

가스터빈용 촉매연소기를 위한 촉매-화염 복합 연소 특성연구

이경원* · **·정남조*·유인수*·조성준*·강성규*·전광민**·송광섭*

Study on Characteristics of Catalytically Supported Thermal Combustion for Gas Turbine

Kyung-Wong Lee, Nam-Jo Chung, In-soo Ryu, Sung-June Cho, Sung-Kyu Kang, Kwang-min Chun, Kwang-Sup Song

Key Words: Catalytic Combustion, Gas Turbine, NO_x Emission, CST

Abstract

The characteristics of the catalytically supported thermal combustion with Pd-based catalyst using the bench scale high pressure combustor has been investigated up to 7 atm. The emission of NO_x depends on the preheating temperature and the excess air ratio. Most NO_x emission seems to come from the pre-burner for the preheating of the inlet gas. Decreasing excess air ratio in the inlet gas below 1.5 results in the stable catalytically supported thermal combustion in the post combustion region while the NO_x emission increased up to 15 ppm. Further, the increase of the pressure shows the dramatic increase of the emission CO and THC. However, the NO_x emission decreased slightly due to the lower combustion temperature at the high pressure.

1. 서 론

최근 세계적으로 환경문제에 대한 인식이 새롭게 변화하면서 모든 국가들은 산업발전을 지향하는 과정에서 과거의 산업개발 기초를 지양하고 환경 친화적인 산업구조로 변화하기 위한 규제강화 및 자구책을 모색하고 있으며, 정책적 제도 마련과 더불어 환경 유해물질을 처

리할 수 있는 새로운 기술 개발에 총력을 기울이고 있다. 특히 대기오염물질로서 발전 및 산업공정에서 발생하는 질소산화물, 일산화탄소, 탄화수소의 배출량을 저감하기 위한 환경규제가 강화되고 있다. 특히 질소산화물에 대한 국제적인 관심이 고조되고 있고, 우리 나라에서는 대도시에서는 물론이고 일부 중소도시에서조차 질소산화물에 의한 스모그현상이 심화되고 있다. 국내 질소산화물 배출량의 대부분이 발전시설에서 나

*. 한국에너지기술연구원 촉매연소연구센터

** . 연세대학교 기계공학과

으며, 그 양 또한 연간 1,278,000톤으로 전체 발생량의 40%이상을 차지하고 있다. 소규모 발전설비로서 가스터빈은 질소산화물의 배출량이 100 - 200 ppm에 이르고 있어 현재의 환경 규제치인 500 ppm이하에는 만족할 지라도 도심지에서 사용할 때 대기오염을 악화시킬 수 있다. 2005년 이후부터 질소산화물 배출에 대한 규제가 50 - 100ppm이하로 더욱 강화될 것으로 예상됨에 따라 수 ppm 수준 또는 질소산화물이 배출되지 않는 가스터빈 연소기술이 필요하게 될 것으로 예상된다.

가스터빈으로부터 발생하는 NOx를 억제하기 위한 기술에는 연소처리 기술이 있고, 발생한 질소산화물을 제거하기 위한 기술에는 배연처리 기술이 있다. 배연처리 기술은 연소기에서 생성된 질소산화물을 대기로 배출하기 전에 배출구에서 수용액에 직접 흡수하여 제거하거나 혹은 안정화물인 질소로 환원시키는 기술이다. 수용액에 직접 흡수시키는 것은 습식법이라고 하며, 그렇지 않은 경우는 건식법이라고 한다. 현재까지는 경제성 및 공정의 간편성 등으로 인하여 건식법에 대한 연구가 많이 진행되고 상업화된 공정도 건식법이 대부분이다.⁽¹⁾

