하여지지 않았다. 특히 傳播하는 火焰面의 垂直한 方向의 溫度分布를 定量的으로 測定한 例는 거의 없다.

熱電對나 抵抗線도 火焰의 溫度測定에 使用하나 이 方法의 缺點은 使用하는 金屬의 融點에 따라 測定可能한 最高溫度가 制限된다. (白金이면 1769°C , Iridium 이나 Osmium 의 融點은 白金보다 조금 더 높은 長點이 있으나 融點以下에서 揮發하기 始作한다.) 그리고 抵抗線의 機械的인 強度를 爲하여 幾何學的인 크기를 어느 程度以下로 작게하는 것이 不可能하다. 그러면 복사에 의한 熱損失, 支持棒으로 熱傳導에 依한 損失을 피할 수 없다. 또한 急速한 溫度變化에 對한 追從性이 좋지 못하다. 즉 熱慣性에 依한 時間遲延이 있고 火焰面이 支持棒에 依해서 攪亂을 받는 缺點도 있다. 따라

* 正會員, 서울大學校 工科大學

** 서울大學校 大學院 航空工學科
本 論文에 대한 討論은 1978年 5月 15日까지 本學
會 事務室로 送付하여 주십시오.

서 이런 方法을 利用하여 過渡的인 溫度變化를 測定하는 경우에는 그 무엇인가의 實驗的인 方法 或은 理論的인 解析에 依하여, 測定值로부터 眞溫度, 즉 火焰溫度를 推定해야만 한다. 本論文에서는 2線式修正法을 利用하였다.

Groeber는 細線溫度計의 應答時間에 對한 理論的인 解析을 最初로 行했으며 測定溫度를 Fourier Harmonic으로 解析하여 gas溫度를 計算하였다. 그러나 이 경우에는 熱傳達係數를 알고 있어야 하며, 그 값은 一定한 常數이어야만 했다. 流體의 眞溫度를 算出하기는 매우 힘들지만 記錄值와 gas溫度와의 誤差의 限界는 알 수 있었으며 gas溫度推定法의 始初이었다.²⁾

Pfriem은 記錄值 中の 2點에서 測定된 溫度上昇率을 圖式的으로 求하여 電流修正法(Current correction Method)의 基礎를 마련하였다. 대체로 이 方法은 普通細線과 똑같은 細線을 알고 '있는 率로 加熱시켜 兩細線의 溫度를 同時에 記錄하면 여기서 2元聯立方程式을 세울 수 있고, 따라서 熱傳達係數를 消去할 수 있으며 細線의 直徑과 材質을 變化시켜서 비슷한 2번째式을 求할 수 있다.³⁾

A.S. Leah, E.P. Booth, 그리고 C. Routhwaite는 極細線白金溫度計에 2線式修正法(Two Wires Correction Method)를 適用하였다.⁴⁾

近來에 와서 R. S. Benson과 G.W. Brundrett는 週期的으로 變化하는 內燃機關의 排氣 gas溫度測定에 3線式圖式修正法(Three Wires Graphic Correction Method)을 使用했으며 測定素子는 Tungsten線이고 半徑方向溫度變化에 依한 誤差와 支持棒에 依한 誤差를 解析的으로 求하였다.⁵⁾

趙는 極細線 白金2線式修正法을 利用하여 Acetylene-空氣 予混合氣 中을 傳播하는 火焰溫度를 測定하였다.⁶⁾

本論文에서는 現在 自動車用 燃料 및 廚房用 燃料로 널리 使用되고 있는 市販의 Propane에 對하여 直徑 30 μ , 50 μ 의 直徑이 서로 다른 두 白金極細線을 使用하고 2線式修正法으로 初期條件이 大氣壓, 室溫狀態인 密閉燃燒室內的 Propane-空氣 予混合氣 中을 傳播하는 火焰溫度를 測定하고 火焰速度와의 關係로부터 火焰面前後의 溫度分布를 求하고자 한다. 火焰面前後의 溫度分布를 알아내는 것은 火焰面內에서 化學反應이 完了되는 데 必要한 時間, 또는 光學的으로 觀測된 火焰面의 두께와의 對比 等을 求하는 것이 主要한 意味가 있다.

II. 傳播火焰溫度의 理論解析

熱傳導 및 輻射의 誤差를 無視할 수 있다고 假定하고 gas內에 있는 測定素子에 對하여 짧은 時間 $\delta\theta$ 동안 energy 平衡을 생각하면 gas로부터 測定素子로 傳達되는 熱量과 測定素子의 溫度上昇에 消費되는 熱量이 같다고 할 수 있으며 다음式

$$\frac{\pi}{4} \rho c D^2 l \frac{dT}{d\theta} \delta\theta = \pi D l h (T_g - T) \delta\theta \quad \dots(1)$$

으로 表示되므로, gas溫度는

$$T_g = T + \frac{\rho c D}{4h} \frac{dT}{d\theta} \quad \dots(2)$$

로 주어진다.

