

## 가스온풍기용 가스버너의 설계 및 개발에 관한 연구

박용호\* · 염만오\*\* · 심성훈\*\*\* · 엄기훈\*\*\*\*

A Study on the Design and Development of Gas Burner for Gas Furnace

Y. H. Pak · M. O. Yum · S. H. Sim · G. H. Eom

**Key words :** Gas furnace(가스온풍기), Kerosene furnace(석유온풍기), Gas appliance(가스기  
기), City gas(도시가스), Calorific value(발열량), Forced flue type(강제급배기방  
식), Interchangeability of gas(가스호환성), Air damper(공기량 조절장치), Gas  
burner(가스버너)

### Abstract

The purpose of this study is to modify the kerosene furnace, which is forced flue type with 15000 kcal capacity, to gas furnace satisfying for CITY gas, LNG gas and LPG gas. The gas furnace, a kind of gas appliance, is mainly used for heating houses by combustion of gas. This paper describes briefly the design technology for gas burner which is most important in replacing kerosene fuel with gas fuel. Especially, the design for gas nozzle is constructed by theoretical and experimental method.

It is found that the experimental results of the modified gas burner are good agreement with the theoretical results for calorific value and combustion efficiency. The result of this study will contribute in the design skill and of gas burner and similar gas appliance, and the pursuit for reduction of fuel cost as well as atmospheric pollution.

### Nomenclature

BV : 연소속도 (cm/sec)  
Ps : 실험가스의 표준압력 (mmH<sub>2</sub>O)  
C : 오리피스 유량계수

$\Delta P_v$  : 가스밸브 입구 및 출구의 압력차 (mbar)  
 $D_\alpha$  : 흡입공기관 내경 (mm)  
 $P_o$  : 흡입공기관 오리피스 전후 압력차 (mmH<sub>2</sub>O)  
 $D_d$  : 흡입공기관 내부 뎀퍼 직경 (mm)

\* 정회원, 경남대 대학원  
\*\* 정회원, 경남대 기계공학과  
\*\*\* 정회원, 한국기계연구원 열유체 시스템실  
\*\*\*\* 정회원, 금성사 열기설계실

- Pp : 가스공급관 입출구 사이 압력차 (mmH<sub>2</sub>O)
- Dn : 노즐경 (mm)
- Q<sub>α</sub> : 공기유량 (Nm<sup>3</sup>)
- Dp : 가스공급관 내경 (mm)
- Qi : 가스유출량(=가스소비량) (m<sup>3</sup>/h)
- d : 가스비중 (공기=1)
- Qm : 실측가스량 (m<sup>3</sup>/h)
- L : 가스 공급관 길이 (m)
- q<sub>g</sub> : 탄화수소의 총발열량 (kcal/kmol)
- M : 공기비 (공기 과잉율)
- q<sub>n</sub> : 탄화수소의 진발열량 (kcal/kmol)
- m : 조임비 (Dd/Da)<sup>2</sup>
- γ<sub>α</sub> : 공기밀도 (=1.29kg/m<sup>3</sup>)
- P<sub>α</sub> : 대기압 (760mmHg)
- S : 온도 t℃에서의 가스의 포화증기압 (mmHg)
- Pi : 가스기구입구의 가스압력 (mmH<sub>2</sub>O)
- t : 가스온도 (℃)
- Pm : 가스미터기 내의 가스압력 (mmH<sub>2</sub>O)
- WI : Weber Index

## 1. 서 론

최근들어 공해문제와 연료비 절감과 관련하여 천연가스의 도입과 도시가스 및 LPG의 상용화가 정부주도로 강력히 추진되고 있다.

가스연료는 특히 공해의 주범인 유황산화물과 질소산화물의 발생이 적고, 연소효율이 높으며 조작이 용이하고 경제성이 있는 연료이지만 가스 종류가 다양하고 가스종류마다 특성이 다르기 때문에 잘못 취급하면 폭발과 중독등 안전사고를 일으킬 위험성이 크다.

그러나 위의 단점들은 연소기술의 발전과 검지 기술 및 제어기술의 발달로 개선되어 가스연소기기의 수요는 급증하고 있다. 아직까지도 석유용 온풍기가 난방 및 공업용으로 많이 사용되고 있지만 도시지역에서는 오일의 사용이 제한을 받고 있으므로 오일의 가스대체사업이 활발히 진행되고 있음에 따라 가스 온풍기의 개발은 시급한 실정이나 우리나라는 가스사용 역사가 짧고, 선진제품 모방

이나 기술제휴를 통해 가스기기를 생산해 왔기 때문에 독자적 개발을 위한 기술기반이 취약한 상태로서 과감한 투자 및 개발 의지가 요구되고 있다.

본 연구에서는 기존의 15000Kcal/h 용량의 강제급배기식 석유 온풍기에서 최소한의 구조변경으로 연료를 석유에서 가스로 대체시키며 이의 대체에 결정적인 역할을 하는 가스버너 개발에 역점을 두었고 가스버너개발에 필수적인 가스의 연소 특성분석 가스호환성 검토(도시가스, LNG, LPG), 노즐설계, 에어댐퍼설계, 가스공급관 설계 등을 연구하였으며 제어 및 검지에 필요한 MICOM 등의 전자회로 시스템도 함께 연구하였으나 지면관계상 버너설계 및 연소실험을 중심으로 기술 한다.