연소전 처리방법에는 운전조건을 개선하거나, 연소 장치를 개선하여 질소산화물의 발생을 억제하는 기술이 있다. 연소조건 개선에 의한 방법에는 질소산화물 생성에 영향을 미치는 인자들인 화염온도, 연소 영역의 산소농도 및 고온영역에서의 체류시간 등을 연소의 안정성에 크게 영향을 주지 않는 범위내에서 감소시킴으로써 연소 영역 내에서 질소산화물의 생성 반응을 억제시키는 방법

이다. 이 방법에는 저과잉공기 연소, 열부하 감소, 공기에열온도의 저하등이 있다. 연소 방법의 변경은 연소설비의 구조를 변경하거나 설계를 전면적으로 바꿔 NOx배출을 억제시키는 방법으로 설비를 부분적으로 개조하거나 증설이 불가피 하므로 운전 조건의 변경에 의한 억제방법보다 경제적 부담이 크지만 NOx저감 효과면에서 상대적으로 우수하다.

연소처리 기술의 핵심은 회박연소를 통한 화염의 온도를 감소시켜 화염온도에 절대적으로 의존하는 thermal NOx의 발생을 억제시키는 기술이다. 또는 주어진 연소조건에서 고온 연소 영역을 완화시키고 질소산화물의 생성에 관여하는 반응들을 억제시키는 기술이다. 그러나 회박연소는 혼합기가 회박해질수록 연소가 불안정해지는 문제점을 갖고 있다. 따라서 회박연소에 의한 질소산화물의 억제방법은 일정한 한계점을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 극복할 수 있는 새로운 기술로서 촉매연소법이 활발히 연구되고 있다. 촉매연소는 촉매의 표면 반응을 활용하여 초회박 조건에서도 안정한 연소가 가능하게 한다. 화염연소만으로는 안정적인 연소가 어려운 회박조건에서도 촉매연소를 이용하면 안정적인 연소가 가능해진다. 이렇게 하여 화염의 온도가 thermal NOx가 급격하게 발생하는 1500℃ 이하로 낮추는 것이 가능하여 질소산화물의 생성을 근본적으로 해결할 수 있는 획기적인 방법이다.⁽²⁻⁴⁾

가스터빈에서 촉매연소를 이용한 기술적인 방법으로는 모든 연료가 촉매층에 공급되어 층 내에서 연소반응이 완결되는 완전산화 방식과 화염연소실에 연

료의 일부를 직접 공급해주는 Hybrid 연소법, 화염연소가 부분적으로 일어나도록 결합한 촉매 보조 화염연소방식(CST, Catalytical Supported Thermal Combustion)이 있다. 촉매연소와 화염연소를 2단으로 구성하는 CST 연소방식은 연료의 연소에서 축 방향의 최대온도가 촉매층과 떨어져 있어 촉매층의 온도를 1000℃이하로 유지하면서 완전연소가 가능하다. 즉, 전단에 위치한 촉매층에서는 연료의 일부분만을 표면연소하고 연료의 나머지는 촉매층 후단에 위치한 화염 연소실에서 연소시키는 방법이다. 촉매층 후단의 화염연소는 일반 화염연소와 다른 특징들을 가지고 있다. 첫째는 촉매층을 통과한 혼합기는 촉매층에서 표면반응에 의하여 발생된 열로 인하여 높은 온도(600 ~ 850℃)로 가열되며 또한 이로 인하여 혼합기량이 팽창하여 속도가 촉매층 입구에서 보다 2배 가까이 증가하여 고속 유동이 된다. 둘째는 촉매층을 통과한 혼합기는 촉매층에서 가스연료의 일부가 반응하고 나머지 부분만이 화염연소실에 들어가기 때문에 초회박 연소가 이루어진다. 셋째는 촉매층에서의 표면반응 과정에서 중간 생성물들이 발생하여 이들이 화염연소실에 들어가는 혼합기 중에 포함되게 된다. 이같이 촉매층 후단의 화염연소실에서는 고온, 고속 및 중간생성물이 포함된 초회박혼합기의 화염연소가 이루어진다. 이와 같은 촉매에 의한 연소방식은 다른 연소과정에 비하여 공해물질을 저감시키는 연소 과정을 제공할 수 있어 지난 몇 년 동안 CST촉매 연소기는 일본과 미국에서 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 미국의 Catalyca Co와 Engelhard Co에서 개발중

