大韓機械學會論文集 第13卷 第6號, pp. 1223~1230, 1989.

〈論 文〉

메타놀 豫混合氣를 利用한 觸媒燃燒器의 定常狀態 運轉特性

崔炳喆*·伊藤獻一**·藤田修**

(1989年 8月 11日 接受)

The Steady-State Operating Characteristics of a Catalytic Combustor Using Methanol Mixture

Byung-Chul Choi, Kenichi Ito and Osamu Fujita

Key Words: Combustion(燃燒), Catalytic Combustion(觸媒燃燒), Methanol(메타놀), Platinum Catalyst(白金觸媒), Indoor Pollutant(室內環境汚染), Experimental and Numerical Analysis(實驗 및 數値計算), Combustion Efficiency(燃燒效率), Space Velocity(空間速度)

Abstract

Catalytic combustor of lean methanol mixture was investigated to develop a new type of clean heater. Steady-state experiment and numerical analysis and computation were carried out to evaluate the performance of the catalytic combustor. The catalyst used was platinum-loaded γ -Al_2O_3 monolith. The experimental parameters considered were space velocity, preheat temperature of the catalyst and air ratio. From the experimental results, the levels of indoor pollutants, specifically, unburned methanol and NO_2 emission, were reduced to below 1/10 of the legally allowable limits. From the numerical computation, the steady-state combustion efficiency was found to be greatly affected by the space velocity. The range of operating parameters of the catalytic combustor during steady-state conditions can also be predicted with sufficient accuracy.

기 호 설 명

C : 濃度 mol/m³
C_p : 定壓比率 J/(kg·K)
h_D : 物質傳達率 m/s
h_t : 熱傳達率 W/(m²·K)
$-\Delta H$: 反應熱 J/mol
k : 反應速度定數 m³/(mol·s), m³/(mol·s)
L : 距離 m
Q_l : 熱損失量 W/m³
R : 一般氣體定數 J/(mol·K)
r_1 : 觸媒半徑 m
r_2 : r_1+斷熱材의 두께 m
S : 觸媒斷面의 開孔率
S_s : 觸媒斷面의 個體面積率(=1−S)
t : 時間 s
T_l : 溫度 K
T : 耐熱限界溫度 K
V : 速度 m/s
W : 觸媒體積 m³
W_o : 273K로 換算한 混合氣의 體積流量 m³/h
X : 軸方向 距離 m
γ : 反應速度 mol/(m³·s), mol/(m²·s)
δ : 觸媒의 길이 mm
ε : 射出率

*正會員, 北海道大學 工學部 大學院
**北海道大學 工學部 機械工學科

η : 메타놀의 燃燒效率 %
λ : 熱傳導率 W/(m·K)
ξ : 觸媒斷面에 대한 表面積比 m^2/m^3
ρ : 密度 kg/m^3
σ : Stefan-Boltzmann常數

添 字

atm : 大氣
g : 氣相
in : 入口
out : 出口
o_2 : 酸素
s : 觸媒層

1. 序 論

居住區域內의 暖房 혹은 廚房에서 使用되고 있는 開放式 燃燒裝置는 燃燒가스를 직접 暖房, 加熱源 등으로써 利用하는 것이다. 이 때 排氣가스에 포함되어 있는 未燃 燃燒生成物 및 NO_x 등의 公害物質에 의한 室內環境汚染은 피할 수 없는 問題이다. 이러한 問題를 解決하기 위해, 燃料選擇과 燃燒方法의 면으로부터 메타놀을 利用한 豫混合型 觸媒燃燒를 提案할 수 있다. 모노리스型 觸媒를 利用한 豫混合型 觸媒燃燒器는 폭넓은 燃料의 濃度範圍에서 燃燒가 進行된다. 즉, 希薄 混合氣일지라도 安定한 燃燒가 可能하며, 높은 燃燒效率을 期待할 수 있다. 따라서, 低溫燃燒가 可能하여, 특히 NO_x排出이 적은 것으로 잘 알려져 있다. 또한 燃料로써의 메타놀은 有力한 石油代替에너지임과 동시에 低公害 燃料로써 인식되어지고 있으며, 最近 環境保全面으로부터 自動車用의 燃料로써 各國에서 導入이 檢討되고 있다. 그리고 메타놀은 貴金屬觸媒에 대해서 다른 燃料보다 低溫에서의 活性이 높은 것으로 잘 알려져 있다[1].

觸媒燃燒에 관한 硏究는 가스터빈[2], 보일러[3] 등으로 한 폭넓은 硏究가 進行되고 있다. 燃料로써는 灯油[4], CO[5], 매탄[6] 혹은 프로판[7] 등의 從來의 炭化水素系의 燃料를 利用한 硏究가 거의 대부분을 차지하고 있다. 또한, 數値計算의 例로써는 Prasad들[6] 및 Cerkanowicz들[7]의 硏究結果가 있지만, 이것들은 實驗結果와의 比較가 없는 것도 있으며, 計算 中의 假定에도 議論할 餘地가 있으며 信賴性이 결여되어 있다.