## 2. 이론적 고찰

가스 연료는 액체연료나 고체연료에 비하여 각 성분이 간단하게 혼합되어 있을 뿐만 아니라 다른 성분과도 독립되어 있으므로 각 성분의 연소반응을 계산하면 기체연료의 연소반응이 결정된다고 보아도 큰 무리는 없다. 따라서 다음의 기본적인 연소계산 및 가스의 기본 특성을 검토하고 주요부품의 설계에 필요한 이론식을 고찰 한다.

### 2.1 이론공기량 및 연소 생성물

가스 연료는 CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 등의 단순가스의 혼합물로써 이러한 각 가스의 연소반응을 고려해서 필요한 공기량을 계산하면 된다.

즉, 가스연소에 있어서 각 성분가스의 체적이 주어지는 경우 가스연료 1 Nm<sup>3</sup> 당 필요한 이론 공기량 A<sub>0</sub>는 식 (1)을 사용한다.

$$A_0 = \frac{1}{21} \left[ \frac{1}{2} CO + \frac{1}{2} H_2 \sum (x + \frac{y}{4}) C_x H_y - O_2 \right] \quad (1)$$

그러나 실제의 연소장치에서는 완전연소를 시키기 위해 이론 공기량보다 많은 공기량을 필요로 하는데 실제공기량 A와 이론 공기량 A<sub>0</sub>의 비를 공기비라고 하여 M 으로 표시하면 M은 식(2)로 나타낸다.

$$M = \frac{A}{A_0} \quad (2)$$

그리고 연소후 발생하는 연소생성물 즉, 연소가  
스량은 가연성 원소인 C, H, S 등이 완전연소해서  
발생하는 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, 외에 공급되어진 O<sub>2</sub>중 연소  
에 사용되고 남은 O<sub>2</sub>, 연료중에 처음부터 존재하  
는 N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 등의 불연성 가스 뿐만 아니라 연료와  
공기중의 수분등으로 부터 생성되어 연소되지 않  
는 경우의 그을음 CO, H<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> 등도 포함되는데  
가스 연료 1Nm<sup>3</sup>을 완전연소한 경우에 생기는 각  
성분 즉, 이산화탄소, 수증기, 질소 및 과잉공기량 G  
(EA)는 다음식에 의해 구할 수 있다.

$$G(CO_2) = CO_2 + CO + \sum x(C_x H_y)$$

$$G(H_2O) = H_2O + H_2 + \sum \left(\frac{y}{2}\right)(C_x H_y)$$

$$G(N_2) = N_2 + 0.79 A_0$$

$$G(EA) = A - A_0 = A_0(m - 1)$$

따라서 건연소 가스총량 G'는 식 (3)과 같고 습  
연소 가스총량 G는 식 (4)와 같다

$$G' = G(CO_2) + G(N_2) + G(EA) \quad (3)$$

$$G = G' + G(H_2O) \quad (4)$$

또한 건연소 가스 중의 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>의 농도를 각  
각 (CO<sub>2</sub>)<sub>e</sub>, (N<sub>2</sub>)<sub>e</sub>, (O<sub>2</sub>)<sub>e</sub>라 하면 아래와 같이 표시  
할 수 있다.

$$(CO_2)_e = G(CO_2) / G'$$

$$(N_2)_e = G(N_2) / G'$$

$$(O_2)_e = 0.2095G(EA) / G'$$

만일 이론 공기량으로 완전연소가 이루어졌다고  
하면 최대 이산화탄소의 농도는 식 (5)와 같다.

$$(CO_2)_{max} = \frac{G(CO_2)}{G'} \quad (5)$$

따라서 공기비 M은 식 (6-1)과 같다.

$$M = \frac{1 - (CO_2)_e - 1.5(CO)_e}{\frac{1 - (CO_2)_{max}}{0.79} \times \frac{(CO_2)_e + (CO)_e}{(CO_2)_{max}}} \quad (6-1)$$

M의 식은 (6-2)와 같이 간단한 간이식 (M')식  
으로도 사용 할 수 있다.

$$M' = \frac{(CO_2)_{max}}{CO} \quad (6-2)$$

## 2.2 발열량과 가스의 호환성

발열량은 가스 1Nm<sup>3</sup>을 완전연소 시켰을 때 발  
생하는 열량을 말하는데 연소에 의해 발생하는 열  
량에서 수증기가 함유하고 있는 증발 잠열을 뺀 것  
을 진발열량 H<sub>n</sub> 이라 하고 수증기의 증발잠열을  
포함한 것을 총발열량 H<sub>g</sub>라고 하면 식(7-1), (7-  
2)와 같이 표시한다.

$$H_g = \frac{1}{22.4} [68300 H_2 + 68200 CO + \sum (C_x H_y) q_g] \quad (7-1)$$

$$H_n = \frac{1}{22.4} [57600 H_2 + 68200 CO + \sum (C_x H_y) q_n] \quad (7-2)$$

가스 연소기기는 연료가스의 종류에 따라 용통  
성을 가진다. 연료가스의 성분, 발열량, 비중 등이  
다르더라도 불완전한 연소인 황염(yellow  
tipping), 역화(flash Back), 부염(lifting) 등이 일  
어나지 않는 정상연소가 이루어지면 이 가스는 서  
로 호환성(interchangeability)이 있다.