여기서, ρ : 抵抗線의 密度, c : 抵抗線의 比熱, T : 抵抗線의 溫度, T_g : gas의 溫度, D : 抵抗線의 直徑, l : 抵抗線의 길이, h : 熱傳達係數, θ : 時間.

그러나 이 式을 直接使用하려면 燃燒 gas의 物性係數의 溫度에 關한 變化를 充分히 알아야 하는데 混合氣體의 熱力學特性係數를 正確히 求해 내는 것은 極히 힘든 일이다.

熱傳達係數에 對한 實驗式⁷⁾³⁾은

$$h = \frac{\lambda c}{D} \left(\frac{\rho V D}{\mu} \right)^n \left(\frac{Pr}{0.31} \right)^{1/3} \\ = \lambda c \left(\frac{\rho V}{\mu} \right)^n D^{n-1} \left(\frac{Pr}{0.31} \right)^{1/3} \quad \dots(3)$$

로 表示되며 λ : 熱傳導率, μ : 粘性係數, Pr : Prandtl Number, V : gas 流速이다.

2線式修正法을 利用하므로 直徑이 서로 다른 두 測定素子 30 μ , 50 μ 에 對해서 各各

$$T_g = T_1 + \frac{\rho c D_1}{4h_1} \frac{dT_1}{d\theta} \quad \left. \begin{aligned} T_g = T_2 + \frac{\rho c D_2}{4h_2} \frac{dT_2}{d\theta} \end{aligned} \right\} \quad \dots(4)$$

가 成立하며 符號 1은 30 μ 白金線, 符號 2는 直徑 50 μ 白金線임을 表示한다.

여기서 (4)式을 다음과 같이 表示하면

$$\left(\frac{dT_1}{d\theta} \right) = \frac{h_1 D_2 (T_g - T_1)}{h_2 D_1 (T_g - T_2)} = \frac{D_2^{2-n} (T_g - T_1)}{D_1^{2-n} (T_g - T_2)} \quad \dots(5)$$

이고, 따라서 願하는 2線式 修正法에 依한 gas溫度計 算式은

$$T_g = \frac{\left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{2-n} \cdot T_1 - \left(\frac{dT_1}{d\theta} / \frac{dT_2}{d\theta} \right) \cdot T_2}{\left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{2-n} - \left(\frac{dT_1}{d\theta} / \frac{dT_2}{d\theta} \right)} \quad (6)$$

로 주어진다.

여기서 n 은 白金抵抗線의 直徑代表長과 燃燒 gas流速에 該當하는 Reynolds Number에 따라서 決定되

고 $0.01 < Re < 1$ 사이에서는 $n=0.275$, $1 < Re < 4$ 사이에서는 $n=0.33$ 을 사용한다. 動粘性係數는 空氣의 값을擇하고 燃燒 gas 流速은 火焰傳播速度와 같다고 생각하였으며 本論文의 實驗結果에서는 Propane · 空氣 混合比 4.5%, 4.64% 의 경우에는 $n=0.33$ 을 사용했고 나머지에 對해서는 $n=0.275$ 를 사용했다.

이제 各 時間의 白金抵抗線의 指示溫度 T_1, T_2 및 時間에 關한 指示溫度의 變化曲線으로부터 $\frac{dT_1}{d\theta}$, $\frac{dT_2}{d\theta}$ 를 決定하면 願하는 火焰溫度를 求할 수 있다. 本論文에서는 $\frac{dT}{d\theta}$ 는 時間에 關한 抵抗線 指示溫度變化曲線에서 出力曲線을 每 2.5msec 時間間隔으로 區分하여 各 區間의 直線近似值를 使用했다.

