

복사관 버너의 연소특성

조길원, 박홍수, 이용국

산업과학기술연구소, 에너지연구실

1. 요약

복사관을 이용한 가열방식은 복사관내에서 연료를 연소시킬때 얻어지는 열이 관을 통하여 복사됨으로서 피가열물을 가열하는 방식으로서 분위기제어가 필요한 열처리로 등에 널리 사용되고 있다.

본 연구에서는 연속 소둔설비용으로서 저 NO_x화 및 복사관의 표면온도를 상대적으로 균일하게 가열시키는 특성을 갖인 버너의 개발을 위한것으로서 실기규모 연소실험을 수행하였다. 연소실험은 기존버너 및 편심노즐버너에 대해서 수행하였으며 특히 개발실험용 버너의 실험과정에서는 새로 고안된 버너의 성능평가로 부터 최적화에 이르기까지의 종합적인 실험을 수행하였다. 개발실험에 의해 편심노즐을 특징으로하는 2단연소식 복사관버너를 고안하였으며 시제품버너의 성능실험결과 기존버너보다 NO_x방출량에서 30%의 감소를 보여주었으며 복사관에서의 온도의 균일성이 향상되었음을 확인하였다.

2. 내용

2.1 실험장치

실험장치를 대별하여 연소실험로, 공기와 연료 공급계통, 냉각공기 공급계통, 질소 공급계통 및 연소가스 배출계통 등으로 구성되어있다. 주연소 방식은 흡인 통풍기(IDF)로 배가스를 흡입함에따라 연소용 공기가 버너로 흡입되는 흡입형을 택하였고, 압입형 또는 압입-흡입형의 연소도 가능하게하였다. 장치의 모든 구성품은 연소용량 16만 kcal/hr 연소시 공기비 1.5에서의 연소가 가능하도록 설계하였으며, 현재 제철소에서 사용되고있는 모든 복사관 버너의 실기실험이 가능한 용량이다. 실험로의 유효 제원은 1.5m(H) X 0.6m(W) X 2.3m(L)이다. 실험로 바닥과 복사관을 지지하는 전후벽은 내화벽돌로 구성하였고, 로천정은 실리카판과 세라믹판을 각 50mm두께로 판벽널을 하였다. 실험로의 양쪽 측벽은 냉각공기량에 의해 로온의 조절이 가능하도록 너비 50mm의 공냉실로 구성하였으며 측벽의 로내부는 두께 75mm의 세라믹 섬유로 이루어져있다. 로온은 측벽 공냉식 내를 흐르는 냉각공기 이외에도 로내에 직접공급되는 냉각용 질소량으로도 조절될수 있도록하였다. 한편 복사관의 길이방향별 온도분포를 측정하기 위하여 관표면에 열전대를 설치하였으며 복사관의 상태를 관찰할 목적으로 로벽에 10개의 관측구를 설치하였는데 이 관측구는 로온 측정용 열전대가 부착된 반대편 로벽에 설치되어있다. 연소배가스의 흡인 배출에의해 연소용 공기를 버너로 흡입하는 흡인 통풍기는 5Nm³/min의 배가스를 흡인할수있고 흡입압이 -800 mmAq인 루츠 통풍기를 사용하였으며 압입 및 압입-흡입 연소식에 사용될 보조 통풍기는 토출압력 700mmAq, 토출유량 5Nm³/min용량의 링 통풍기를 선정하였고 전동식 유량제어변에 의해 유량이 조절된다.

2.2 연료노즐

실험용 연료노즐로서는 재래식 조업용(conventional) 노즐 및 편심분사노즐을 선정하고 근래 이용이 확대되고있는 2단 연소식 버너를 채택하여 실험을 수행하였다. 조업용 노즐은 단면으로 볼때 같은 면적과 피치(pitch)를 갖는 7개의 구멍이 있으며 여기에 연료를 직진으로 흐르게 한 것으로서 1차 연소통내 연료노즐 외주에 1차공기 선회익을 부착한 2단 연소식 버너에 이 노즐을 사용하여 실험을 수행하였다. 연소 용량별 연료노즐의 전체 크기는 같으며 단지 연료분사구의 직경만 다르다. 편심 분사노즐에 대해서는 일부 연료가 반경방향으로 분사되도록하여 화염안정화와 화염길이 조절을 도모 하도록 고안하였고 NO_x저감을 위하여 선회익을 부착하지않은 2단 연소식 방식에 부가하여 농담연소가 이루어지도록 설계하였다.