가스의 호환성을 판정하는 방법은 여러가지가  
있으나 일반적으로 웨버지수(WI)와 연소속도(BV)  
를 이용하는 델버어그 차트<sup>2)</sup>가 많이 사용되는데  
웨버지수(WI)를 구하는 식은 식(8)과 같고 연소속  
도(BV)는 식(9)와 같다.

$$WI = \frac{H_g}{\sqrt{d}} \quad (8)$$

$$BV = \frac{H_2 \cdot 0.6 CO C_m H_n + 0.3 CH_4}{d} \quad (9)$$

가스의 경우 그 호환성을 나타내는 방법에는  
Table 1과 같이 연소속도가 A, B, C의 3종류와 웨

Table.1 Representation of burning velocity

DIVISION OF BURNING VELOCITY	BURNING VELOCITY BV(cm/sec)
A	13.5+0.002041WI ABOVE 40.8+0.004082WI BELOW
B	19.5+0.004859WI ABOVE 30.5+0.009379WI BELOW
C	17.1+0.007558WI ABOVE 22.6+0.014535WI BELOW

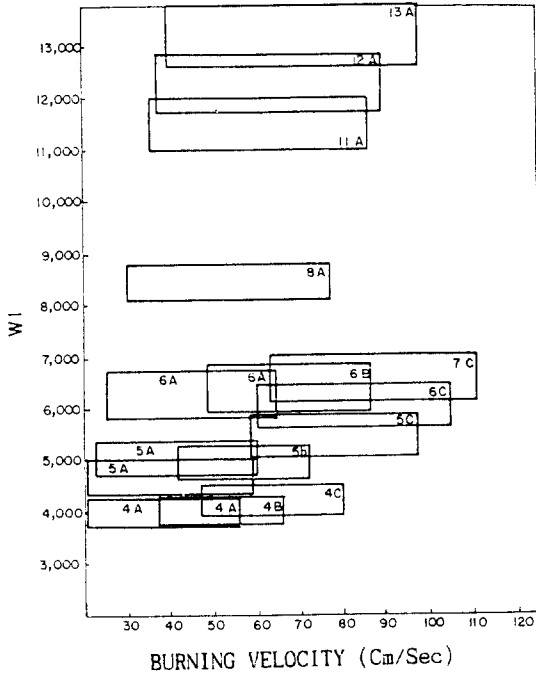


Fig. 1 Diagram for interchangeability of gas

비지수 (WI)를 가지고 나타낼 수 있으며 WI값을 1000으로 나눈 정수값을 조합하여 14종류의 가스군<sup>7)</sup>으로 분류하였으며 Fig. 1은 가스호환성의 범위를 나타낸 것이다.

또한, 웨비지수만으로 호환성을 간단히 판단하기도 하는데 웨비지수의 값이 대개 ±5% 이내에 들면 이들 가스는 호환성이 있다고 판정하기도 한다.

### 2.3 노즐

가스버너의 핵심부품인 노즐의 설계에 가장 중요한 인자는 사용가스의 상태량이다. 특히 가스의 온도와 압력은 노즐에서의 유출량 결정에 직접적인 영향을 미치는 인자이다.

노즐 유량계수<sup>8)</sup> C는 노즐형태, 가공정밀도 등에 따라 다르고 유량계수값이 0.6~0.8 사이의 것이 일반적으로 많이 사용된다.

그리고 가스온도를 t라고 하고 절대압력이 대기압에서 크게 벗어나지 않는다고 하면 저압의 경우 노즐경 Dn은 오리피스 계산식<sup>9)</sup>을 변형시킨 식 (10)을 이용한다

$$Dn = \sqrt{\frac{Q_i}{0.011C}} \sqrt{\frac{d}{P_i(1+0.00367t)}} \quad (10)$$

가스유출량 Q<sub>i</sub>는 KSG5140<sup>10)</sup>을 적용한 식 (11)을 이용했고 가스 소비량 측정장치는 Fig. 2와 같으며 식 (11)에 적용될 가스공급압력은 Table 2와 같다.

$$Q_i = Q_m \times WI \times \sqrt{d} \times \frac{273}{293} \times \frac{760 + P_s/13.6}{760} \times \frac{P_a + P_m/13.6}{P_a + P_i/13.6} \times \sqrt{\frac{293}{273} + t} \times \frac{P_a + \frac{P_i}{13.6} - \left(1 - \frac{0.622}{d}\right)S}{760 + \frac{P_s}{13.6}} \quad (11)$$

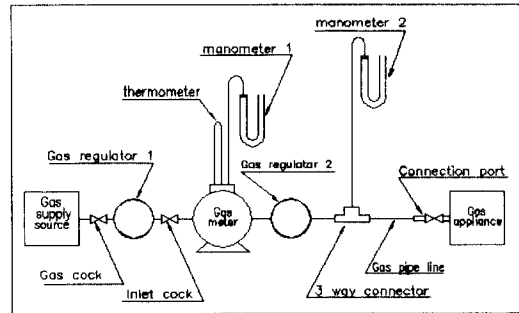


Fig. 2 Measuring apparatus of gas consuming quantity.