이며, 일본에서는 전중귀금속공업(田中貴金屬工業)이 Catalyca와 공동으로 촉매연소 시스템을 개발하고 있다. 이외 스웨덴, 네덜란드, 프랑스 등 유럽에서는 산업용 보일러를 중심으로 촉매연소기술 응용제품 개발을 위한 고온 내열성 촉매 개발을 위해 연구중이다. (5-8)

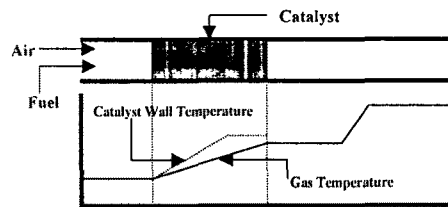


Fig. 1 CST 촉매연소방식

본 연구에서는 가스터빈용 촉매 연소기로 가장 많이 사용되고 있는 촉매 보조 화염연소방식을 채택하여, 2단 촉매 연소기를 제작하였다. 연료로는 LNG를 사용하였으며, 촉매 연소기에 사용할 촉매로는 LNG에 대해서 산화성능이 우수한 팔라듐 촉매를 사용하였다. 먼저 대기압 하에서 과잉 공기비, 촉매를 반응시키기 위한 초기 예열온도, Surface Velocity, 등에 따른 촉매연소기내의 온도 분포, 배기가스 성분 분석 등을 분석하여, 고압상태(1 ~ 7기압)의 결과와 비교해 봄으로써 실제 가스터빈과 같은 고온고압조건에서의 촉매 연소기의 특성과 설계인자에 관한 연구를 하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 촉매연소기 설계 및 제작

소형 가스터빈에 적용하기 위한 실험용 고압 촉매 연소기의 설계의 기본적인 개념은 유입되는 고압용 혼합가스의 누출이 발생하지 않고 촉매연소 이후 화염

의 길이가 최소화 될 수 있도록 Fig. 2와 같이 설계 제작되었다.

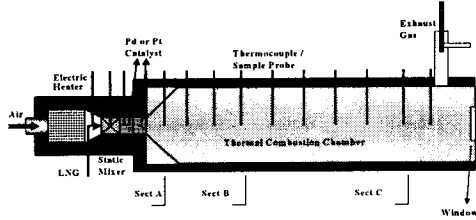


Fig. 2 촉매연소기 설계개념도

앞단에는 촉매층을 설치하고 촉매층 후단에는 화염연소실을 설치하였다. 고압용 촉매 연소기의 연소용 공기는 대형의 공기압축기에 의해 최대 16 kg/cm^2 로 압축되어진 후에 regulator를 거쳐 약 10 kg/cm^2 의 압력으로 맞추어져, 유량계를 통해 공급되어 진다. 공급되어진 고압의 압축공기는 용량이 6 kw인 전기 히터에 의해 촉매가 반응되어질 수 있는 온도까지 가열되어지는데, 초기 예열 장치인 전기 히터는 연소기 내부의 단열재와 함께 내장형으로 장착하였다. 그리고 내부의 고압에 의해 발생할 수 있는 누출을 고려하여 히터의 전원선은 밀봉장치(Sealing)를 이용하여 처리하였다. 연료 가스인 LNG(CH_4 90.2%, C_2H_6 6.5%, C_3H_8 2.3%, 기타)를 사용하였으며, 연료 고압부스터로 압축되어, 약 10 kg/cm^2 의 압력인 것을 바로 유량계를 거쳐 분사노즐로 공급하였다. 공기와 연료의 유량계로는 고압용 MFC(Mass Flow Controller)를 사용하였다. 연료 분사장치 후단에는 고압으로 유입되는 공기와 연료의 혼합을 위해 다공판과 선회기를 설치하였다. 연소기에서 초기 예열부 및 혼합구간의 길이는 270 mm로 제작되었으며, 지름 및 길이가 각각 30 mm, 60

