

도시가스용 퍼지 버너 개발에 관한 연구(II)

이현찬*, 유현석*, 이종성*

A study on the Development of Purge Burner for City Gas

Hyun Chan Lee, Hyun Seok You, Joong Seong Lee

Key words : Purge burner(퍼지 버너), Line-packed-gas(잔존가스), High-flow-rate(고부하), Gas pipe working(배관작업), Purging capacity(퍼지용량), Screen(정류망), Outlet inserted tube(출구 삽입관), Multi-nozzle(다공노즐), FFT Analyzer(주파수분석), SPL(Sound Pressure Level, 음압레벨)

Abstract

A combustion project was completed regarding the development of a high-flow-rate purge burner in cooperation with three city gas companies(Pusan, Taegu, Samchulli).

The project, started in May 1997, aimed at purging the line-packed-gas safely and quickly before getting into gas pipe working or relocation.

According to the results, the purging noise is less than 80dB due to silencer, screen, multi-nozzle and outlet inserted tube employed. In addition, the developed burner shows an increased work efficiency of 40-50% more as compared to the performance of conventional purge equipments.

The project result is regarded as the first high-flow-rate purge burner developed within Korea, contributing to shortening purge hours, safe field work and easiness of purge site selection.

1. 서론

연소기 소음저감의 기본 목적은 연소기로부터 배출되는 소음 감소를 통하여 작업자의 작업능률 향상 및 그 주위 환경으로 소음에 의한 불쾌감 등을 감소시키는데 있다. 연소기 소음은 크게 나누어 송풍기, 연료분출, 연소실내부 및 연소소음이나 배기음이 있다.

분사형 버너에서 혼합기 형성에 필요한 공기는 연료노즐로부터 벤츄리 목(throat)으로 가스를 분출시켜 부압에 의해 유인되므로, 별도의 강제 송풍기가 필요없다.

이러한 타입의 소음은 주로 중, 저압에서 연료노즐로부터 분출되는 분출소음, 혼합기가 분사형 버너의 혼합실을 통과하면서 생기는 소음과 연소소음으로 구분할 수 있다. 따라서 각각의 소음을

저감하기 위해 개개의 물리량에 대한 고찰과 상관관계를 실험을 통하여 검토하였다

2. 실험장치 및 방법

소음측정은 Fig.1과 같은 전보⁽⁴⁾에서 소개한 분사형 버너의 소음저감을 위하여 Fig.2와 같은 방법으로 버너후방 1.5m, 높이 1.0m에서 소음계와 FFT를 통해 SPL 측정과 주파수 분석을 하였다.

실험은 노즐 특성, 즉 단공 노즐과 다공 노즐, 분사기의 단면 수축비율, 다공판으로 만든 송풍기, 혼합기 분출 흐름을 정류하는 스크린 및 출구삽입관 등을 이용하여 소음량의 변화를 측정하여 그 효과들을 검토하였다. 이러한 소음저감 장치들을 Fig.3에 나타낸다. 노즐로부터 분출되는 가스의 급격한 압력변화를 감소시키는 축소부, 특정 소음 주파수 대역을 저감시키는 출구삽입

* 한국가스공사 연구개발원

관, 광대역 소음 저감에 적합한 소음기와 균일한 흐름을 만드는 스크린 (mesh #60)등을 이용하여 실험하였다.