著者들은 지금까지 貴金屬 觸媒를 利用하고, 메타놀을 燃料로한 觸媒燃燒器의 硏究를 實驗 및 數値計算 兩面으로 행하여 왔다[8,9]. 이 結果, 메타놀 豫混合氣의 觸媒燃燒器는 폭넓은 範圍의 空氣比에서 安定한 燃燒가 가능하며, 특히 NO_x의 平均排出量은 0.03ppm으로 대단히 낮다는 것을 알았다. 그리고, 이 燃燒狀態가 數値計算에 의해 시뮤레이션이 可能하며, 燃燒狀態에 미치는 各種 파라메타의 影響을 명백히 하였다. 實驗으로부터 얻을 수 있는 데이타는 限定되어 있을 뿐만 아니라, 以前의 硏究[9]에서의 計算은 限定된 條件에서만 행하였으며, 觸媒燃燒器의 運轉 可能範圍등 設計上에 중요한 情報를 보충할 여지가 있다고 생각되어진다.

本 硏究에서는 이러한 觀點으로부터, 開放式 燃燒裝置를 想定하여, 白金의 모노리스型 觸媒를 利用한 메타놀 豫混合型 觸媒燃燒器의 定常運轉의 實用性에 관한 實驗 및 數値計算을 행하였다. 먼저 觸媒燃燒器의 溫度分布 및 排氣가스 溫度分布를 把握하고, 觸媒燃燒器의 實用性을 評價하기 위하여 室內環境豫測을 행하였다. 또한 實驗만으로는 燃燒器의 여러가지 運轉條件에 관한 全데이타를 얻는 것은 어렵다. 이 때문에 本 硏究에서는, 以前의 硏究[9]에서 利用한 計算과 같이 메타놀이 完全燃燒하는 것으로 보고 中間酸化物의 生成을 無視한 1次元 數値計算모델로 燃燒特性, 排氣가스의 排出特性등의 豫測을 하였으며, 各種 運轉 파라메타의 設定限界 등에 대하여 檢討를 행하였다.

2. 實驗裝置 및 實驗方法

觸媒燃燒 實驗裝置의 槪畧을 Fig. 1에 나타내었

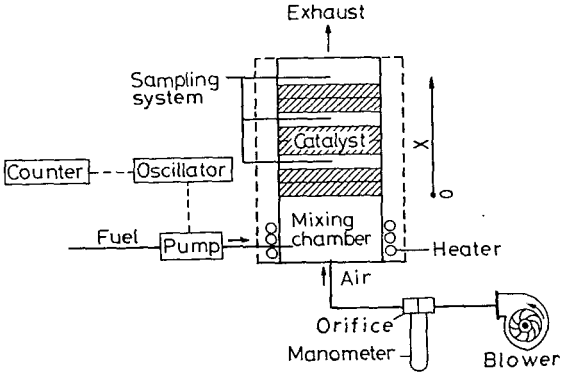

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

다. 實驗裝置는 空氣 및 燃料의 供給部, 混合室, 燃燒室, 가스샘플링系로 構成되어져 있다. 燃燒用 空氣는 오리피스 流量計를 거쳐 混合室로 들어가게 된다. 한편 燃料 메타놀은 電磁펌프에 의해 供給되어지며, 그 流量은 펄스發振器에 의해 調節되어 混合室로 보내어진다. 混合室은 電氣加熱되어지며, 여기서 燃料의 蒸發 및 空氣와의 混合이 행하여진다. 燃燒室은 混合室의 上部에 設置되어져 있으며, 원통형의 周圍는 斷熱材로 斷熱시키고 있다. 混合氣는 反應하면서 燃燒室의 下部로부터 上部로 흘러나가 그대로 排出되어진다. 본 硏究의 實驗範圍에서는, 混合氣의 燃燒에 의한 火炎은 전혀 발생하지 않으며, 이것이 觸媒燃燒의 특징의 일부를 나타내는 것이다.

觸媒는 白金을 코팅한 모노리스型〔松下電池(株)製, T型 觸媒〕이다. 觸媒形狀은 直徑 60mm, 두께 10mm, 셀은 2mm 角의 正方形이며 開孔率은 64%이다. 本 硏究에서는 이것을 2장씩 1組로 하고, 10mm 間隔으로 3段, 合計 6장을 燃燒室에 裝着하였다.