mm인 촉매 지지체가 장착되어질 곳의 지름이 32 mm, 65 mm로 설계하였다. 촉매 연소 이후에 후단 화염연소가 이루어지는 곳은 촉매의 끝단에서부터 45° 의 각도를 주어 축 방향으로 60 mm이후의 길이에서부터는 지름이 150 mm로 확대시켰다. 이러한 설계의 의도는 촉매 연소를 통해 미연되어 나온 과농의 연료를 이용하여 후단 화염 연소(2차연소)시켜 충분히 연소기 내의 온도를 상승시키고 촉매 연소를 통해 연소기로 배출되는 미연 혼합가스 선속도가 감소되므로 화염의 길이를 최소화하여 연소기의 크기를 소형화하기 위한 방법이다. 이러한 연소 현상은 연소기의 축방향 끝단에 지름이 112 mm인 사이트글라스를 이용하여 육안으로 관찰 할 수 있게 하였다. 전체 연소기의 길이는 1000 mm로 하였으며, 연소기 전체는 Castable을 이용하여 단열 하였고, 최종 외장은 스테인레스 스틸로 제작되었다.

2.2 가스조성 및 온도측정

전체 시스템의 온도 측정은 열전대를 이용하여 측정하였으며, 비교적 온도가 낮은 영역에서는 K-Type 열전대를 사용하였고, 화염 및 촉매연소가 활성화되는 부분에서는 R-Type 열전대를 사용하여 온도를 측정하였다. 본 실험장치는 연소 특성상 촉매연소에 의한 1차 연소와 이후 발생되어지는 2차 화염연소가 동시에 발생됨으로 1, 2차 연소가 진행되어지는 부분에서의 온도 분포 및 가스조성의 측정은 전체 시스템의 연소 특성을 이해하는데 가장 중요한 설계인자가 될 수 있다. 그러므로 본 실험 장치의 구성에 있어서 이러한 영역에서는 위의 Fig 3에서

보는 것과 같이 열전대를 집중 . 차등 배열하여 온도분포를 측정하였다. 본 실험 장치의 특성상 촉매연소와 화염 연소가 이루어지는 곳에서는 고온에서 측정이 가능한 R-Type 열전대를 사용하여 화염 모양 및 화염의 길이를 예측하기 위해 반경 방향으로 15mm 간격으로 열전대를 배치하여 온도를 측정하였다.

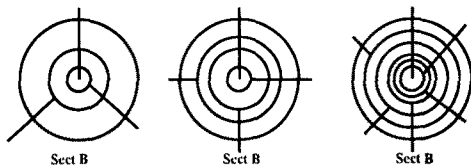


Fig. 3 가스와 하니컴 촉매의 온도 측정을 위한 열전대 위치

연소기 내부는 고온일 뿐 아니라 약 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도로 고압이므로 열전대를 보호하는 장치로 인코넬 튜브를 이용하여 열전대를 이 튜브에 삽입하였다. 이때 튜브의 크기를 열전대보다 약간 크게 설정하여 유격을 둠으로서 각각의 열전대가 설치되어 있는 곳에서 가스를 채취하여 온도와 함께 분석하였다

촉매 후단 배기구에는 연소기의 끝단에 위치하며, 압력 조절 밸브를 설치하여 연소기 내부압을 자동으로 조절할 수 있도록 하였다. 밸브는 2-way globe control valve로 크기는 1" 이고 조절 가능한 온도 범위는 $600 - 800^\circ\text{C}$ 이하다. 이 밸브의 자동 조절 기능은 압력조절센서에 의해 제어되어진다.