Table.2 Pressure of Supply Gas

GAS	CITY GAS, LNG			LPG
	DIVISION	11A, 12A, 13A	4A, 4B, 4C, 5A, 5B, 5C, 6A, 6C, 7C	
11A, 12A, 13A	4	6A		
Max PRESSURE(mmHzO)	250	200	220	330
Std PRESSURE(mmHzO)	200	100	150	280
Min PRESSURE(mmHzO)	120	50	70	200

### 2.4 에어댐퍼 및 가스 공급관

에어댐퍼는 가스버너에서 가스를 연소 시킬 때에 필요한 공기를 공급해주는 공기량 조절장치로써 이론 공기량(Ao)을 알때 오리피스 공기유량(Qa)

식<sup>11</sup> (12-2)를 사용하여 흡입공기관 내경  $D_a$ 와 흡입공기관 내부 에어댐퍼 직경  $D_d$ 를 구한다.

$$Q_a = 0.01252 \cdot m \cdot C \cdot D_a^2 \sqrt{\frac{\Delta P_o}{\gamma_a}} \quad (12-1)$$

여기서  $m = \left(\frac{D_d}{D_a}\right)^2$  이다. 고쳐쓰면,

$$D_a = \sqrt{\frac{Q_a}{0.01252 \cdot m \cdot C \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_o}{\gamma_a}}}} \quad (12-2)$$

또한 조임비  $m$ 과 유량계수  $C$ 와의 관계는 Fig. 3과 같으며 Fig. 3에서  $C$ 값을 찾아 식(12-2)에 대입하여 공기흡입관 내경  $D_a$ 와 흡입공기관 내부 댐퍼 직경  $D_d$ 를 구하였다.

그리고 가스버너의 노즐에 연결된 가스공급은 가능한 한 급힘 부분이 없어야 유량손실을 줄일 수 있는데 가스 밸브에서 노즐까지의 가스공급관 길이(L) 및 직경(Dp)는 식 (13-2)과 같은 저압가스의 가스공급관 크기 결정식<sup>3)</sup>에 의한다.

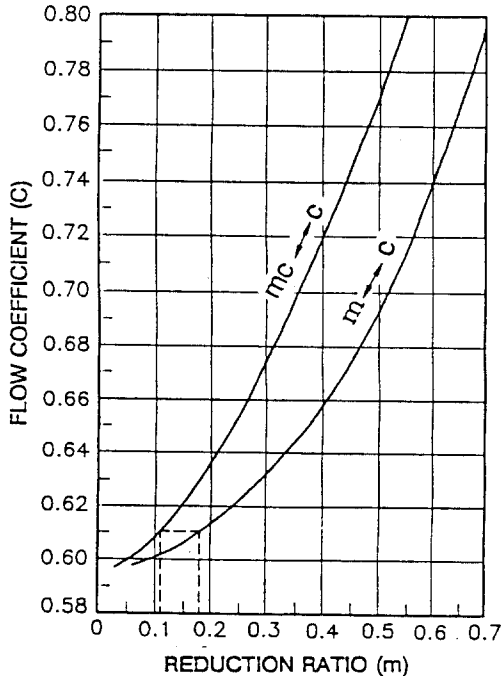


Fig. 3 Variation of flow coefficient for reduction ratio

$$Q_i = C \sqrt{\frac{\Delta P_p D_p^5}{d \cdot L}} \quad (13-1)$$

바꾸어 쓰면

$$D_p^5 = \left(\frac{Q_i}{C}\right)^2 \cdot \left(\frac{dL}{\Delta P_p}\right) \quad (13-2)$$

### 2.5 가스밸브

가스밸브는 가스의 공급 및 차단, 가스 유량의 조절, 점화시의 불안정 연소방지, 조용하고 유연한 착화를 위한 초기유량 조절기능 등을 가져야 하는 가장 중요한 부품의 하나이다. 따라서 충분한 신뢰성이 확보되어야 하고 안정성이 있어야 하며 가스 온풍기 용량 및 기능에 적합하도록 충분히 검토되어야 한다.

## 3. 설계 및 시제품 제작

### 3.1 시스템 구성 및 설계

가스온풍기의 구성 시스템은 Fig. 4와 같다. 외부에서 가스관을 통해 공급된 가스를 가스밸브에서 적정 가스량이 가스버너에 공급되며 한편, 연관(Smoke pipe) 바깥면에서 팬으로 강제 흡입한 공기와 혼합시켜 전기적으로 점화시키면 화염이 발

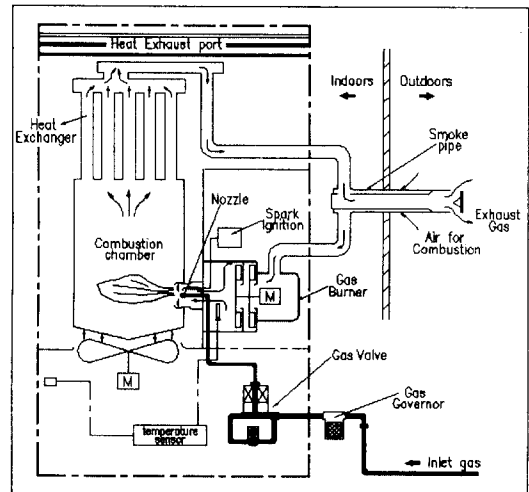


Fig. 4 Schematic diagram of gas furnace system

생된다.

화염이 열교환기 내부를 가열하면 열교환기 외부의 주위공기는 가열되고 가열된 공기는 연소실 하부에 장착된 송풍팬에 의해 최상부의 온풍배출구(Hot gas exhaust port)를 통해 실내로 공급되어 난방을 한다.

그리고 연소된 폐가스는 연관을 통해 연소용 공기를 예열시키고 밖으로 배출되는 강제급배기식 시스템으로 구성 하였다.

