

PD8) 연료/공기다단 가스버너의 NOx 배출 특성

Characteristics of NOx Emission in Fuel/Air Staged Gas Burner

장인갑, 선철영, 천무환, 김정일, 김종석, 문길호
 두산중공업(주) 기술연구원 환경기술연구팀

1. 서 론

화력발전소의 보일러를 포함한 모든 연소설비의 NOx배출 규제치가 대기오염 방지를 위해 전 세계적으로 강화되고 있는 추세이다. 정부에서도 배출허용기준을 강화하여 기체연료 사용 발전설비에 대하여 기존 설비의 경우 150ppm(4% O₂), 신규 설비의 경우 50ppm(4% O₂)이 법적규제치로 설정될 전망이며, 총량규제에 따른 배출량 최소화 정책으로 법적 규제치 뿐만 아니라 배출량의 최소화도 요구되고 있다. 연소과정에서의 저감 방법은 연소조건 개선 또는 저 NOx 버너의 사용과 다단 연소기술 등에 의해 공해물질의 발생을 원천적으로 감소시키는 것이 가능하므로, 배연탈질 기술과 더불어 가장 일반적인 NOx 저감 방법이다.

본 연구에서는 1차 공기/연료에 의해 과농한 확산화염을 형성시켜 화염을 안정시키고, 2차 공기/연료에 의해 희박한 예혼합화염을 형성시키도록 제작된 연료/공기 다단버너(Fuel/Air Staged Burner)의 NOx배출 특성을 구명하였다.

2. 실험 방법

그림 1은 본 연구에서 사용된 연료/공기 다단버너의 개략도이다. 버너는 연소공기 유로를 형성하는 중심원상에 설치된 2개의 환형 덕트, 버너목, Windbox 등으로 구성되며, 그 외에 화염감지기, 점화기 등이 각각 설치된다. 2개의 공기 덕트중 버너 중심축으로는 1차 연소공기가, 그 주위로는 2차 연소공기가 공급된다. 1차공기는 Windbox 외부의 별도 공급라인으로 부터 공급되며 1차공기의 선회는 중심축에 선회기를 설치하여 발생시키며, 2차공기는 수동으로 작동 가능한 배인 댐퍼에 의해 선회각도(γ)가 조절될 수 있도록 설계되었다. 연료는 1차 및 2차 연료로 분할 공급되고, 1차 연료는 버너 외부에 설치된 가스헤드를 거친 후, 선회기를 중심으로 그 둘레에 설치되는 6개의 Spud를 통해 공급되며, 연료 노즐의 구멍 각도(α), 직경 및 개수 등은 열용량에 맞게 설계하였다. 또한 연료 노즐은 회전이 가능하도록 하여 다양한 각도(β)로 연료가 분사될 수 있도록 하였다. 2차 연료는 2차 연료헤드로부터 Windbox를 관통하여 공급되며, 분사된 연료는 2차공기와 예혼합되어 연소영역으로 공급된다.

본 연구에서는 Spud각도 $\alpha=45^\circ$ 및 2차공기 배인각도 $\gamma=60^\circ$ 로 일정하게 두고, 연료분사각(β), 1차 선회각(δ) 및 연료분배비를 조절하여, 연료/공기 다단버너의 NOx배출치를 분석하였다.

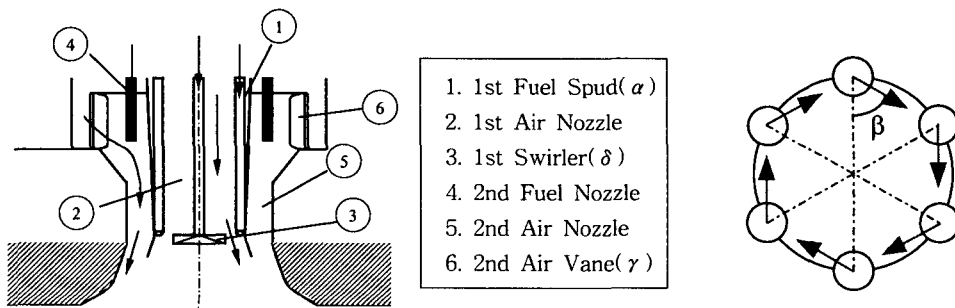


Fig. 1 Fuel/Air Staged Gas Burner

3. 결과 및 고찰

그림 2는 축 방향 $Z=200\text{mm}$ 인 지점에서 연료분배비에 따른 반경방향의 온도분포를 비교한 것으로 이 때 1차 선회각 $\delta=45^\circ$, 연료분사각 $\beta=45^\circ$ 이다. 버너 중심부의 온도는 큰 차이가 없으나, 벽면 근처의 온도는 2차측의 연료분배비가 높을수록 상대적으로 높게 나타났다. 이것은 2차측의 연료분배비가 높을수록 화염의 폭이 넓다는 것을 의미하며, 상대적으로 화염의 길이는 짧아질 것으로 예측된다.