II. 實驗裝置 및 그 方法

Propane—空氣 可燃性 混合氣를 定積燃燒시키기 爲하여 使用된 燃燒室은 그림 1에 表示한 바와 같이 圓

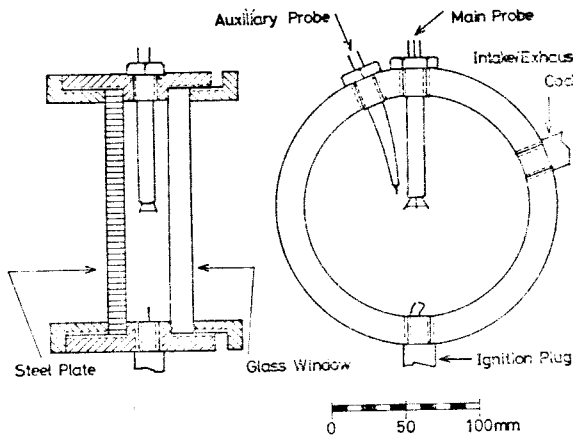


그림 1. 燃燒室 細部圖

筒形의 鋼鐵製 密閉容器로 되어 있으며 直徑 150mm, 높이 30mm 이다. 燃燒室의 前面은 直徑 166mm, 두께 15mm 의 유리板으로 덮고 背面은 直徑 166mm, 두께 11mm 의 鋼鐵板으로 덮어 緘임쇠로 緘고 그 사이에는 두께 1mm 의 耐熱性 고무 Packing 을 넣었다. 燃燒室의 上端에는 主溫度計가 있으며 그림 2에 그 細部圖를 表示한다. 主溫度計에는 길이 約 15cm, 直徑 1mm 이 電極兼用 支持棒이 있고 이 支持棒에 直徑 30 μ , 50 μ 의 純粹白金測定素子가 붙어 있다. 白金線은 田中貴金屬工業株式會社製이다. 支持棒은 piano 線을 使用했으며 外徑 2mm, 內徑 1mm 의 Pyrex 管 속에 Araldite 로 接着시켜 電氣的인 絶緣을 하고 그 위에 石棉網을 씌워 耐熱性을 保強하였다. 다시 石棉網위에

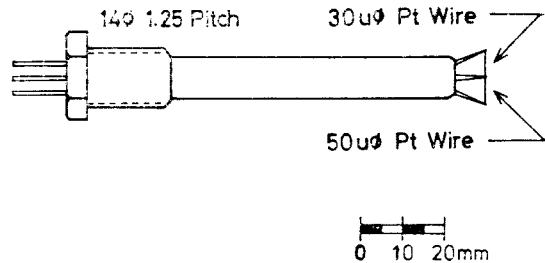


그림 2. 主溫度計 細部圖

Araldite 를 씌워 機械的인 強度를 充分히 하였다. 支持棒間의 距離는 12mm 이며 支持棒의 尖端部에 白金測定素子를 납땜하여 附着시켰으며 火焰傳播時 白金線에 機械的인 振動이 없도록 하기 爲하여 어느 정도의 張力을 加한 狀態에서 附着하였다. 主溫度計의 옆에는 燃燒 gas 의 火焰傳播速度를 測定키 爲한 補助溫度計가 있으며 補助溫度計의 測定素子는 主溫度計의 測定素子보다 點火栓으로부터 火焰進行方向으로 10mm 거리만큼 더 멀리 떨어져 있다.

點火栓은 燃燒室의 下端에 있고 市販自動車用點火栓을 直徑 1mm 의 鋼鐵線으로 된 針端形點火栓으로 改造하여 使用하였다. 點火回路는 그림 4에 表示되어 있으며 市販自動車用 高電壓 Coil 點火方式을 擇했다. 點火回路內에는 燃燒室吸排氣用 cock 가 달린 경우에만 點火가 可能하도록 安全 switch 를 挿入하였다.

燃燒室內에 願하는 混合比의 混合氣를 注入시켜 燃燒시키기 爲하여 그림 3과 같이 予混合氣吸排氣流通路

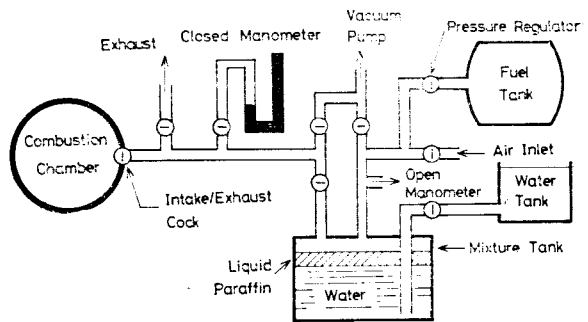


그림 3. 吸排氣流通圖

를 만들었다. 實驗에서 Propane — 空氣體積混合比는 大氣壓과 混合氣 tank 內의 燃燒 및 水蒸氣의 分壓에 依하여 算出되며 開放型水銀壓力計의 눈금읽음에서