촉매연소(1차연소)와 화염연소(2차연소)를 통해 최종적으로 배출되어지는 배기가스와 화염의 형상 및 길이 그리고 화염 연소에 소모되어진 연료량을 분석하기 위하여 각각의 열전대 튜브에서 채

취한 연소가스의 압력은 실제 분석할 수 있는 분석 장치의 압력 한도보다 크므로 중간에 Regulator를 설치하여 배기가스를 적정 압력으로 낮춘 다음에 sample conditioner에서 포집하여 분석 장치로 유입시켰다.. 이렇게 얻어진 배기가스중 NOx 측정에는 화학발광법(Thermo Environmental Inc. Model 42H), CO와 CO2 측정에는 NDIR 검출기법(HORIVA, FIA 510), THC 측정에는 FID 검출기법(HORIVA, FIA 51)을 사용하였다.

연소기에 사용되어진 촉매의 지지체는 지름이 30 mm이고, 길이가 12 mm인 세라믹 재질을 가지는 Cordierite($300\text{ cell}/\text{in}^2$)의 원형 하니컴을 사용하였고, 촉매로는 귀금속 촉매인 팔라듐을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 4는 사용한 팔라듐촉매의 표면반응 특성을 분석하기 위하여 촉매층에 들어가는 혼합기의 유속을 변화시키면서 측정한 촉매 연소기 출구단에서의 전환율을 보여주고 있다. 대기압 하에서 촉매 반응을 위한 혼합기의 예열온도를 300°C 로 유지하고, 지름 30 mm, 크기 12 mm의 팔라듐촉매를 다섯 개 배열한 경우, 공간속도의 변화가 촉매의 전환율에 큰 영향을 주지 못하였다. 하지만, 과잉 공기비의 증가함에 따라 연소전환율이 점차 감소하고 있다. 즉 혼합기에서 과잉 공기비가 낮으면 THC의 발생이 가장 적으나, 과잉 공기비가 증가하면서 불완전연소가 일어나 THC는 증가하여, 전환율이 감소하게 되는 것이다.

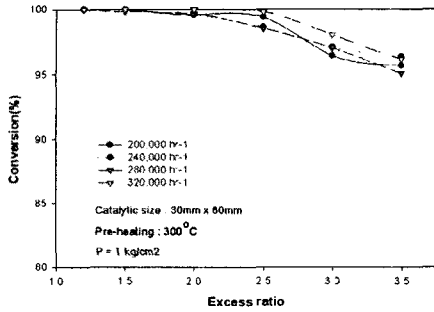


Fig. 4 과잉공기비에 따른 전환율

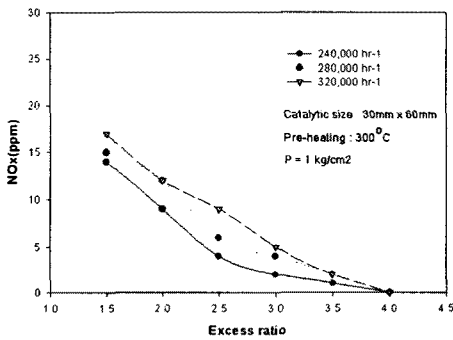


Fig. 5 과잉공기비에 따른 NOx 발생량

Fig. 5는 대기압 하에서 촉매연소기에서 과잉공기비와 혼합기의 유량 변화에 따른 질소산화물(NOx)의 발생량을 측정 한 것이다. Fig. 5는 초기 예열온도를 300°C로 유지하면서 배기가스중 NOx량을 측정한 것으로 과잉공기비가 증가함에 따라 NOx의 발생량이 감소함을 알 수 있으며 또한 유속이 증가함에 NOx의 발생량이 증가하지만 증가량은 미미함을 할 수 있다. 즉 유속이 증가함에 따라 유량이 많아지고 촉매 연소기내의 온도가 증가하게 되며 온도가 또한 상승함에 따라 NOx의 발생량도 증가하게 된다.