溫度는 燃燒室內의 中心軸을 따라 軸方向分布를 測定하였다. 溫度測定에는 ϕ0.3mm의 K型 熱電對를 利用하였으며, 氣體溫度는 熱電對의 觸媒作用을 막기 위하여 실리카코팅한 것을 觸媒 셀의 中央에 장착하여 測定하였다. 그리고 觸媒層溫度는, 熱電對를 觸媒担體의 분말과 고온용 세라믹접착제로 혼합한 것으로 觸媒의 셀에 고정하여 측정하였다. 한편, 排氣가스의 샘플링은 觸媒中心軸上에서, 入口部의 觸媒로부터 下流로 25mm, 55mm, 85mm의 位置에서 행하였다. 吸引導管은 水分의 凝縮을 막기 위하여 약 400K로 加熱하였다. 未燃 메타놀의 測定은 FID가 장착된 가스크로마토 그라프로, 그리고 포름 알데히드는 MBTH 方法에 의해 測定하였다.

實驗에 있어서 空氣比 m은 3.0~8,0의 範圍, 또한 메타놀의 供給熱量은 440~1100W의 範圍에서 變化시켰다. 그리고 觸媒層의 豫熱溫度는 370~433 K, 空間速度 SV〔$=W_o/W$, W_o : 273K로 換算한 混合氣의 體積流量(m³/h), W : 觸媒體積(m³)〕는 3700~13000h^{-1}의 範圍로 하였다.

3. 數値計算

3.1 基礎方程式

메타놀 豫混合型 觸媒燃燒器의 溫度特性 및 排氣가스特性을 把握하고, 各種 파라메타의 影響을 明白히 하기 위하여 數値計算을 행하였다. 對象으로 하는 系는 定常이지만, 計算에서는 T'ien[11]과 같은 方法으로 準定常方程式을 세워 緩和시키는 것에 의해 定常解를 구하였다. 數値計算을 행함에 있어서 假定은 以前의 硏究[9]와 같으며, 그 假定 위에서 풀어야 할 基礎方程式은 다음과 같다[6,7,8].

觸媒層의 에너지保存式 :

$$S_s\rho_sC_{ps}\frac{\partial T_s}{\partial t}=S_s\lambda\frac{\partial^2T_s}{\partial x^2}-\xi h_t(T_s-T_g)+\xi\gamma_s(-\Delta H)+Q_l \quad (1)$$

氣相의 에너지保存式 :

$$S\rho_gVC_{pg}\frac{\partial T_g}{\partial x}=\xi h_t(T_s-T_g)+S\gamma_g(-\Delta H) \quad (2)$$

氣相의 化學種 保存式 :

$$SV\frac{\partial C_g}{\partial x}=S\gamma_g+\xi h_D(C_g-C_s) \quad (3)$$

觸媒層의 化學種 保存式 :

$$h_D(C_g-C_s)=\gamma_s \quad (4)$$

단, 式 (1)에 있어서 열손실항 Q_l은 $2\lambda(T_s-T_{out})/(r_1^2\ln(r_2/r_1))$로 나타낸다. 또한, 初期條件 및 境界條件은 다음과 같다.

$x>0$, $t=0$; $(C_g)=0$,

$(C_{O2})=(C_{O2})_{in}$, $T_s=T_{in}$

$x=0$; $(C_g)=(C_g)_{in}$, $(C_{O2})=(C_{O2})_{in}$,

$T_s=T_g=T_{in}$, $V=V_{in}$

$x=L$; $\lambda\left(\frac{\partial T_s}{\partial x}\right)=\varepsilon\sigma(T_{atm}^4-T_{s,out}^4)$

3.2 反應速度 및 計算方法

이 計算을 함에 있어서 反應速度定數를 미리 알아야 할 必要性이 있다. 이를 위하여 메타놀 酸化反應의 겉보기 反應速度를 定常의 反應系에 있어서 測定한 著者들의 結果[9]를 利用하였다. 그 結果 觸媒反應 및 氣相反應의 速度定數는 다음과 같다.

$$\gamma_s=k_s[CH_3OH]_s \quad (5)$$

$$k_s=\exp(-5.9\times10^4/(R\cdot T_s)+22.45) \quad T_s<380K$$

$$=\exp(-6.4\times10^3/(R\cdot T_s)+5.8) \quad 380\leqq T_s<830K$$

메타놀의 氣相의 反應速度定數에 대해서는 觸媒 없이 石英管內에서 混合氣를 流通시켜 測定하였다. 그 結果는 다음과 같다.

$$\gamma_g=k_g[CH_3OH]_g \quad (6)$$

$k_g = \exp(-6.1\times10^3/(R\cdot T_g)+3.2)$

또한, 計算方法으로써는 基礎方程式 (1)~(4)를 陰解法에 의해 差分化하여 解를 구했다. 混合氣 및 燃燒가스의 物性値는 希薄混合氣이기 때문에 空氣의 값을 利用하였으며, 熱傳達率과 物質傳達率은 Hawthron[12]의 式을 利用하였다. 그리고, 本 計算에서는 以前의 硏究[9]와 달리 境界條件에 있어서 燃燒器 出口에서의 복사熱損失을 考慮하였다.