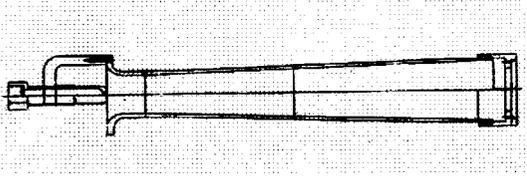


Fig.1 Injection prototype burner

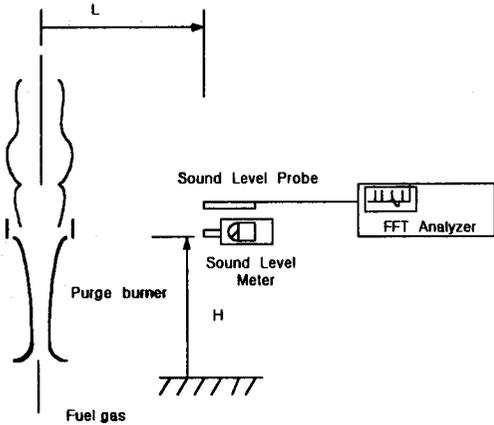


Fig.2 Analysis and measurement of sound pressure level

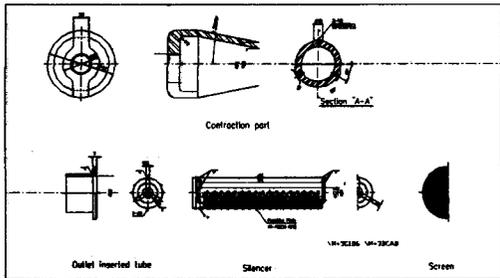


Fig.3 Components used to reduce the spouting noise

3. 실험결과 및 고찰

3.1 노즐 소음특성

우선 대기 중으로 가스노즐만을 분출 실험하여 소음 분석한 것이 Fig.4(a)이다. 가스분출 소음의 주파수는 광대역(broad band) 특성을 나타

났다. Fig.4(b)는 분사형 버너 내로 가스를 분출하였을 때 주파수 특성을 나타낸 것으로 소음은 2.0 k이하 대역 주파수에 의해 주로 영향을 받고 있음을 알 수 있어, 분사형 버너에 장착한

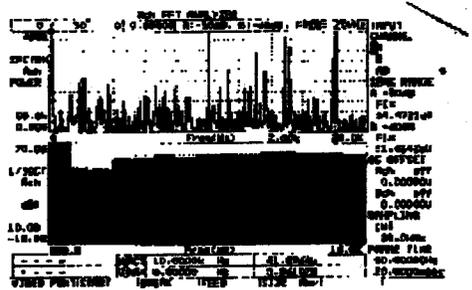


Fig.4(a) Noise characteristics of gas injecting nozzle

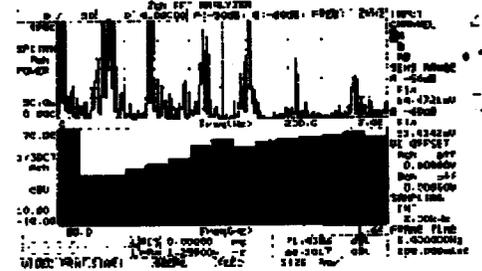


Fig.4(b) Noise characteristics of prototype purge burner

소음장치들의 소음특성은 2.0 k이하 대역의 주파수특성들을 비교 검토하였다.

예비실험을 통해서 보면 가스노즐 분출소음은 같은 분출량에 대해 단공노즐보다 다공노즐 형상에서 소음이 낮으며, 단공노즐($d=7\text{mm} \times 1\text{ea}$)에서는 분출소음이 80dB 이나 다공노즐($d=1\text{mm} \times 32\text{ea}$, 분출압: 2.0kg/cm^2)에서는 65dB로 15dB 떨어졌다.

버너의 소음 원으로 노즐로부터 연료가스 분출에 의한 혼합관에서 일어나는 소음과 혼합기의 대기 방출과정에서 나타나는 소음이며, 분출압력이 2.0kg/cm^2 일 때는 화염은 길이가 1.5m내외의 청염으로 연소특성은 양호하나, 소음은 90dB 가 넘어 사용이 곤란하여 이후 실험은 다공노즐을 이용하여 실험하였다.

3.2 비연소시 버너 소음 특성

실험은 저 소음용 다공 노즐을 사용하여 분사형

버너에 소음 저감장치들을 차례로 장착하여 실험을 하였다.