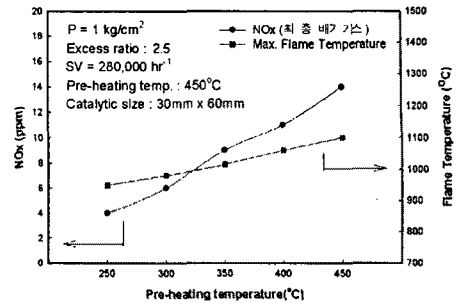


Fig. 6 초기 예열온도에 따른 NOx 발생량

Fig. 6는 초기예열온도의 증가함에 따라 연소기내의 화염온도와 NOx의 발생량 관계를 보여주고 있다. 위의 실험은 대기압 하에서 팔라듐 촉매(30 mm × 12mm × 5개)를 사용하여, 과잉 공기비 2.5, SV = 280,000 hr⁻¹ 로하여 촉매로 들어오는 혼합기의 예열온도를 250 ~ 450°C로 변화시키면서 최종 배기가스의 NOx발생량을 측정하고, Thermal Combustor 내의 최대 화염온도를 측정 하였다.

초기 예열 온도가 증가할수록 연소기내의 온도가 상승하고 이에 따라 NOx발생량이 증가하고 있음을 보여주고 있다. 초기 예열 온도가 350°C 이하에서 연소기내의 온도는 약 1000°C, NOx 발생량은 10 ppm이하로 괜찮은 편이나, 초기 온도가 450°C로 증가하면 NOx 발생량이 14 ppm으로 증가한다.

Fig. 7은 대기압 하에서 촉매로 들어오는 유속에 따른 후단연소기내의 온도 분포를 보여주고 있다. 과잉 공기비는 연소 전환율이 100%가 되도록 1.2로 선택하였다. 그리고 촉매 반응을 위한 예열온도는 450°C이다.

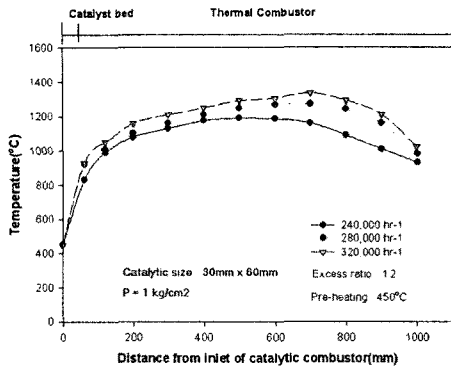


Fig. 7 유속에 따른 촉매 연소기내의 온도분포

유속이 증가하면, 들어오는 유량이 많아져서 연소기내의 온도가 상승하고 후단연소구간이 증가함을 알 수 있다. 촉매단과 후단 연소기에서 온도분포는 CST(Catalytical Supported Thermal Combustion)방식을 만족하고 있다. 연소구간은 전체적으로 700 mm 임을 온도분포곡선으로 부터 알 수 있다.

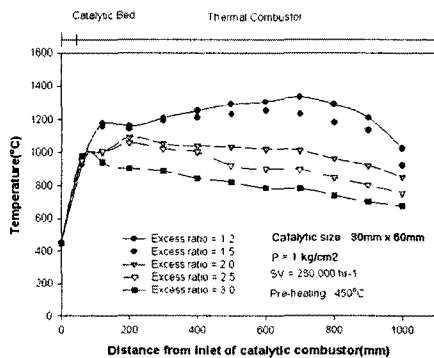


Fig. 8 과잉공기비에 따른 연소기내의 온도분포

Fig. 8은 일정한 유속과 예열온도 하에서 과잉 공기비에 따른 연소기내의 온도분포를 보여주고 있다. 이 실험에서는 대기압 하에서 팔라듐 촉매를 사용하고,