그림 3은 1차 선회각 $\delta=30^\circ$ 및 45° 일 경우의 연료분사각 변화에 따른 NO_x 배출 농도를 각각 나타낸 그림이다. 먼저 1차 선회각 $\delta=30^\circ$ 일 경우, 모든 연료비에서 연료분사각 변화에 따라서 NO_x 배출 농도는 약간 증가하는 경향을 보이지만, 큰 차이는 보이지 않았다. 또한 전반적인 NO_x 배출 농도는 90 ppm이상이다.

1차 선회각 $\delta=45^\circ$ 에서는 연료분사각 β 와 연료분배비에 따라 배출농도가 큰 차이를 나타냈다. 연료분배비가 6:4인 조건은 다른 조건에 비하여 연료분사각 β 의 변화에 따라 배출농도의 증가가 크지 않고 전반적으로 낮은 NO_x 배출농도를 보인다. 연료분배비가 5:5인 조건은 연료분사각 $\beta=30^\circ$ 일 때 약 70 ppm의 낮은 배출농도를 보이나, 연료분사각 β 가 증가하면 95ppm이상으로 급격하게 증가하였다. 연료분배비가 7:3인 조건은 다른 조건에 비해 NO_x 배출농도가 상대적으로 높으며 특히 연료분사각 $\beta=45^\circ$ 로 증가하면서 NO_x 배출농도가 110 ppm으로 급격히 증가하였다. 그러나 연료분사각 $\beta=60^\circ$ 로 되면서 약 85 ppm으로 다시 감소하는 경향을 보였다. 연료분사각 $\beta=30^\circ$ 인 조건은 모든 연료분배비에서 전반적으로 NO_x 배출농도가 낮게 나타났으며 1차 연료 비율이 70%일 때도 85 ppm이하로 나타났다. $\beta=45^\circ$ 인 조건은 다른 조건에 비하여 상대적으로 높은 NO_x 배출농도를 보이며 앞서 살펴본 바와 같이 1차 연료 비율이 70%일 때 급격한 증가를 보였다. 연료분사각 $\beta=60^\circ$ 일 경우에는 연료분배비 증가에 따라 NO_x 배출농도가 큰 변화는 보이지 않았다.

따라서 연료/공기다단 버너의 최적 조건은 본 연구의 범위내에서 Spud각 $\alpha=45^\circ$, 연료분사각 $\beta=30^\circ$, 2차공기 베인각도 $\gamma=60^\circ$, 1차 선회각 $\delta=45^\circ$, 연료분배비 6:4이다.

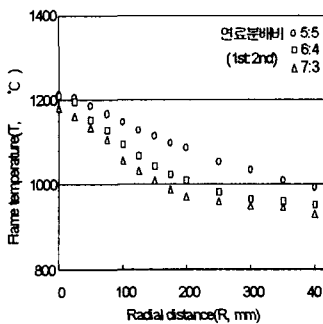
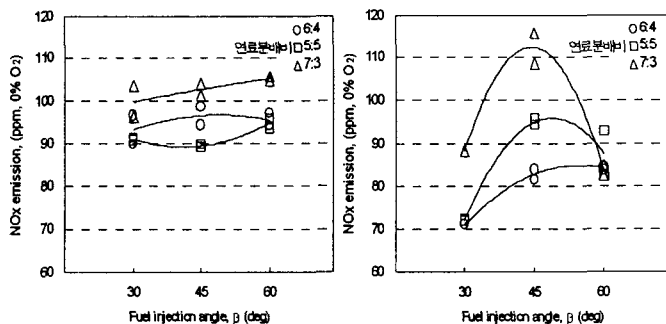


Fig. 2 Temperature Distribution



(a) $\delta = 30^\circ$

(b) $\delta = 45^\circ$

Fig. 3 NO_x Emission on Fuel Injection Angle

참고 문헌

- T.C.Adrina Hsieh, Werner J. A. Dahm and James F. Driscoll (1998) Scaling Laws for NO_x Emission Performance of Burners and Furnaces from 30kW to 12MW, Combustion and Flame
- V. Dupont and A. Williams (1998) Nox Mechanisms in Rich Methane-Air Flames, Combustion and Flame, pp. 103~118
- Koji Hase and Yasumichi Kori (1996) Effect of premixing of fuel gas and air on NO_x formation, Fuel, Vol. 75, No. 13, pp. 1509~1514