### 3.2 회로 시스템 설계

시스템을 작동시키기 위한 전기적인 조작은 Fig.5와 같이 구성되어 있는데 ON 스위치에 의해 마이크로 컴퓨터에 전원이 공급되면 마이크로 컴퓨터는 이미 프로그래밍된 순서(시퀀스 컨트롤)에 의해 가스버너의 모타를 구동시켜 잔류가스를 대기로 사전 배출(Pre purge)을 시키고 가스밸브를 열어 가스버너에 가스를 공급 하면, 점화트랜스에서 전기 스파크를 발생시켜 점화시키는 기능등을 수행하고, 아울러, 점화실패, 안전장치 작동유무, 고장진단 등을 스스로 하여 이상유무를 알려주는 시스템으로 구성되어 있다.

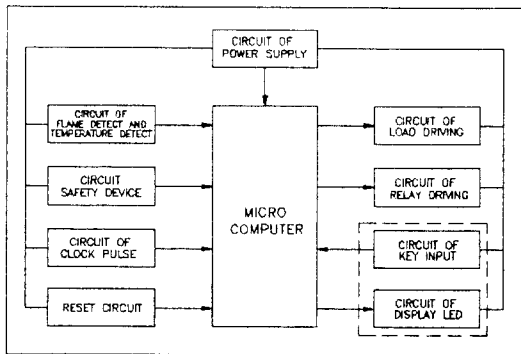


Fig. 5 Block diagram of circuit system

### 3.3 이론공기량 및 생성가스량

실험에 사용된 도시가스(13A)의 조성 및 물성치는 Table 3과 같으며 이론 공기량은 식(1)에 의해 14.37(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이다.

연소 후의 총 생성물질은 연소화학방정식을 이용하면 16(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이다. 또한 이론 공기량으로

Table.3 Composition and physical property of city gas

COMPOSITION	
PROPANE(C3H8)	60.59%
BUTANE(C4H10)	1.00%
OXYGEN(O2)	7.68%
NITROGEN(N2)	30.73%
	100%

PHYSICAL PROPERTY	
HIGHER CALORIFIC VALUE	15000(Kcal/Nm <sup>3</sup> )
LOWER CALORIFIC VALUE	13999(Kcal/Nm <sup>3</sup> )
SPECIFIC GRAVITY	1.344(air=1)
WEBER INDEX	12936
BURNING VELOCITY	45.1(Cm/sec)

완전연소가 이루어 졌다고 가정할때의 최대 이산화탄소 농도(CO<sub>2</sub>)<sub>max</sub>는 식(5)를 이용하면 0.137(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)이다.

천연가스(LNG)의 경우도 위의 도시가스와 같이 계산하면 이론산소량이 2.30, 이론공기량(Ao)는 10.967(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이다. 연소 후의 생성가스량은 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>가 각각 1.20, 2.20, 8.66으로 총합은 12.06(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>) 이고 최대 이산화 탄소 농도(CO<sub>2</sub>)<sub>max</sub>는 0.122(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이다.

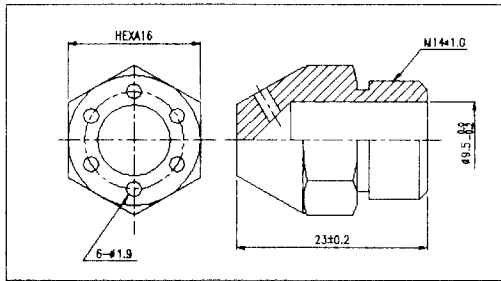
LPG의 경우 역시 위의 도시가스와 같이 계산하면 이론산소량이 5.02, 이론공기량(Ao)이 23.907(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이고, 연소후의 생성가스량은 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>가 각각 3.01, 4.01, 18.93으로 총합은 25.91(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이다. 이때, 최대이산화탄소 농도(CO<sub>2</sub>)<sub>max</sub>는 0.1376(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이다.

### 3.4 노즐 설계

도시가스용의 노즐경 Dn을 구하기 위해 설계한 노즐의 유량계수를 0.6으로 하여 노즐경 Dn을 구하면 식(10)에 의해 Dn=φ4.58 이고, Dn의 단면적은 16.53(mm<sup>2</sup>)이다. 단공노즐 보다는 다공노즐이 저압에서는 점화가 용이하고, 안정된 연소를 이루므로 다공노즐로 하여 노즐경의 수를 6개로 결정하였다. 따라서 1개에 대한 노즐경 Dn=φ1.87≒φ1.9가 된다. 즉 6-φ1.9로 노즐을 설계 하였다.

**Table 4. Experimental results of gas flow rate and flame extinction for nozzle diameter**

NOZZLE	DIVISION	OUTLET PRESSURE OF GAS VALVE (mmH <sub>2</sub> O)	GAS FLOW RATE (m <sup>3</sup> /h)	EXTINCTION PRESSURE (mmH <sub>2</sub> O)		NOTE
				INLET PRESSURE	OUTLET PRESSURE	
φ1.6 × 6 HOLE		100	0.996	66	60	
φ1.7 × 6 HOLE		85	1.038	55	49	GAS TEMP : 15℃
φ1.8 × 6 HOLE		85	1.068	51	46	GAS PRES : 756mmHg
φ1.9 × 6 HOLE		72	1.072	45	40	GAS PIPE : 1/2 inch
φ2.0 × 6 HOLE		68	1.082	40	37	



**Fig. 6 Designed nozzle**

Fig. 6은 설계한 노즐의 형상을 나타낸 것이다.