1mmHg의 誤差는 混合比 4.0%에서 約 0.13%의 影響이 있었다. 眞空 pump로 混合氣 tank內의 壓力을 낮춘 다음에 必要한 分壓만큼 燃料을 注入하고 다시 空氣를 大氣壓狀態까지 吸入시키고 噴出空氣에 依해서 混合氣 tank內를 攪亂시킴으로써 될 수 있는 限 均一한 混合氣를 만들도록 努力하였다. 混合氣 tank內에는 Propane에 飽和된 流動 Paraffin을 約 5mm 程度의 두께까지 注入하여 混合氣가 直接 물과 接觸하지 못하도록 하였다. 물 tank는 混合氣 tank 보다 水位를 높게 하고 물置換法에 依해서 混合氣 tank內의 壓力을 大氣壓보다 約 80mmHg 정도 높였다. 다시 眞空 pump로 燃燒室의 空氣를 뽑아내고 混合氣 tank로부터 予混合氣를 燃燒室로 大氣壓보다 조금 높은 狀態로 注入시킨 後 排氣用 cock의 開閉操作으로 混合氣를 大氣中에 放出시켜 燃燒室壓力을 大氣壓과 같게 하였다. 溫度에 따른 測定素子の 抵抗變化를 測定하여 gas 溫度를 決定하기 爲하여 그림 4와 같은 電氣回路를 構

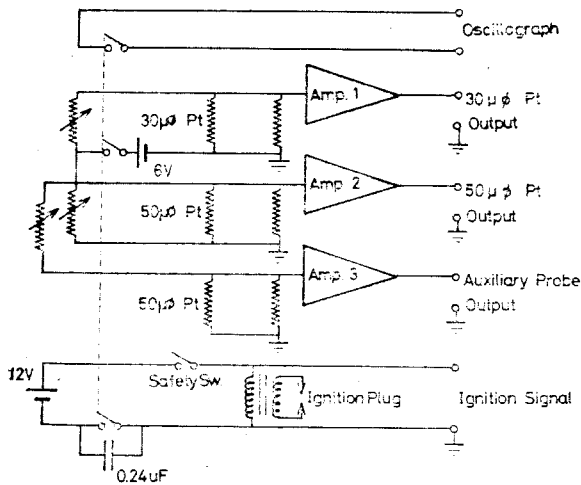


그림 4. 點火回路 및 測定回路

成하였다. 白金線의 初期抵抗値는 直徑 30 μ 의 경우 約 1.9 Ω 이었고 直徑 50 μ 의 경우 約 0.7 Ω 이었다. 그리고 溫度變化에 따른 白金線抵抗變化는 參考文獻(11)의 資料를 利用하였다. 그리고 이 때 30 μ 白金線과 50 μ 白金線에 흐르는 初期電流는 各各 $I_1=3.2\text{mA}$, $I_2=7.9\text{mA}$ 이었고 各 白金線의 兩端에 걸리는 電壓은 $E_1(20^\circ\text{C})=6.08\text{mV}$, $E_2(20^\circ\text{C})=5.53\text{mV}$ 이다. 電壓은 이 때 回路 抵抗 $R_1=1,474\Omega$, $R_2=649\Omega$, $R_3=686\Omega$, $r_s=100\Omega$, $R_{b1}=R_{b2}=R_{b3}=270\Omega$, $R_{b4}=1,200\Omega$ 이었다. 이제 溫度 1,500 $^\circ\text{C}$ 일 때의 計算에 依한 抵抗値와 測定素子兩端에 걸리는 電壓은 各各 $R_1(1,500^\circ\text{C})=9.9\Omega$, $R_2(1,500^\circ\text{C})=3.67\Omega$, $E_1(1,500^\circ\text{C})=31.87\text{mV}$, $E_2(1,500^\circ\text{C})=28.99\text{mV}$ 이

다. 室溫에서 1,500 $^\circ\text{C}$ 까지의 溫度變化에 依해서 白金 抵抗線에서 얻을 수 있는 電壓變化는 各各 $\Delta E_1=25.79\text{mV}$, $\Delta E_2=23.46\text{mV}$ 이다. 그러나 白金線의 溫度가 上昇하여 抵抗이 變化하면 回路內에 흐르는 電流가 一定 하지 못하여 計算値를 利用할 수 없으므로 測定回路의 30 μ 및 50 μ 白金線 代身에 YEW 2786 抵抗器를 使用하여 galvanometer 變位와 抵抗値와의 校正曲線을 求 하였으며 이 結果는 그림 5에 表示한다.