2.3 실험방법

복사관 버너의 연소실험은 NO_x발생량 분석과 관 온도분포 측정에 주안점을 두었으며 부가적으로 완전연소성, 화염형상, 배가스 온도등도 고려대상으로 하였다. 한편 버너의 설계에서는 압력조건이 중요하게 작용하는 바 각 실험조건에서의 버너전단 코크오븐가스(COG) 공급압력, 연락관의 공기흡입압력, 배가스 압력 등도 측정하였다. 본 실험에서 중요한 변수로 공기비이며 연소부하는 1.0×10^5 kcal/hr로 고정하였다. 각 조건 공히 노온은 950°C로 유지하는 것을 목표로 하였으나 노온 조절의 어려움이있어 전체 실험조건에서 노온을 일정하게 유지하는 것은 곤란하였다. 점화후 3시간정도 예열하여 토의 조건이 정상상태에 도달한후 실험을 수행하였다. 온도는 K형의 열전대와 레코더로, 배가스 성분은 MRU 95/2D 배가스 분석기와 Orsat 분석기로, 압력은 디지털 마노미터를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 NO_x발생

그림 1은 조업용 노즐과 편심분사 노즐을 2단버너에 사용한 경우 NO_x발생량을 비교한것이다. 전 영역의 공기비 범위에서 편심분사형 노즐을 사용한 경우 30%정도의 NO_x발생감소를 가져왔고 이것은 편심분사형 노즐이 가지고있는 탈양론적(off-stoichiometric)연소방식 의 잇점을 심분살린 결과로 나타났다. 편심분사의 노즐은 연료가 편심분사 노즐을 통하여 분사될때 복사관 하부쪽에 더욱 많은 연료를 분사시키도록 고안되어 중심선 기준으로 상부가 과공기상태(공기비>1)가 되고 하부가 연료 과농상태(공기비<1)로 되도록하였다. NO_x발생의 공기비에 대한 의존도를 보여주는 NO_x발생량은 측정한 공기비에서 최대치를 갖는 것을 보여준다.

3.2 온도분포

그림 2는 대표적인 연소용량에 대하여 조업용 버너와 편심분사노즐을 사용한 버너에 의한 복사관의 온도분포를 비교하여 나타낸 것이다. 두개의 노즐을 사용하여 얻은 결과로서 최고온도는 모두 직관의 후단부에서 나타나며 상승점 (peak) 온도는 편심분사노즐을 사용한 경우가 조업용노즐을 사용한 경우보다 낮음을 알 수있었다. 이것은 복사관의 수명을 고려하여 보때 바람직하며 편심분사노즐을 사용하는것이 철판을 일정온도로 가열하는데 더욱 좋은 것으로 예측된다. 왜냐하면 길이방향의 온도분포가 조업용 버너를 사용한 것에 비해 더욱 균등함을 보여주고 있기 때문이다. 실험조건 하에서 조업용 노즐을 사용할때의 배가스온도는 572°C였으며 편심분사 노즐에 대해서는 566°C였다. 이것은 편심분사 노즐이 열효율 측면에서 우수하다는 것을 알려준다. 원주방향의 온도편차는 편심분사노즐을 사용함으로써 감소시킬수 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

저 NO_x화 및 복사관의 표면온도를 균일하게 가열시키는 특성을 갖인 버너를 개발하기 위하여 기존버너 및 편심노즐버너에 대한 실규모 연소실험을 행하였다. 편심분사 노즐을 특징으로하는 2단연소식 복사관 버너는 기존 조업용버너보다 NO_x방출량에서 30% 감소를 보여주었으며 복사관에서의 온도의 균일성이 향상 되었음을 확인하였다. 노즐형태의 최적화 실험을 통하여 주연료분사구의 각도 10°, 주연료 노즐갯수 5개, 보조연료분을 40%를 적정형태로 하였다.