SV=280,000 hr⁻¹, 촉매반응을 위한 예열 온도 450°C로 유지하면서 과잉 공기비를 변화시켰다. 과잉 공기비의 증가, 즉 혼합기가 희박해지면서 온도가 감소하였으며 과잉 공기비가 3.0인 화염은 촉매를 지난 후 화염의 온도가 더 이상 올라가지 않고 점진적으로 하강한다. 과잉 공기비가 2.0과 2.5는 촉매를 지난 후 약 100°C 정도 상승한 후 일정하게 감소하고 있다. 이것은 화염이 미약하게 생긴 것으로 온도가 올라가는 부분까지, 즉 약 100 mm 길이의 화염이 형성되었음을 알 수 있다. 하지만 이것 또한 CST 방식의 화염부분 온도를 만족하지 못하고 있다. 과잉 공기비가 1.2와 1.5는 Thermal Combustor의 약 700mm부분에서 화염의 온도가 약 1350°C로 CST방식의 조건을 매우 만족하고 있다.

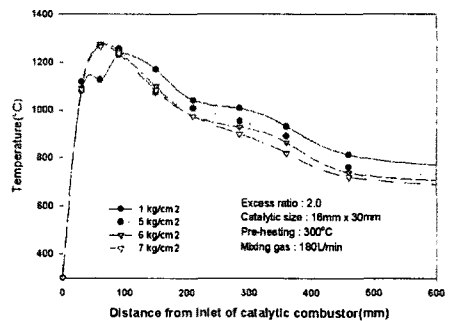


Fig. 9 압력 변화에 따른 연소기내의 온도분포

Fig. 9는 압력의 증가에 따른 촉매연소기내의 온도변화를 나타낸 것이다. 화염의 온도분포가 Fig. 7과 비교해 봤을 때 1300°C정도로 비슷하나, 화염의 길이가 많이 짧아졌음을 알 수 있다. 100 mm 이후부터 온도가 서서히 감소하는

경향을 보인다. 이렇게 화염이 짧아진 원인은 촉매의 크기가 작아졌기 때문이다. 즉 촉매를 통해 일정한 선속도로 나오던 혼합기가 촉매연소기로 나오면서 선속도가 감소하여, 화염의 길이가 짧아진 것이다. Fig. 7에서는 촉매를 막 빠져나온 부분의 온도는 약 900 ~ 1000°C 정도부터 증가하다가 700mm를 지나면서 서서히 감소한다. 하지만 Fig9에서는 촉매를 막 빠져나오면서 화염의 온도가 약 1300°C로 앞부분에서 거의 모든 연소가 이루어짐을 알 수 있다. 그리고 1 kg/cm²과 7kg/cm²의 온도분포 곡선을 비교해 보면 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

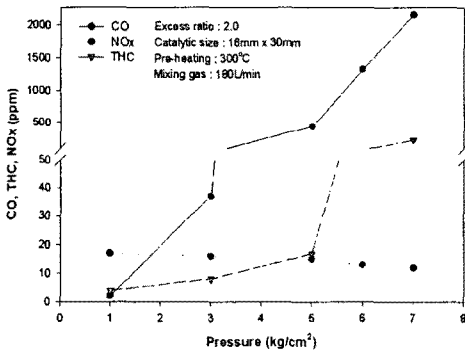


Fig. 10 압력 변화에 따른 배기가스 조성의 변화.

Fig. 10은 압력 변화에 따른 배기가스 성분 변화를 보여주고 있다. 압력이 증가함에 따라 NO_x의 양은 20 ppm에서 10 ppm으로 조금씩 감소한다. 이것은 Fig. 9에서 볼 수 있듯이 압력이 증가할 때 촉매연소기내의 온도가 조금씩 낮아지기 때문에 NO_x의 배출량 또한 줄어들었음을 알 수 있다. 대체적으로 NO_x배출량은 10 ppm 수준으로 유지되었다. 하

지만 3 kg/cm² 이상에서 CO의 양이 매우 급격하게 증가하는 경향을 보이고 있다. 그리고 THC 또한 5 kg/cm² 이상에서 많이 증가하는 것을 볼 수 있다.