1) 축소부의 영향

Fig.5(a)는 중심 축에 대한 축소부(분사부)의

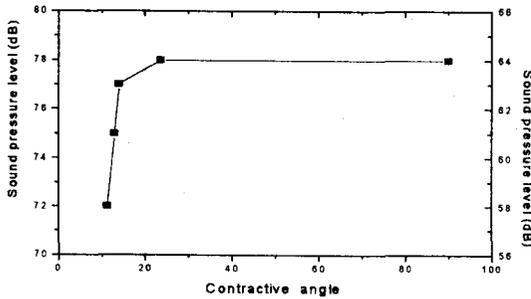


Fig.5(a) Gas injector noise according to variation of contractive angle

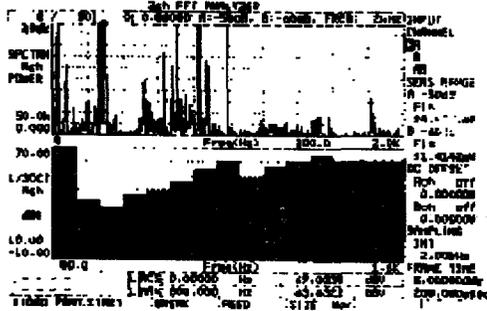


Fig.5(b) Noise characteristics of attached contractor

각의 변화에 따른 소음을 나타낸 것이다. 축소부 각이 목(throat)부분만 있는 경우($\alpha=90^\circ$)나 $90^\circ \sim 24^\circ$ 내에서는 소음저감에 거의 영향이 없다. 즉 소음은 주로 급격한 압력변화가 있는 곳에서 생기며, 노즐로부터 분출되는 분류를 축소부 없이 바로 급팽창시키면 분출 소음이 크다. 수축각을 작게 하여 14° 정도에서는 소음이 점점 감소되었으며, 11.3° 에서 소음은 72dB까지 감소되었다. 수축각이 10° 이하의 소음 감소량은 11.3° 와는 큰 차이가 없고 오히려 유인공기의 제한으로 1차 연소용 공기가 적어 화염길이가 3m 내외의 황염으로 연소특성이 나쁘다. 이후 실험은 수축각이 11.3° 인 수축부를 장착한 상태에서 실험을 하였다.

2) 삽입관의 영향

실험에서 출구 쪽의 삽입관 길이 만을 변화시켰을 때, 손실은 l_0 가 짧아수록 삽입관 손실이 크므로 내부 소음기 길이를 고려해 가능한 짧은 길이의 삽입관을 장착하였다.

Fig.6(a)는 출구 노즐직경에 대한 삽입관 길이의 비에 따른 소음계를 통해 나타난 소음량이다. $l_0/D_0=1$ 인 삽입관을 사용한 경우가 삽입관이 없는 경우 보다 소음은 약 1.8 dB 정도 낮았고, $l_0/D_0=1$ 보다 작거나 큰 삽입관은 삽입관을 사용하지 않는 경우와 차이가 없다.

Fig.5(b)는 $l_0/D_0=1$ 인 경우 소음신호를 주파수 분석한 그림으로 $l_0/D_0=0.0$, 즉 삽입관이 없는 경우, 나타나는 280~300Hz 대역의 주파수 소음을 $l_0/D_0=1.0$ 의 삽입관 공명기 설치로 감소한다는 것을 알 수 있으며, 이는 일정밴드 주파수대역의 감쇠 효과가 있음을 알 수 있다.

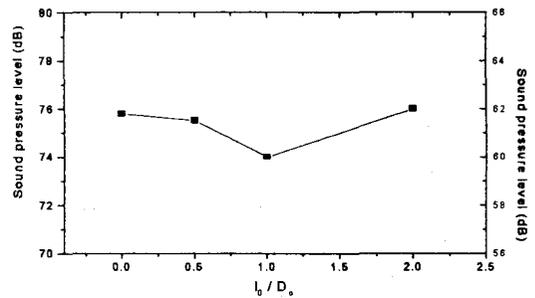


Fig.6(a) SPL according to l_0/D_0 variation

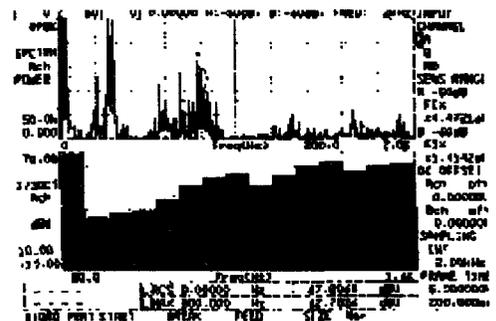


Fig.6(b) Noise characteristics of outlet inserted tube attached

3) 정류망(Screen) 영향

정류망(mesh, #60)을 혼합기의 노즐 출구부에 장착하여 흐름을 정류했을 때 소음을 측정할 것

이 Fig.7(a)이다. 그림에서 보면 정류망 사용 전 후의 소음치는 변동이 없다. 정류망은 흐름을 균일(uniform)하게 제어하는 역할을 하지만 흐름 저항이 증가하여 정류망 사이로 흐르는 혼합기의