4. 實驗結果

4.1 溫度分布 및 排氣가스分布의 特性

定常狀態에 있어서 觸媒燃燒의 溫度特性 및 排氣가스特性을 調査하였다. Fig. 2는 軸方向의 溫度分布를 나타낸 것으로, SV를 파라메타로 하고 있다. 그림 中에 點線은 觸媒層의 溫度, 實線은 가스의 溫度를 나타내고 있다. 全파라메타에 있어서 溫度는 入口에서 급격히 上昇하고, 下流側에서는 서서히 低下하는 共通的인 傾向을 볼 수 있다. 그러나 SV가 커지므로서 最古溫度의 位置가 下流側으로 移動하고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 SV가 커짐에 따라서, 滯留時間이 짧아져서 酸化反應領域이 下流로 移動하기 때문이라고 생각할 수 있다. 또한 入口에서 觸媒層의 溫度는 가스溫度보다 높지만, 第1層 出口의 下流側에서는 가스의 溫度가 높아지고 있다. 이것은 入口附近에서 燃料가 觸媒表面에서 反應하여 그 熱이 觸媒表面으로부터 가스側으로 傳達되지만, 燃料가 급격히 減少하는 下流側에서는 加熱된 가스로부터 觸媒表面側으로 熱이 移動하는 현상이라고 생각되어진다.

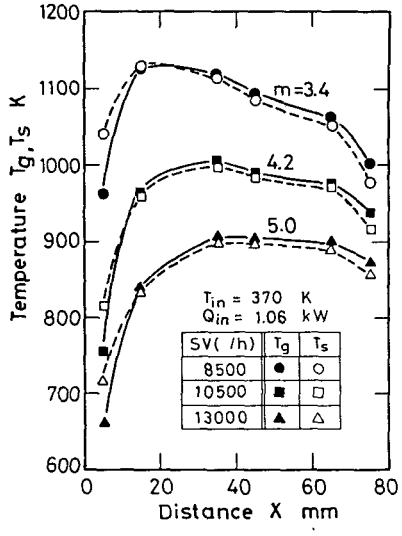

Fig. 2 Axial temperature profiles at various air ratio

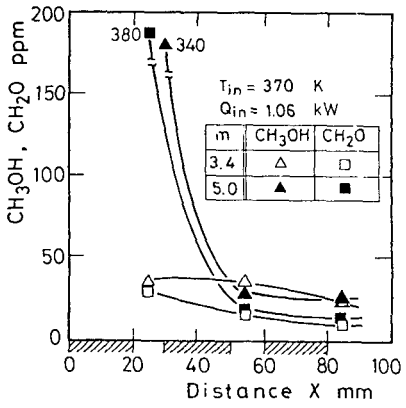

Fig. 3 Emission changes versus axial distance

Fig. 3은 觸媒燃燒器의 軸方向 排氣가스의 濃度分布를 나타내고 있다. 空氣比 m가 3.4의 경우는 全 測定位置에서 未燃메타놀 및 포름알데히드의 排出濃度는 30ppm 以下이며, 第1層의 觸媒에서 反應이 거의 完了하고 있는 것을 알 수 있다. 空氣比가 5.0으로 되면 L=25mm의 位置에서 各 成分濃度는 空氣比가 3.4일 때 보다 높은 값을 나타내고 있다. 이것은 溫度分布에서 본 바와 같이 空氣比가 커짐에 따라 SV가 커지므로 인하여 滯留時間이 짧게 되고, 酸化反應領域이 下流側으로 移動하기 때문이라고 생각할 수 있다.

4.2 室內環境의 豫測

開放式 燃燒裝置가 暖房 및 廚房用으로 利用될 경우, 그 排氣가스가 室內環境을 汚染시켜 問題되는 경우가 있다. 이와 같은 見地로부터 燃燒裝置의 實用性을 評價하기 위하여 室內環境汚染을 豫測하고, 그 結果를 大氣環境汚染基準値와 比較 檢討하는 것은 重要한 意味를 가진다. Table 1은 定常狀態의 觸媒燃燒裝置의 室內環境汚染을 豫測한 結果이다. 豫測條件으로써는 一般的인 居室(實體積 30 m^3)에서 發生熱量을 1.1kW, 換氣를 1時間 1回로 하였다. 메타놀 및 포름알데히드의 環境基準値는 EPA가 提案한 大氣環境許容値[10]이며, NO_2는 日本의 環境基準値이다. 이 結果로부터 NO_2의 排出濃度는 環境基準値의 1/10로서 대단히 낮은 값을

Table 1 Prediction of indoor pollutant for catalytic combustor

	Regulation	Catalytic combustor
NO_2	0.04~0.06	0.002~0.005
NO_X		0.002~0.009
CH_3OH	38.2	3.0~5.7
CH_2O	0.12	0.65~2.1

Unit (ppm)

나타내고 있다. 즉 NO_X가 全部 NO_2로 변한다 할지라도 室內環境의 汚染에는 問題가 되지 않으며, 觸媒燃燒方式에서 NO_X의 排出이 대단히 적은 것을 나타내고 있다. 또한 未燃메타놀에 대해서도 EPA의 大氣環境許容値의 약 1/10인 것을 알 수 있다. 한편 포름알데히드의 排出量은 環境許容値보다 약간 높은 값을 나타내어 改善의 餘地가 있는 것을 알 수 있다.