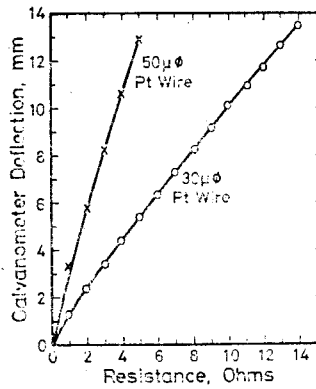


그림 5. 抵抗-Galvanometer 變位校正曲線

溫度變化에 따른 電壓變化는 各各 增幅器 1, 2, 3을 通하여 增幅되어 記錄計에 同時에 記錄된다. 本實驗에서는 San-Ei Instrument Co.의 6L3-1型 增幅器와 同社의 5L16-200型 6點入力 直記式 電磁 Oscillograph를 使用하였으며 點火信號는 點火 coil의 1次斷 電流를 記錄하였다. 記錄計의 galvanometer coil 抵抗은 $r_{c1}=r_{c2}=r_{c3}=r_{c4}=33\Omega$ 이고 最過減幅抵抗은 $r_{d1}=r_{d2}=r_{d3}=200\Omega$, $r_{d4}=100\Omega$ 이었다.

測定回路內에 電流가 흐르기 始作하면 白金線에 自己加熱現象이 發生하지만 每秒當 最大 1 $^\circ\text{C}$ 程度씩 增加하므로 거의 無視할 수 있으나 어린 點을 고려하여 測定回路의 switch와 記錄計 作動 switch를 同期시켜서 1秒以內에 實驗을 完了시켰다.

IV. 實驗結果 및 考察

實驗의 結果는 白金抵抗測定素子の 抵抗變化에 對한 galvanometer 變位로 表示되며 混合比 4.5%의 1例를 그림 6에 表示한다. 그림의 가로軸은 點火가 始作된 後부터 測定된 時間을 表示하고 세로軸은 galvanometer 變位를 나타낸다. data 點은 火焰이 測定素子에 到着한 後부터 每 2.5msec 마다 點을 取하였으며 이것을 그림 5의 校正曲線과 溫度變化에 따른 白金線의 抵

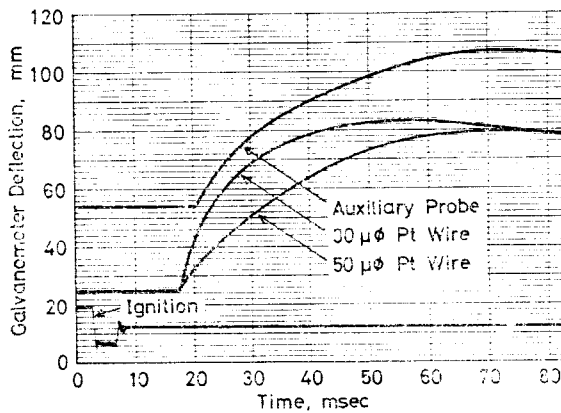


그림 6. 實驗結果의 例

抗變化特性關係¹⁾로부터白金線指示溫度曲線, 時間에 關한 指示溫度微分曲線을 求하였다. 各各의 1 例를 Propane—空氣 混合比 4.5%에 對해 그림. 7 과 그림. 8 에 표시한다. 各 그림의 가로軸은 混合氣에 點火가 始

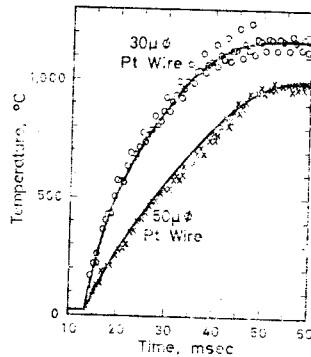


그림 7. 白金線指示溫度의 例

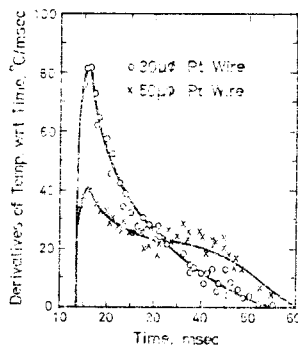


그림 8. 白金線指示溫度의 時間에 關한 微分値의 例 作된 後부터의 時間을 表示한다. 그림 7 과 그림 8 을 보면 火焰面이 測定素子에 到達한 後約 2.5msec 동안 急激한 率로 溫度가 上昇하여 30μ 白金線은 約 30msec

의 時間遲延後에 最大指示溫度를 나타내고 있으며 50μ 白金線은 이보다 조금 더 時間遲延이 길다는 것을 알 수 있다. 混合比 4.5% 일 때 30μ 白金線最大指示溫度는 約 1,150°C, 50μ 白金線은 990°C 정도를 나타내고 있다.