위와 같은 결과로 나온 노즐경을 표준값으로 하여 Table 4와 같이 상, 하로 몇개의 노즐을 제작하여 가스 유량, 소화점, 가스밸브 2차압, 화염상태 등을 실험 조사하였으며 Table 4는 이론식을 근거로 설계한 노즐의 실험 결과이다.

Table 4에서 φ1.6 × 6공은 상당히 높은 2차 압력에서도 가스 소비량을 만족치 못하고 있고, φ2.0 × 6공 노즐은 다량의 황염 발생으로 CO를 대량 배출하는 불안전 연소 상태를 나타내었다.

따라서 φ1.9 × 6공 노즐이 가스밸브 2차압이 낮은 상태에서도 가스소비량과 연소상태가 가장 양호하였다.

LNG 가스의 경우 노즐은 WI가 13A 그룹에 속하므로 13A 그룹의 도시가스용 노즐과 같이 사용하여도 가능하다. 그러나, 화염의 밝기가 13A 도시가스보다 어둡기 때문에 전기적으로 화염의 유,무를 검지하는 Cds센서에 영향을 주므로 전자회로적으로 이를 보완하였다.

LPG 가스의 경우도 위와같은 방법으로 하여 φ1.6 × 6공 노즐로 결정하였다.

### 3.5 가스호환성

도시가스, LNG, LPG의 가스 호환성을 검토해보면 도시가스의 경우 WI는 12936, LNG는 13511, LPG는 19229(Kcal/h)로써 13A 도시가스와 LNG는 13A 가스 그룹<sup>7)</sup>에 속하므로 서로 호환성이 있고 동일한 연소기에서는 별도의 조작 없이 같이 사용하여도 큰 무리는 없다. 그러나 LPG의 경우는 13A 도시가스와 같은 가스그룹이 아니므로 가스온풍기의 공급가스가 LPG로 바뀔때는 노즐교체, 가스압력조정 등 보완작업을 한 후 사용하여야 한다. 그렇지 않으면 점화불량, 불완전연소 등이 발생한다. 수정보완결과를 Table 5에 나타내었다.

**Table 5. Nozzle diameter and pressure**

		TYPE OF GAS	
		13A, LNG	LPG
NOZZLE	NOZZLEφ	6 φ1.9	6 φ1.5
	QUANTITY	1 EA	1 EA
PRESSURE OF GAS VALVE (mmH <sub>2</sub> O)	INLET PRES	200	280
	OUTLET PRES	74	77

### 3.6 에어댐퍼 설계

도시가스 연소시 이론 공기량이 14.37(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)이었고 블러스트식 버너에서 공기비 M<sup>6)</sup>은 1.1 - 1.2를 사용하므로 실제 필요한 공기량은 15.8 - 17.2(Nm<sup>3</sup>/Nm<sup>3</sup>)된다. 흡입공기관 내경 D<sub>α</sub>를 결정하기 위해 식(12 - 2)를 사용하였다. 이때 ΔPo = 30(mmH<sub>2</sub>O)로 가정하고, Q<sub>α</sub> = 17.2(Nm<sup>3</sup>), D<sub>α</sub> = φ50 및 γ<sub>α</sub> = 1.29(kg/m<sup>3</sup>)로 하여 식(12 - 2)에

대입하면  $mC=0.11$ 이 된다.  $mC=0.11$ 일때 Fig. 3을 이용하면  $m=(Dd/D_a)^2=0.18$  이고  $D_a=\phi 50$  이므로  $Dd=21.2\approx\phi 21$ 로 된다. 단, 여기서 연소실 압력 및 통풍력이 감안되어야 한다.

LNG의 경우 에어 덤퍼는 WI가 도시가스와 같으므로 이론공기량( $A_o$ )도 거의 비슷하다. 따라서 공용으로 사용하여도 무방하다

LPG의 경우 이론공기량은  $23.907(Nm^3/Nm^3)$ , 표준상태에서 필요가스량은 대략  $0.63Nm^3$  공기비를 1.1 - 1.2로 할 때 소요공기량은 16.8 - 18.1 ( $Nm^3$ )이다. 식 (12 - 2)에  $Q_a=18.1$ 을 적용하면  $mC=0.12$ 가 되고 Fig.3에서  $mC=0.12$ 일때  $m\approx 0.195$ ,  $Dd=\phi 22.1mm$ 가 된다. 또한  $Q_a=16.6$ 으로 적용하면  $Dn=\phi 21.2$ 가 된다. 따라서 LPG 역시 도시가스와 같이  $Dn=\phi 21$ 로 결정하여도 큰 무리는 없어 같은 직경으로 설계하였다.

### 3.6 가스공급관 설계

가스버너에 사용되는 가스 공급관의 내경  $D_p$ 는 식(13 - 2)를 이용하면  $D_p=\phi 9.23$ 이다. 가스공급관의 크기는 내장된 FAN의 회전에 지장이 없는한 최대한 큰 것이 좋으므로 시판중인 1/2 인치 동관(내경 10)으로 설계하였다.