5. 計算結果 및 考察

5.1 計算結果 및 實驗結果의 比較

定常狀態의 計算結果를 實驗結果와 比較檢討하였다. 供給熱量을 一定하게 한 경우 空氣比의 變化에 대한 軸方向의 溫度分布의 計算結果 및 實驗結果의 一部를 Fig. 4에 나타내었다. 軸方向의 가스溫度分布의 計算結果는 入口部의 급격한 溫度上昇領域을 除外하면 實驗結果와 잘 一致함을 나타내고 있다. 그리고 觸媒層의 溫度分布도 實驗結果 및 計算結果는 잘 一致하는 傾向을 보였다. 入口部에서 計算結果가 낮은 原因으로써 생각할 수 있는 것은, 觸媒入口에서 복사를 고려하지 않은 것 및 定常의 反應系에 있어서 測定한 겉보기의 反應速度가 反應 開始直後에서 正確히 一致하지 않을 可能性이 있는 것을 들 수 있다.

다음에 觸媒燃燒器 出口에서 未燃메타놀의 排出濃度의 計算結果와 實驗結果를 比較하였다. Fig. 5는 排出 메타놀濃度에 대한 供給 메타놀濃度의 比를 空氣比에 대하여 나타낸 結果이다. 計算 및 實驗 모두 空氣比가 커질수록 未燃메타놀의 排出比는 높아지고 있는 것을 알 수 있다. 또한 計算結果는 實驗結果보다 조금 높은 값을 나타내고 있지만, 그

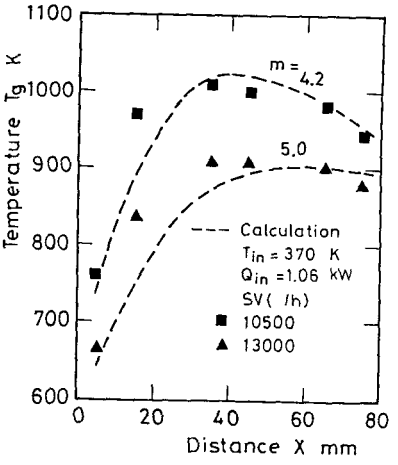

Fig. 4 Comparison between measured and predicted gas temperature

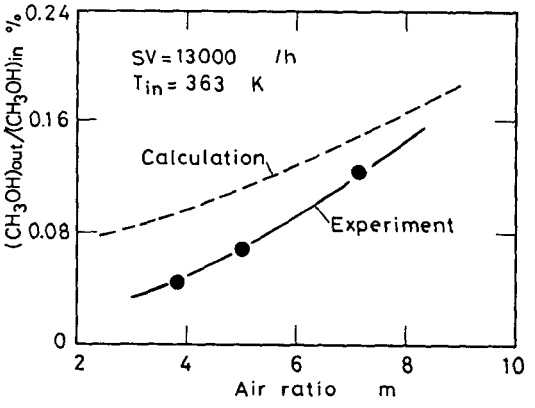

Fig. 5 Comparison between measured and predicted methanol emission

變化 傾向은 잘 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 以前의 硏究結果[9]에서도 본 바와 같이 本 硏究에 使用한 計算모델은 定常狀態의 溫度分布 및 未燃메타놀濃度의 豫測에 妥當한 것으로 생각할 수 있다.

5.2 計算結果

實驗에서는 파라메타의 폭넓은 全 條件에 대한 데이터를 얻는 것은 어렵기 때문에, 여기서는 數値計算에 의해 定常狀態에서 觸媒燃燒器의 運轉性能에 미치는 各種 파라메타의 影響에 대하여 檢討를 행하였다. 여기에서 利用한 파라메타는 觸媒燃燒에 있어서 重要한 空間速度(SV), 空氣比, 混合氣豫

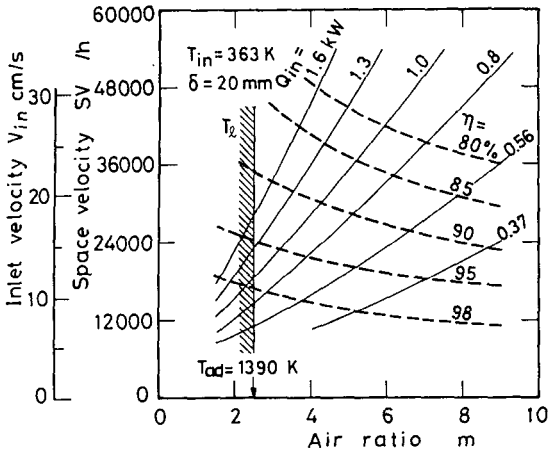

Fig. 6 Space velocity vs. air ratio for various methanol combustion efficiency (δ = 20mm)