이 點은 50μ 白金線이 30μ 白金線에 비해 時間遲延이 더 길다는 것 즉 溫度上昇에 더 많은 熱量이 消費되어야 한다는 點을 나타내고 있으며 이것은 傳播火焰溫度測定에 抵抗線測定素子를 使用했을 때 나타나는 代表的인 問題點이다. 즉 萬一에 30μ 보다 더 가는 測定素子를 使用한다면 그 測定素子는 白金線의 指示溫度보다 높은 溫度를 指示할 것이 分明하며 더 가는 抵抗線을 使用하는 것이 火焰溫度決定에 더욱 信賴性 있는 結果를 얻으리라고 생각된다. 이와같이 抵抗線測定素子の 直徑을 바꾸어서 實驗한 結果를 同時에 圖示하던 測定素子가 없을 때의 極限指示溫度를 求할 수 있을 것이나 白金線抵抗線素子를 어느 정도까지 가늘게 만들 수 있는나에 이 方法의 問題點이 內包되어 있음을 看過할 수는 없을 것이다.

火焰의 傳播速度는 主溫度計와 補助溫度計間의 距離 10mm 와 火焰의 到達時間差를 利用하여 測定하였으며 混合比에 따른 火焰傳播速度의 結果를 그림 9에 表示한다. Propane—空氣理論燃燒混合比 4.02% 보다 조금 過濃인 混合比 4.5% 近處에서 火焰傳播速度는 最大가 되며 그 값은 約 340cm/sec 임을 알 수 있다.

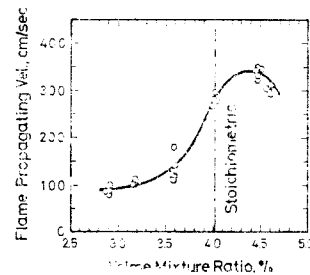


그림 9. 混合比에 對한 火焰傳播速度

그리고 混合比 3.6%에 對해서 點火始作 50msec 後의 火焰傳播狀態를 그림 10에 表示한다. 이 寫眞으로부터 本實驗에 使用된 크기 정도의 溫度計는 火焰傳播에 큰 攪亂을 주지 않음을 알 수 있다.

以上の 實驗結果, 즉 T , $\frac{dT}{dt}$ 와 火焰傳播速度에 依한(Reynold Number 에 따른) n 의 값을 (6)式에 代入하던 時間에 따른 火焰溫度의 變化를 求할 수 있다. 그 結果를 그림 11에 混合比 4.5%에 對하여 1 例로 表示한다. 그림에서 막대는 그 時間에 있어서 표준편차이며, 가로축은 點火가 始作된 後부터의 時間이다. 그림에서 보면 高溫領域, 즉 火焰面에서는 그 편차가