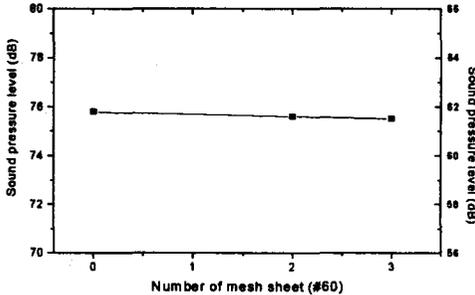


Fig.7(a) SPL according to numbers of mesh sheet

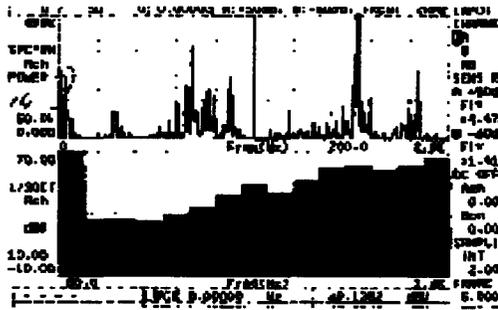


Fig.7(b) Noise characteristics of screen attached

마찰저항으로 소음감소 효과는 거의 없다.

정류망을 2매 사용했을 때 소음주파수 분석결과가 Fig.7(b)이며, 정류망을 사용하지 않는 경우의 280~300Hz대역의 저주파수 소음은 감소되고 1.6kHz대역의 고주파 소음이 나타났다.

가스의 노즐분사에 의해 주위공기의 유입으로 형성된 혼합가스의 분류가 확대된 혼합관을 지나면서 성장한 large scale eddy들이 정류망을 통과하면서 small scale eddy로 변화하기 때문에

이러한 고주파 소음특성을 나타낸다고 생각된다.

3.3 연소시 버너 소음 특성

연소소음은 연소음(Combustion Roar)과 연소진동음(Combustion Oscillation)으로 대별된다. 연소음은 난류연소에 있어서 국소적인 연소량이 급격하고도 랜덤하게 변동하여 압력변동이

생기기 때문에 발생한다. 이 연소음의 특징은 음압이 넓은 주파수대에 걸쳐 비교적 일정하게 분포하고 있다.

Fig.8은 연소상태에서 각 경우에 대한 소음주파수 특성을 나타낸 그림이다. 기준버너의 연소소음은 38~85Hz 주파수 대역에서 나타났으며, 특히 40Hz에서 가장 크게 나타났다. 소음억제 장치를 장착할 경우 소음주파수는 10Hz정도 낮은 쪽으로 이동하여 나타났다.

축소부를 장착했을 경우 소음은 30~60Hz 주파수 대역으로 기준버너 보다 주파수 밴드 폭이 15Hz 정도 좁게 나타났으며, 소음은 1.0dB 정도 낮았다. 소음기나 정류망을 장착할 경우는 30Hz 대역 이상의 주파수는 감소되어 나타나지 않았다.

Fig.9는 기준버너에서의 비연소 상태에서 최적화된 각각의 소음장치를 사용했을 때 소음과 연소상태에서 소음을 측정할 소음량을 나타낸 것이다. 연소소음 억제 효과는 혼합기의 분출흐름을 균일하게 하는 것과 밀접한 관계가 있다. 연소소음 억제 효과는 정류망(2매) 사용으로 10dB정도 낮아지나, 혼합관 내부의 배압의 증대로 화염이 황염화되고, 화염길이가 길어져 연소상태가 악화되었다. 소음기를 사용하면 기준버너

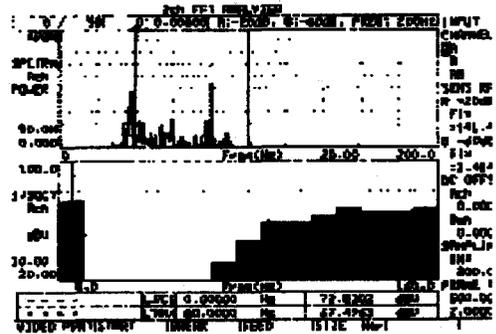


Fig.8(a) Noise characteristics of attached contractor (combustion)

보다 5dB 정도 떨어지며, 화염은 청염으로 화염길이가 짧아 양호한 연소상태를 나타냈다.