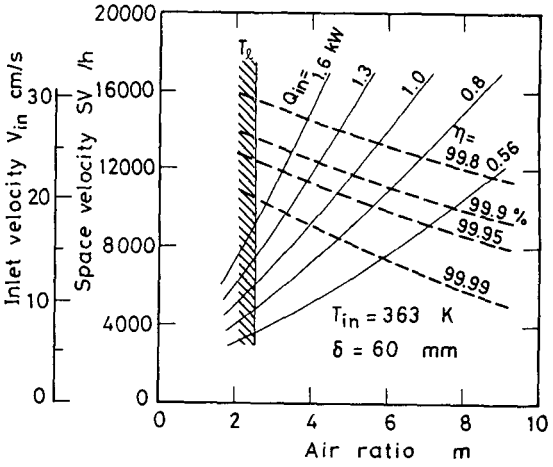

Fig. 8 Space velocity vs. air ratio for various methanol combustion efficiency (δ = 60mm)

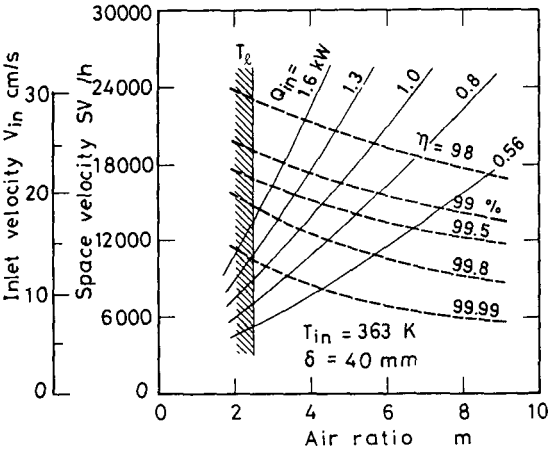

Fig. 7 Space velocity vs. air ratio for various methanol combustion efficiency (δ = 40mm)

熱溫度, 熱負荷 및 觸媒의 길이 등이다. 이 파라메타들이 燃燒效率에 미치는 影響에 대하여 檢討하였다. Fig. 6~8은 空氣比에 대한 SV의 關係를, 메타놀의 燃燒效率을 파라메타로써 나타낸 結果이다. 그림에는 供給混合氣의 觸媒入口에서의 流速 V_{in}을 SV에 對應시켜 나타내었다. 그리고 δ는 使用한 觸媒의 길이이며, 그림 중의 實線은 熱負荷一定의 곡선을 나타낸 것이며, 點線은 메타놀의 燃燒效率 $\{\eta = \{1-(CH_3OH)_{out}/(CH_3OH)_{in}\} \times 100\%\}$ 變化의 計算結果를 나타낸 것이다. Fig. 6은 δ = 20mm의 경우이며, 燃燒效率은 SV가 작게 되면 대폭 上昇하고, 또한 空氣比가 커질수록 低下한다. 燃燒效率을 높게 하기 위해서는 SV를 작게할 必要性이 있지만, 그 경우 熱負荷를 크게 얻을 수 없기 때문에 觸媒의 길이를 길게 할 必要가 있다는 것을 알 수 있다. 또 空氣比를 작게 하는 것도 有利하지만, 그 정도를 지나치면 그림중에 斜線으로 나타낸 것과 같이 가스溫度가 觸媒의 耐熱限界(T_l)에 達하게 된다. Fig. 7은 δ = 40mm, Fig. 8은 δ = 60mm의 結果이다. 同一 空氣流速에 대하여, 觸媒의 길이 δ가 길어지면 燃燒效率은 飛躍的으로 上昇하고, 熱負荷를 대단히 크게 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이들의 結果로부터 空氣比와 燃燒器에서 要求되어지는 燃燒效率에 대한 最適의 SV, 觸媒의 길이 및 熱負荷의 範圍를 決定할 수 있다.

Fig. 9는 Fig. 6과 같은 條件에서 混合氣의 豫熱溫度의 影響을 나타낸 것이다. 이것은 δ가 20mm의 경우, 燃燒效率이 일정한 값(η = 90%)에 도달할 때의 計算結果이다. 同一 混合氣의 豫熱溫度에 있어서 空氣比가 커질수록 작은 SV가 요구되어지는 것을 나타내고 있다. 그러나 混合氣의 豫熱溫度는 η에 그다지 큰 影響을 미치지 않으며, η가 소정의 값에 도달할 때 混合氣의 豫熱溫度의 變化에 대해 SV는 크게 변하지 않음을 알 수 있다. 이것은, 定常狀態에서의 溫度는 反應物의 擴散律速段階以上의 領域으로 되기 때문에, 反應速度에 豫混合氣의 溫度上昇은 큰 影響을 미치지 않는 現象이라고 생각할 수 있다.