5. 참고문헌

- 1) K.Sato, S.Muto, F.Yanagishima and Y.Shinomaya: Kawadetsu Giho, Vol.15, No.1, 981(1983)
- 2) U.S.Patent: No.4,813,867(1989)
- 3) M,Imose: "Lecture on Continuous Annealing" (1980)
- 4) M.Matsuo and J.Yoda: Seitetsu Kenkyu, 300, 27(1980)
- 5) A.F.Sarofim and J.H.Pohl: Fourteenth Symp.(Int'l) on Combustion, 739 (1973)
- 6) Y.K.Lee, K.W.Cho and H.S.Park: RIST Research Report 1025A (1991)

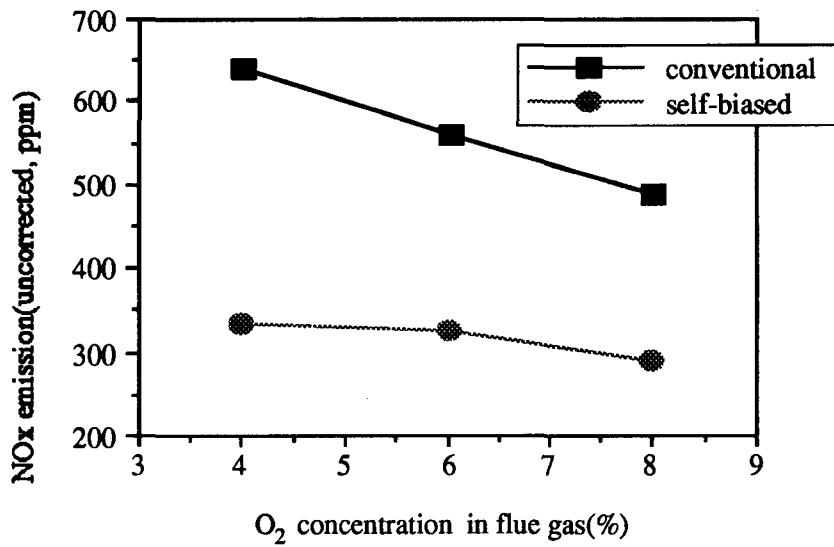


Fig. 1. Comparison of NOx emissions between fuel nozzle

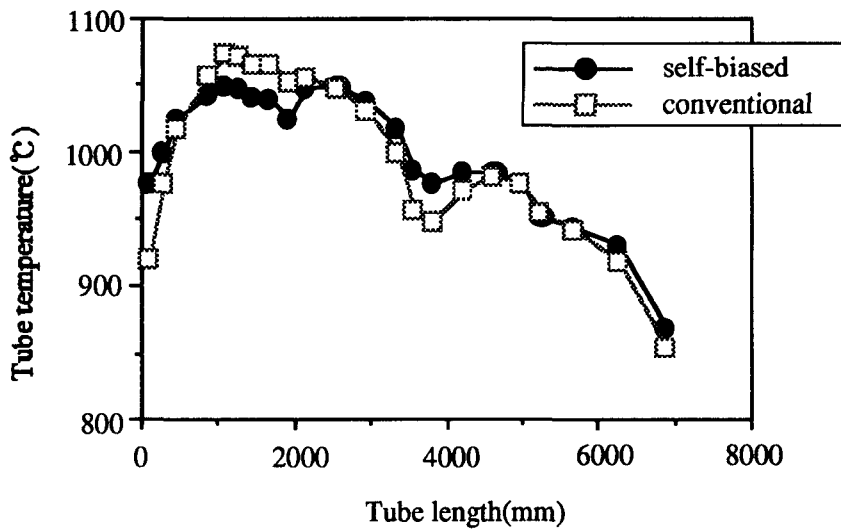


Fig. 2. Comparison of temperature distribution on radiant tube between nozzle types