

2C2) NOx 저감을 위한 음파가진 오일 버너 개발

Development of Acoustic Oscillated Light Oil Burner for NOx Reduction

전영남 · 김연수¹⁾ · 심재성¹⁾ · 전영길¹⁾ · 송형운 · 김성천
 조선대학교 환경공학과, ¹⁾정우환경기술(주)

1. 서 론

연소 개선 방법에 의한 질소산화물 제어 기술들 중 저 NOx 버너 기술은 가장 널리 사용되는 NOx 제어 기술 중의 하나이다. 하지만 NOx 저감 효율이 증가함에 따라 미연탄화수소와 CO 배출량의 증가와 함께 연소효율이 저하되는 문제점을 가지고 있으므로 화염의 안정성(Douglas and Ayo, 1995)과 연소효율에 영향을 미치는 미연분 발생의 제어와 NOx를 동시에 제어 가능한 기술의 개발이 필요하다.

이에 스피커를 사용하여 음파가진을 주어 연소 불안정성을 억누르는 능동제어에 대한 많은 연구가 수행되어 오고 있다(Chun and Shin, 2004). 하지만 음파가진의 경우 가스연료 연소용 버너에서 화염의 안정에 대한 연구가 주로 진행되어 액상 연료를 사용하는 버너 등에 관한 연구는 상대적으로 미흡하다.

본 연구에서는 고효율 연소성과 NOx 저감이 가능한 음파가진 기술을 적용한 오일 저 NOx 버너를 개발하고자 한다. 이를 위해 화염의 안정성 및 연소성과 NOx 저감에 영향을 미치는 영향인자에 대한 변수별 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

2.1 실험장치

그림 1은 본 실험에서 사용한 실험장치를 나타낸 것이다. 실험 장치는 음파가진 버너, 연료공급라인, 측정 및 분석라인, 배출가스 출구(chimney)로 구성되어 있으며, 음파가진 버너는 비예혼합 버너, 연료와 연소공기 주입 및 점화기(igniter)의 점화시기를 결정하는 버너 조절기, 연소공기를 가진하기 위한 버너 하단 부에 가진 스피커(loud speaker)로 구성되어 있다. 또한 스피커의 음파손실을 최소화하기 위하여 원뿔 형태의 캡으로 버너와 연결하였으며, 음파가진은 주파수 발생기(Agilent tech-33250A)와 파워앰프(JPA-120)에 의해 공급된다.

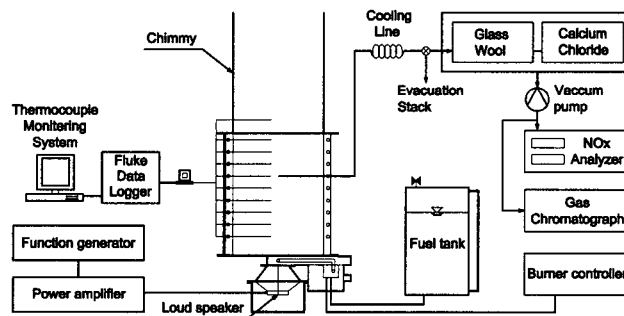


Fig. 1. Schematic diagram of test rig.

2.2 실험조건

실험은 연료량은 0.4 g/s로 고정된 상태에서 기준화염(Case R)과 가진 주파수(Case 1) 변화에 대한 변수별 연구를 수행하였으며, 각각의 경우에 대한 실험조건을 표 1과 같다.

Table 1. Experimental conditions of reference flame and parameter studies

Conditions.	Flame type	Frequency(Hz)	Voltage(V _{pp})*	Air velocity(m/s)
Reference flame	Case R	1,900	3	6.8
Variation of frequency	Case 1	100~3,000	3	6.8

*_{pp} : peak to peak

3. 결과 및 고찰

그림 2는 가진 시 질소산화물의 저감이 가장 좋은 조건을 기준화염(reference flame)으로 선택하여 실험하였으며, 가진과 비가진시의 축방향 온도, NO, CO 농도를 비교한 것이다. 버너 전단부에 온도가 비가진시와 유사하지만 화염후류부로 갈수록 무화된 연료 액적과 연소공기의 혼합강화로 전체적으로 연소성이 향상되어 온도 분포가 비가진시에 비해 높게 유지된다. NO는 화염후류부로 갈수록 가진에 의한 NO의 저감 효과가 확연하게 나타나고 있으며 CO 농도는 음과가진을 줌에 따라 혼합효과 증진으로 인해 연소성이 향상되어 전체적으로 가진시에 낮게 나타난다.

그림 3은 가진 주파수 변화에 따른 배기가스의 온도, NO, CO를 나타낸 것이다. 배기가스의 온도는 가진 시에 680°C 정도를 유지하며, NO는 주파수가 1,900 Hz 일 때 저감율이 비가진 시에 비해 41.5%로 가장 높게 나타났으며, 가진 주파수가 1,900 Hz일 때 CO는 비가진 시에 비해 64.1% 저감되었다. 이는 이미 기준화염에서 언급되었듯이 음과가진의 경우 NO의 저감과 동시에 연소성의 향상도 이를 수 있음을 보여주는 것이다.

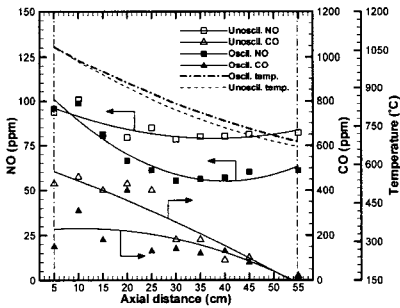


Fig. 2. Comparison of oscillation and unoscillation case in reference flame.

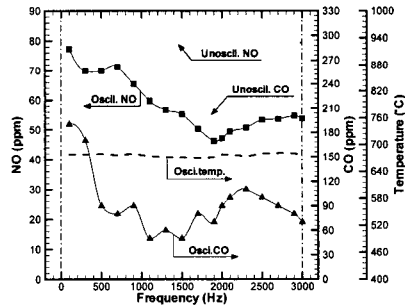


Fig. 3. Effect of the variation of frequency.

4. 결론

본 연구에서는 고효율 연소성과 NO_x 저감이 가능한 음과가진 기술을 적용한 액상 저 NO_x 버너 개발을 위해 실험적 연구를 수행한 결과 버너의 화염 내로 음과가진이 가해지면 비가진의 화염보다 열, 질량, 운동량의 전달이 촉진되어 NO_x 저감과 동시에 연소성을 향상시킬 수 있다. 또한, 화염내 국부적인 최대화염 온도 영역이 감소되어 최대온도에서 연소가스의 체류시간이 감소되어 NO_x가 저감된다. 또한 가진 주파수가 1,900 Hz일 때 NO_x의 저감 효율은 41.5%로 가장 높게 나타났으며, 이때 CO는 64.1% 저감되었다.

참고 문헌

- Chun, Y.N., and D.Y. Shin (2004) Hazardous Waste Dstruction and Nitric Oxide Reduction with Externally Forced Oscillation, *Korean J. Chem. Eng.*, Vol.21(4), 811-815.
- Douglas, D., and O. Ayo (1995) Combustion Acoustic Stability Analysis for Premixed Gas Turbine Combustors, NASA Technical Memorandum 107024, *AIAA-95-2470*.