Fig. 10은 空氣比에 대한 熱負荷의 關係를 나타

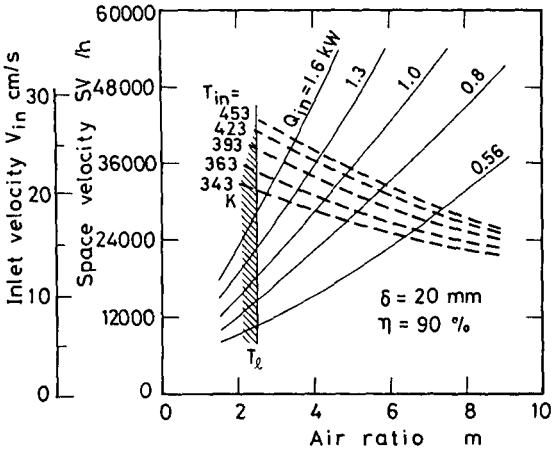

Fig. 9 The effect of inlet gas temperature on the condition of space velocity vs. air ratio for 90% combustion efficiency

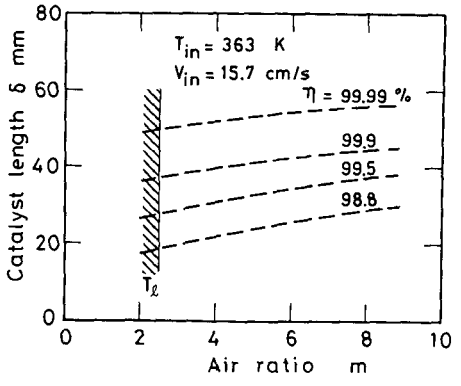

Fig. 11 Required catalyst length vs. air ratio for various methanol combustion efficiency (V_{in}=15.7cm/sec)

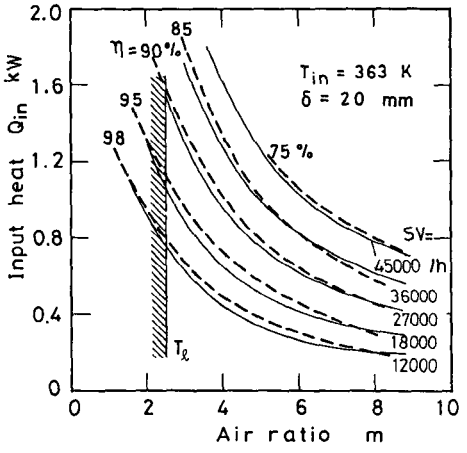

Fig. 10 Input heat vs. air ratio for various methanol combustion efficiency (δ=20mm)

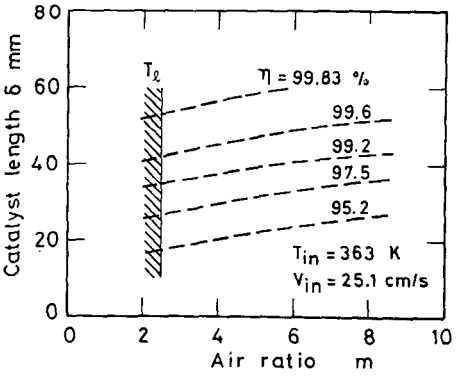

Fig. 12 Required catalyst length vs. air ratio for various methanol combustion efficiency (V_{in}=25.1cm/sec)

내고 있다. 이 때 SV를 파라메타로 하고, 空氣比에 대한 熱負荷를 實線으로 나타내고 있다. 그리고 各 條件에 있어서 數値計算에 의해 구한 메타놀의 燃燒效率 η를 點線으로 나타내고 있다. 이 結果로부터는, 熱負荷가 낮을수록 燃燒效率은 상승하고, 空氣比가 커질수록 燃燒效率은 低下하고 있다. 이것은 일정한 空氣比에 있어서 熱負荷가 낮게 되면 SV가 작게 되어 觸媒反應은 촉진되지만, 일정한 熱負荷에 있어서 空氣比가 커지면 SV도 커지게 되어 觸媒反應이 불리하게 됨을 나타내고 있다. 따라서, 空氣比를 增加시킬수록 熱負荷는 낮게 하지 않으면 안되며, 보다 높은 熱負荷에서 運轉할 경우에는 δ를 길게할 必要가 있음을 알 수 있다.

Fig. 11 및 Fig. 12는 空氣比에 대한 觸媒길이 δ의 關係를 나타낸 것이다. Fig. 11은 混合氣의 觸媒入口에서의 流速 V_{in}가 15.7cm/s, Fig. 12는 25.1cm/s일 때의 結果이다. 동일한 燃燒效率을 얻기 위해, 空氣比가 커질수록 必要한 觸媒의 길이는 길어짐을 알 수 있다. 그리고 V_{in}가 커질수록, 一定한 燃燒效率을 얻는데 필요한 觸媒의 길이는 길어지는 것을 나타내고 있다. 이와 같이 本 計算모델로부터, 觸媒燃燒器에 있어서 요구되어지는 燃燒

效率을 얻기 위하여 必要한 觸媒의 길이를 豫測할 수 있다.