### 3.7 가스밸브 설계

가스 밸브는 여러가지를 검토한 결과 SIT -

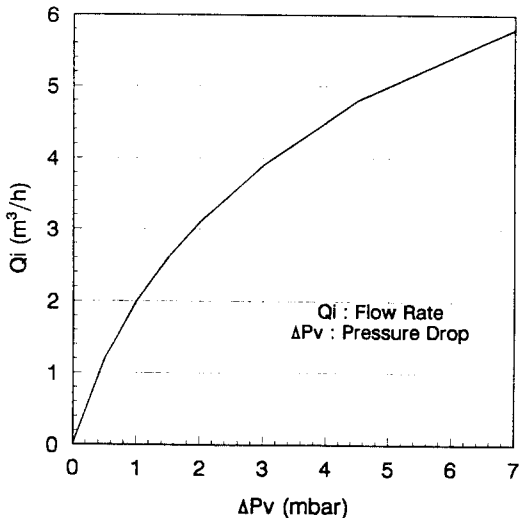


Fig. 7 Variation of flow rate for pressure drop

830TANDEM모델을 선정하였는데 인가 전압은

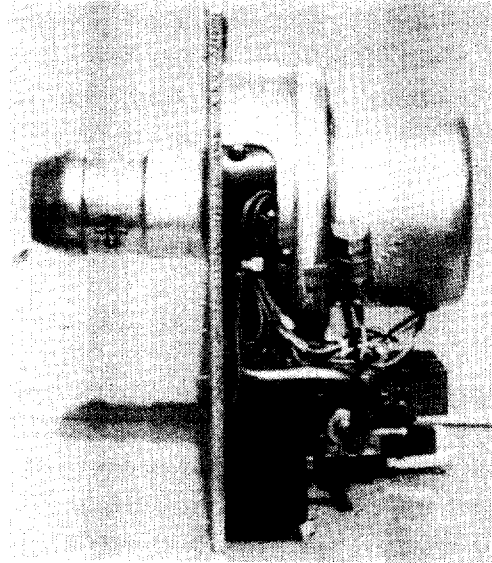


Photo 1 Developed gas burner

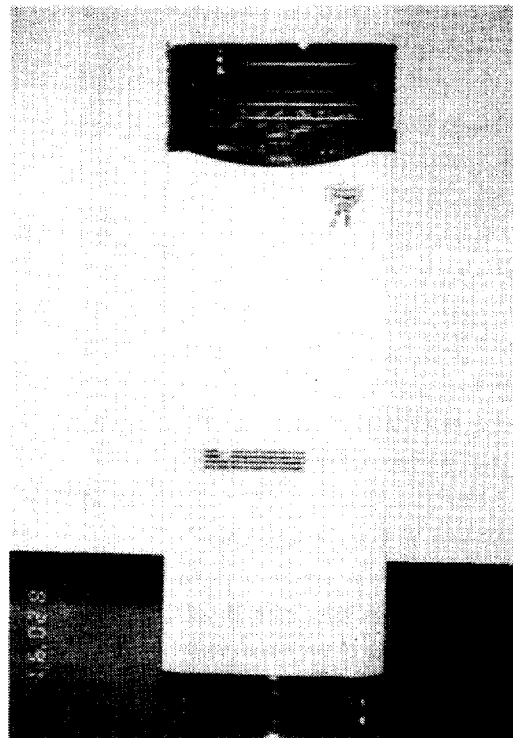


Photo 2 Designed gas furnace



24V 60Hz, 0.9A, 최대유량은 4.8m<sup>3</sup>/h, 최소유량은 0.4(m<sup>3</sup>/h), Pv는 5(mbar)로써 목표로 하는 15000(Kcal/h)급 강제급배기식 가스 온풍기에 가장 적합할 것으로 판단되어 이 모델을 채택하였다. 가스밸브의 가장 중요한 기능중의 하나는 압력강하에 대한 가스유량 특성인데 사용된 가스밸브의 압력강하에 대한 가스유량특성은 Fig. 7과 같다.

위와 같은 설계 결과를 바탕으로 Photo. 1 과 같은 선혼합식 블러스트 버너를 제작하였고 Photo. 2 와 같은 가스온풍기 시제품을 제작 하였다.

#### 4. 성능시험결과 및 고찰

제작된 버너를 가스 시제품에 장착하여 연소특성시험, 가스 소비량시험, 소음시험, 전기점화성능시험, 온도상승시험, 온풍토출구 온도편차시험 연장관시험 등을 KSG5201, KSG5140와 금성사 품질관리기준서에 준해서 시험한 결과 규격에 만족하는 결과를 얻었고, 한국가스안전공사의 형식승인도 취득하였다. 버너에 의해 결정적으로 좌우되는 연소성능시험에서 저위발열량기준 93%의 높은 열효율을 나타내었다.

또, 실제 사용장소에서 여러 가스기기를 동시에 사용시 문제되는 화염의 안정도 역시 양호한 상태를 나타내었다.

다시말하면 도시가스의 표준공급

압력은 200  $\frac{1}{100}$ (mmH<sub>2</sub>O)이나 여러가구가 동시에 사용할 경우에는 가스압력이 떨어져 소화되거나 불완전연소가 되는 경우가 많다. 그러나 설계한 가스온풍기는 노즐의 형상을 Fig. 6과 같이 방사형 다공노즐로 설계하여 도시가스 표준공급압력보다 훨씬 낮은 45(mmH<sub>2</sub>O)에서 소화되므로 만성적인 문제점을 해결 할 수 있었다.

그리고 유해 가스인 CO의 발생량이 14 PPM 밖에 되지 않았고 CO<sub>2</sub>가 8.9(%)이었다. KS규정치는 CO/CO<sub>2</sub> 비를 0.02 이하로 규제하고 있으나 설계한 가스온풍기는 CO/CO<sub>2</sub> 비가 0.00016으로 매우 양호한 연소상태를 나타내었다.