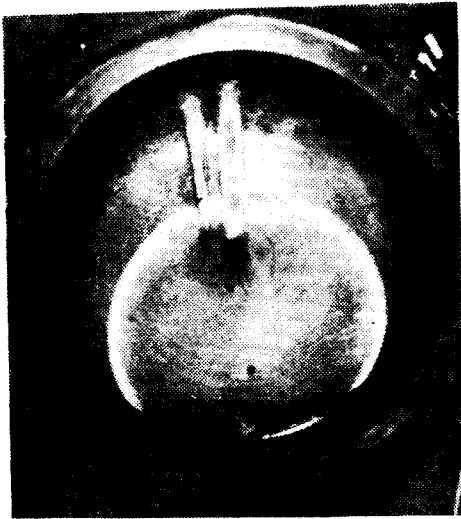


그림 10. 火焰傳播寫眞

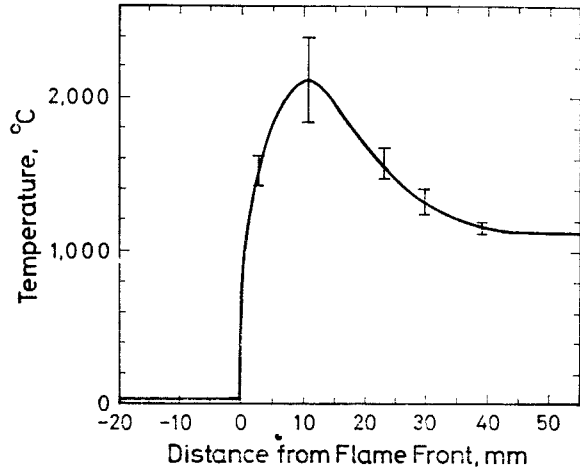


그림 12. 火焰面前後의 溫度分布

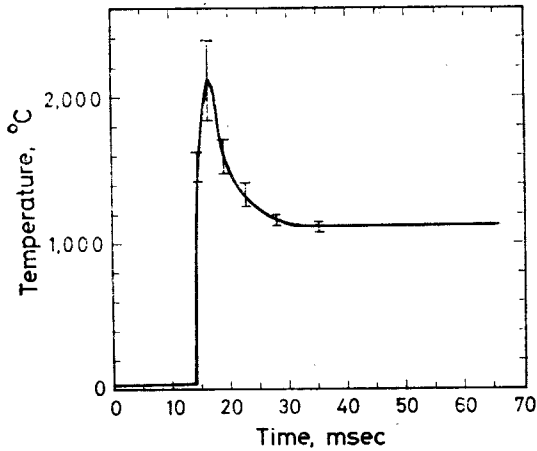


그림 11. 火焰溫도의 時間變化

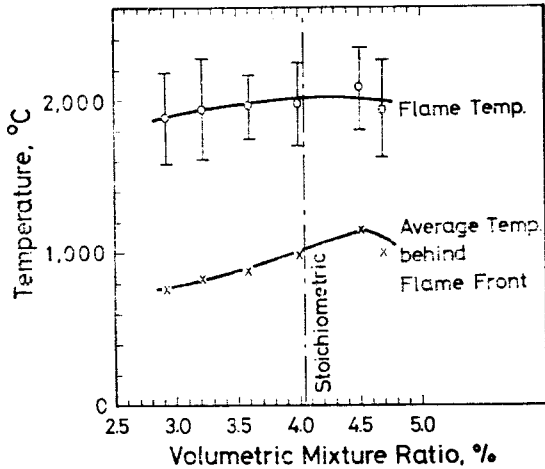


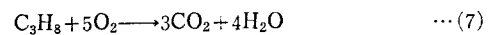
그림 31. 混合비에 따른 火焰溫도와 火焰背後燃燒室平均溫度

아주 크다는 것을 알 수 있으나 火焰背後溫度, 所屬 燃燒室平均溫度는 상당히 安定되어 있음 알 수 있다. 그리고 火焰傳播速度와의 關係로부터 火焰面前後에서의 溫度分布도 求하였으며 이 結果는 그림 12에 表示한다. 여기서 火焰前面은 抵抗線에 火焰이 到達한 瞬間을 原點으로 取했다. 또 그림 13에 混合비에 따른 火焰溫도와 火焰背後燃燒室平均溫度를 表示한다. 여기서 보면 Propane의 理論燃燒混合비 4.02% 보다 조금 過濃인 4.5%에서 最大火焰溫度 2,060°C를 最大火焰背後溫度 1,140°C를 나타내고 있다.

本實驗에서 求한 Propane의 火焰溫도는 Sodium線反轉法에 依해서 測定된 混合비 4.15%에서의 1895°C⁽²⁾나 計算에 依해서 求한 混合비 4.62%에서의 1977°C⁽³⁾보다 約 80~160°C 가량 높게 나타났으나 이것

은 參考文獻의 경우 定壓燃燒에 對한 火焰溫度이므로 本實驗의 測定值가 더 높은 것은 火焰面의 膨脹에 따른 斷熱壓縮에 依한 溫度上昇에 起因한 것임을 알 수 있다. 이 點은 다음 計算으로 充分히 理解할 수 있다.

Propane이 完全燃燒한다고 假定하면, 反應式은



이며, 反應前後의 體積은 各各 6mole과 7mole이다. 이 때 斷熱壓縮에 依한 溫度上昇은

$$T_f = T_i \left(\frac{v_f}{v_i} \right)^{K-1} \quad \dots(9)$$

으로 表示되며 初期溫度 T_i 는 Sodium線反轉法에 依해서 測定된 1,895°C=2,168°K를 $K=1.4$, 그리고 初期容積 $v_i=6mole$ 最客積 $v_f=7mole$ 을 代入하면 斷熱壓縮後의 溫度 T_f 는

$$T_f = 2,168 \times \left(\frac{7}{6}\right)^{1.41} = 2,306(^{\circ}\text{K}) = 2,032(^{\circ}\text{C})$$

이며 이 값은 본實驗의 혼합비 4.5% 때의測定值과 거의一致함을 알 수 있다.

그리고 본實驗에서 抵抗線을 利用하여 火焰溫度를 測定할 때 나타나는 實驗誤差에는 3가지가 있다. 즉 白金線의 半徑方向의 溫度變化에 依한 誤差, 輻射에 對한 影響, 抵抗線에서 支持棒으로 熱傳導에 依해서 빼앗기는 熱量等이다. 이 中에서도 支持棒에 빼앗기는 熱량이 미치는 影響이 가장 크며 混合비 4.5%의 경우 最大火焰溫度에 對하여 全體實驗誤差가 5% 미만임을 計算에 依하여 알았으므로 이 誤差는 無視하였다.