以上과 같이 本 硏究에서 使用한 計算모델은, 觸媒燃燒器의 定常狀態의 溫度分布, 未燃메타놀의 排出量 및 各 파라메타와 燃燒效率의 關係를 잘 나타내고 있으며, 메타놀의 豫混合型 觸媒燃燒器의 性能豫測에 使用可能하다고 생각되어진다. 물론, 本 計算모델에서는 燃料가 完全燃燒하는 것으로써 中間生成物인 포름알데히드의 生成을 無視하고 있지만, 이것을 포함한 計算을 행할 경우는, 메타놀 및 中間生成物의 氣相 및 觸媒反應의 精度 높은 反應速度定數가 요구되어진다. 또한 高溫에 接觸되는 경우의 觸媒에 대해서는 신타링이라는 觸媒의 劣化를 막기 위해, 耐熱性의 改善을 하여야 할 必要性이 있다고 생각되어진다.

6. 結 論

以上, 白金系 모노리스型의 T型 觸媒를 利用하여 메타놀豫混合型 觸媒燃燒器의 定常狀態의 實驗 및 數値計算을 행한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 定常時의 觸媒燃燒裝置의 室內環境 豫測 結果, NO_2 및 메타놀의 排氣量은 環境基準値의 1/10로 대단히 良好하지만, 포름알데히드의 排出에 관해서는 改善의 餘地가 있음을 알았다.

(2) 數値計算으로부터 定常狀態의 運轉狀態에 미치는 各 파라메타의 影響을 명백히 하였다.

(3) 定常狀態 數値計算으로부터 觸媒에서 메타놀의 酸化率은 空間速度에 큰 影響을 받지만, 混合氣 豫熱溫度에는 그다지 큰 影響을 받지 않는다.

(4) 數値計算으로부터 觸媒燃燒器에 要求되어지는 燃燒效率과 空氣比 및 熱負荷에 대해 必要한 觸媒 길이의 豫測이 可能하게 되었다.

參 考 文 獻

(1) 荒井弘統, 1985, "觸媒燃燒の硏究と開發", 燃燒硏究, 第69號, p. 1.

(2) DeCorso, S.M., Mumford, S., Carrubba, R.V. and Heck, R., 1977, "Catalysts for Gas Turbine Combustor-Experimental Test Results", Trans. ASME, J. Eng. Gas Turbines, Vol. 99, No. 2, p. 159.

(3) Kesselring, J.P., Merrick, E.B. and Krill, W.V., 1982, "A Low-NO_x Burner for Gas-fired Firetube Boilers", Air Pollution Control Association Paper 82-60.

(4) 川崎良隆, 鈴木次郎, 1988, "灯油を燃料とする觸媒燃燒器の燃燒特性", 日本燃燒硏究會第26回燃燒シンポジウム前刷集, p. 140.

(5) Bruno, C., Walsh, P.M., Kantavicca, D. and Bracco, F.V., 1983, "High Temperature Catalytic Combustion of CO-O_2-N_2, Ar, He, CO_2-H_2O Mixture of Platinum", Int. J. Heat and Mass Transfer 26, p. 1109.

(6) Prasad, R., Kennedy, L.A. and Ruckenstein, E., 1983, "A Model for the Transient Behavior of Catalytic Combustor", Combust. Sci. Technol., Vol. 30, p. 59.

(7) Cerkanowicz, A.E., Cole, R.B. and Stevens, J.B., 1977, "Catalytic Combustion Modeling; Comparisons with Experimental Data(1)", Trans. ASME J. Eng. Gas Turbines Power, Vol. 99, No. 4, p. 593.

(8) Choi, B.C., Ito, K., Fujita, O. and Takahashi, H., 1988, "Catalytic Combustion of Lean Methanol Mixture for a Room Heater", 8th Int. Sympo. Alcohol Fuels, p. 1013.

(9) 伊藤獻一, 崔炳喆, 藤田修, 1989, "メタノール予混合觸媒燃燒器の始動特性", 日本機械學會論文集, (B) Vol. 55, No. 519.

(10) Gold, M.D., 1985, "Organic Emission Standards for Light-Duty Methanol-Fueled Vehicles", 78th Annual Meeting APCA, p. 1.

(11) T'ien, J.S., 1981, "Transient Catalytic Combustor Model", Combust. Sci. Technol. Vol. 26, p. 65.

(12) Hawthron, R.D., 1974, "Afterburner Catalysts-Effects of Heat and Mass Transfer between Gas and Catalyst Surface", AIChE Sympo. Ser., No. 137, Vol. 70, p. 428.