시간에 따른 주요부위 온도변화시험 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 연소실 및 열교환기의 국부 가열은 수명과 열효율에 나쁜영향을 미치기 때문

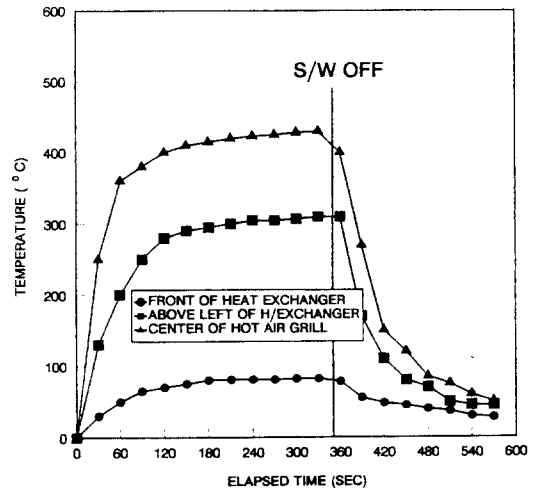


Fig. 8 Variation of temperature for combustion time

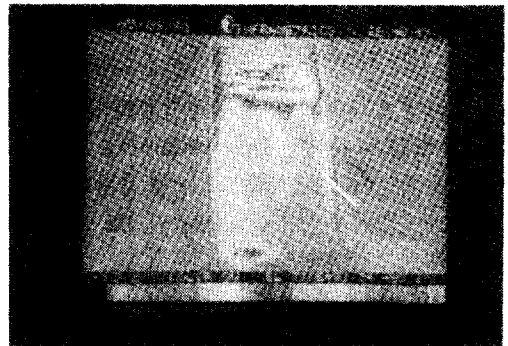


Photo 3 Temperature distribution photo by thermo vision

에 주요부위인 열교환기 정면, 열교환기 상부좌측의 고온부분, 온풍토출구 중앙부등의 온도를 시간에 따라 측정된 결과 전반적으로 온도 편차는 심하지 않았다.

Photo. 3은 가스 온풍기 전면의 온도 분포를 알아보기 위해 정상운전상태에서 Thermo Vision (Inframetrics Model 600)으로 촬영한 것으로 온풍토출구에서 고온부분이 전체적으로 우측하단부위에 치우쳐 있음을 알 수 있는데 이는 향후 개선해야 할 것 중의 하나이다.

## 5. 결 론

기존의 15000(Kcal/h)급 강제급배기식 석유온풍기의 구조를 최대한으로 유지하면서 연료를 도시가스, LNG, LPG로 대체하기 위하여 버너를 설계, 제작하였고 관련 전기적인 회로장치를 수정하고 보완하여 가스온풍기 시제품을 제작하였으며 여러가지 규격실험<sup>10)</sup>을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 석유용 온풍기를 간단한 몇가지 부품 교체만으로 가스용 온풍기로 변경 할 수 있다.

2. 설계한 가스온풍기 및 가스버너는 방사형 다공노즐로 설계했기 때문에 여러가지 가스기기를 동시에 사용 할 때 가스 공급압이 낮아지더라도 45mmH<sub>2</sub>O까지는 소화 되지 않아 안정적인 문제점을 해결 할 수 있었다.

3. 노즐의 설계에서 유량계산을 통하여 산출된 6종의 노즐 직경중 최적치는 사용가스압력 및 이에 따른 가스유량측정, 화염상태 및 소화점을 기준으로 결정하였는데  $\phi 1.9 \times 6$  공의 노즐이 적정압력에서 기준발열량 및 필요성능을 만족하였다.

4. 선혼합식 블러스트 버너 Type을 채용하므로써 건타입 석유버너의 선회 시스템 등 대부분의 구조를 그대로 이용할수 있었으며 CO 배출이 14 PPM 밖에 되지 않은 아주 양호한 연소 상태를 유지 하였다.

5. 가스의 호환성 실험 결과 도시가스 13A 를 기준으로 설계된 노즐은 LNG 가스를 사용할 경우는 그대로 사용 하고 LPG 를 사용할 경우  $\phi 1.5 \times 6$ 공

의 노즐로 교체하면서 2차압(Outlet pressure)을 조정하여 사용 할 수 있도록 설계하였다.

## 후 기

본 연구는 경남대학교, 한국기계연구원, (주)금성사가 산학연 협동연구로 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- 1) 山本 哲 外, 實用 가스 燃焼, 省エネルギー - センター -, 1980
- 2) 十 正一, 燃焼機器工学 日刊工業新聞社, 1982
- 3) 劉錫琦, LPG 및 都市가스 실무 핸드백, 究冕社 -, 1986
- 4) Richard E. Sonntag 外, Fundamentals of Classical Thermodynamics, John Wiley and Sons, INC, 1976
- 5) 燃焼の設計 - 理論と實際 日本機械學會 編, 1990
- 6) 김석준 외, 산업용 가스버너 및 오일 버너의 개발, 한국기계연구소 보고서, 1987
- 7) 윤창현, 김석준 외, 소형가스보일러의 개발, 과학기술처 보고서, 1987
- 8) 윤창현, 김석준 외, 가스보일러용 안전장치의 개발, 과학기술처 보고서, 1987
- 9) 금성서비스 기술교본 - 석유온풍기 -, 금성사, 1990
- 10) KS