V. 結 論

一般的으로 金點以上의 高溫領域에서는 確定的인 基準溫度定點이 없기 때문에 많이 分光溫度測定法에 依存하고 있는 現狀이며 工學的인 見地에서 볼 때 信賴性이 있다고 생각된다. 그러나 光學的方法도 基準溫度定點이 없는데 根本的인 問題點을 내포하고 있으며 이 方法으로도 過渡現象의 溫度測定도 可能하지만 막대한 費用의 實驗裝置와 많은 時間이 要求되므로 光學的方法은 주로 定常狀態의 溫度測定에 使用되고 있다. 또한 光學的으로 測定된 溫度는 光路距離間의 平均溫度이므로 測定後 光路距離間의 溫度分布를 推定하기 위하여 Abel Inversion Formula를 使用하여 積分方程式을 풀어야 하는 短點이 있다.

本研究에서는 좀더 손쉽고 低價의 裝置로 高溫領域에서 過渡的으로 變化하는 溫度測定의 可能性과 그 信賴性, 再現性을 追求하기 위하여 直徑이 서로 다른 2個의 白金抵抗線을 利用하여 火炎面과 測定素子間의 熱傳達係數를 消去하여 過渡的인 火炎溫度를 測定하려고 했으며, 本實驗에서는 直徑이 30 μ , 50 μ 의 두가지 白金線을 使用하여, 室溫 大氣壓下의 密閉燃燒室內에서 傳播하는 過渡的인 火炎溫度를 測定하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) Propane-air 混合氣의 混合비에 對한 火炎速度를 測定하였다. 그 結果, Propane 混合비 4.5% 附近에서 火炎速度는 最大値를 나타냈으며 그 값은 約 340 cm/sec 이었다.

2) Propane-air 混合氣의 混合비에 對한 火炎溫度를 測定하였다. 그 結果 Propane 混合비 4.5% 附近에서 火炎溫度는 最大値를 나타냈으며 그 값은 約 2,060 $^{\circ}\text{C}$ 였다.

3) 火炎面近傍의 溫度分布를 求하였으며 溫度境界層을 近似的으로 求할 수 있었다.

4) 混合비에 對한 燃燒室平均溫度를 測定하였고 混合비 4.5% 附近에서 最大値를 나타냈으며 그 값은 約 1140 $^{\circ}\text{C}$ 였다.

5) 本實驗의 結果는 火炎面 10mm 近傍에서는 信賴性이 떨어지지만 火炎面背後 即 燃燒室平均溫度는 比較的인 安全된 값을 보여주고 있으며 本實驗方法을 自動車排氣가스溫度와 같은 週期的過渡溫度에 應用하면 좋은 結果를 얻을 수 있으리라 思料된다.

後 記

本報는 1977年度 三美文化財團研究費의 財政的인 支援으로 이루어졌으며 이에 謝意를 表한다.

參 考 文 獻

1. B. Lewis & G. Von Elbe, *Flame Temperature in Temperature its Measurement and Control in Science and Industry*, pp.707—719, Reinhold Publishing Co., 1941.
2. H. Groeber, *Forsch. Geb. Ingen.* 300, 3, 1928.
3. H. Pfried, *Zue Messung Verandelischer Temperaturen Von Gasen und Flussigkeiten*, *Forsch. Geb. Ingen.* 7, 2, 1936.
4. A.S. Leah, E.P. Booth, & C. Routhwaite, *Double Wire Method of Resistance Thermometry in Gaseous Explosions*, Fuel, London Suppl. pp. 59—70, April, 1955.
5. R.S. Benson & G.W. Brundrett, *Development of A Resistance Wire Thermometer for Measuring Transient Temperature in Exhaust Systems of Internal Combustion Engines*, in *Temperature its Measurement and Control in Science and Industry*, pp.631-653, 1962.
6. 趙慶國, 아세틸렌의 燃燒による 煤의 生成, 機械의 研究, 18, 8, pp. 999-1006, 1966.
7. R. Hilpert, *Forsch. Geb. Ingen.* 4, 215, 1933.
8. W.H. McAdams, *Heat Transmission*, 3rd edition, p.259, McGraw-Hill, 1954.
9. R.P. Benedict, *Fundamentals of Tomperature, Pressure, and Flow Measurements*, Part I, John Wiley & Sons Inc., 1969.
10. American Society for Metals, *Metals Handbook*, 8th edition, vol. 1, pp.1189—1190, 1961.
11. W.E. Roeser & H.T. Wensel, *Appendix in*

- Temperature its Measurement and Control in Science and Industry, Reinhold Publishing Co., p. 1312, 1941.
12. B. Lewis & G. von Elbe, *Combustion, Flames and Explosion of Gases*, Academic Press, 1951.
13. R.M. Fristrom & A.A. Westenberg, *Flame Structure*, McGraw Hill, 1965.
14. A.G. Gaydon & H.G. Wolfhard, *Flames*, Chapman & Hall Ltd., 1960.