이와 같은 실험을 통하여 연소 및 소음 특성실험을 통하여 가스노즐은 $d_n = 2\text{mm} \times 8\text{hole}$ 인 멀티노즐, 축소부의 수축각은 11.3° , 삽입관은 $l_0/D_0 = 1$ 조건, 소음기 및 정류망 사용 등의 설계인자를 도출하여 설계에 반영한 퍼지버너의 도면이 Fig.10과 같다.

이러한 버너를 복수개(2, 4, 6개)로 조립하여 각 도시가스에서 현재 사용되고 있다



Fig.8(b) Noise characteristics of silencer attached (combustion)

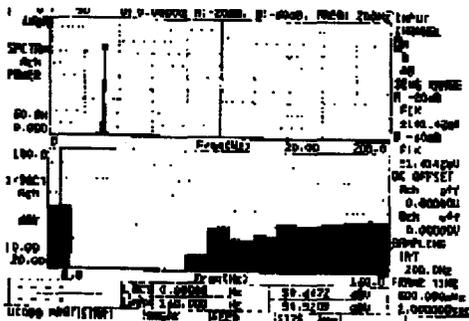


Fig.8(c) Noise characteristics of contractor and screen sheet attached (combustion)

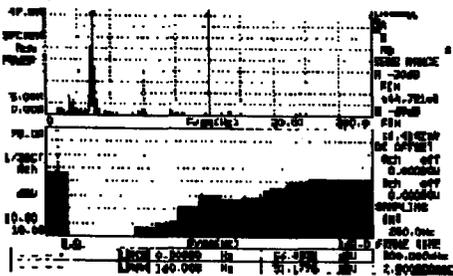


Fig.8(d) Noise characteristics of contractor, silencer and screen sheet attached (combustion)

4. 결론

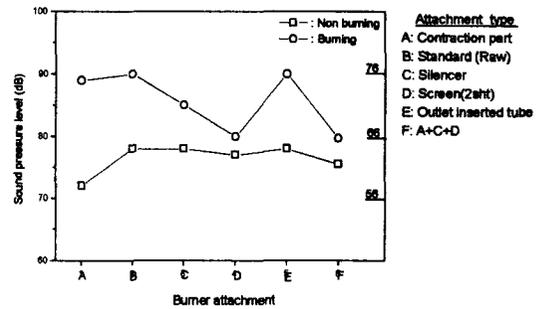


Fig.9 Comparison of SPL according to attaching components used to reduce noise in combustion and cold flow

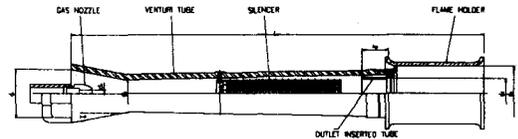


Fig.10 Schematic diagram of the developed purge burner(1 unit)

1차 시제품개발 내용⁽⁴⁾에서 소음을 제외하고는 도시 가스 퍼지 용도로 적합하다는 평가를 받았다. 따라서 본 고에서의 소음 저감에 관한 연구를 통해 현장에서 사용상 소음문제로 작업에 어려움이 없도록 하는데 중점을 두어 실험을 하였다. 분사버너의 소음 특성이 광대역 소음특성을 나타내어 소음기, 정류망, 다공노즐 등을 사용하여 각 요소에 대한 변수 및 장착유무에 따른 효과를 분석하여 소음을 1차 시제품 보다 10dB 이상 감소시켰다.

참고문헌

- (1) 신일본 주단조 협회, 연료가스의 합리적 연소법과 신형 가스버너, 1980
- (2) Lewis von Elbo, Combustion, Flames and Explosions of Gases, 1987, pp. 511~524
- (3) 仲町一郎의, 가스연소의 이론과 실제, 省 에너지 센터, 1992
- (4) 이중성의, "도시가스용 퍼지버너 개발에 관한 연구(I)", '99.추계학술대회논문집, pp.139-144