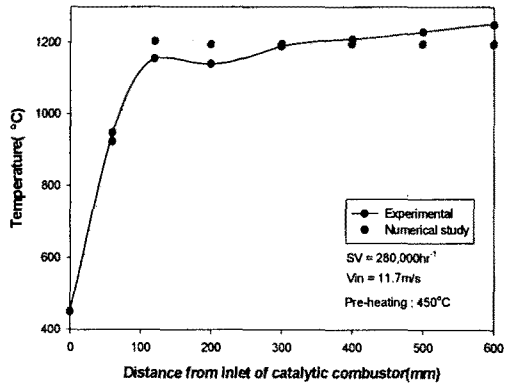


Fig. 11 상압조건에서의 온도분포

Fig. 11은 상압의 조건에서 수행한 실험과 수치해석을 통해 얻은 연소기내의 온도분포를 비교한 결과이다. 초기 화염 반응 구간인 연소기의 상단 부분에서는 실험에 의해 얻은 값보다 수치 해석에 의해 계산되어진 값이 조금 높게 계산되었으며, 연소기의 하단부로 갈수록 그 반대의 결과가 예측되었다. 이러한 결과는 벽에서의 열손실 조건에서 길이 방향에 무관하게 반경 방향으로의 열손실이 일정하다는 조건을 적용함으로써 연소기의 상단부와 하단부에서의 열 손실량이 일정하게 계산되어 각 부분에서의 실험 결과치와 조금의 온도 차이가 발생하였던 것으로 판단되어진다. 그러나 전반적으로 실험과 수치해석을 통해 얻은 결과가 비슷한 경향을 보이고 있다.

4. 결론

가스터빈용 연소기에 적용할 수 있는 CST방식의 2단 고압축매 연소기를 제작하여, 팔라듐촉매를 촉매층에 설치하고 뒷단에는 화염 연소실을 설치하였다. 대기압하에서 화염 연소기내의 화염온도, 배기가스, 성분을 측정해 보고, 그 자료를 바탕으로 7기압까지의 고압 실험을 해보고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 혼합기가 희박해 질수록 불완전 연소가 일어나 THC가 증가하였다.
- (2) 과잉 공기비가 증가할수록 연소기내 온도가 내려가 NOx의 발생량이 감소했고, 유속이 증가하면 유량이 많아져 연소기내 온도가 증가하게 되고, 그에 따라 NOx발생량도 증가하였다.
- (3) 촉매 반응을 위한 초기 예열온도가 증가할수록 연소기내의 화염온도가 증가하게 되고, 그 온도증가에 따라 NOx발생량 또한 증가한다.
- (4) 촉매를 지난 후 연소기내의 온도는 천천히 증가하다가 약 700mm이후부터 약간씩 감소하는 것으로 보아 연소기내의 화염 길이가 약 650mm정도 됨을 알 수 있다.
- (5) 유량이 증가하거나, 과잉공기비가 감소하게 되면 연소기내의 온도는 증가하게 된다. 그리고 그 값들은 CST방식의 조건을 매우 만족하고 있다.
- (6) 연소기내의 압력을 1 - 7기압까지 변화시키면서 연소기내의 온도와 배기가스 성분을 조사한 결과, 온도분포는 압력의 변화에 관계없이 매우 비슷한 분포를 보였으나, 3kg/cm²이후부터 CO의 양이 매우 증가하는 경향을 보였다.

후기

본 연구는 연소기술연구센터의 지원과 과학기술부 국가지정 연구실 사업의 일환으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Choi, I. S., Lee, I. C, et al. (1987)
"A study of the technical measure to counter NOx", KIER, Report NO. KRC-85C-J01
- (2) 서용석, 강성규, 신현동, (1998)
"촉매 연소기에서 희박 예혼합기의 연소 특성" 대한기계학회 논문집 B권, pp 1681-1690
- (3) Zeldovich, Y. B., (1946)
Acta physicochimica U.R.S.S.21(4) :577
- (4) Kolaczowski, S. T (1995)
"Catalytic Stationary gas turbine combustor : A review of the challenges faced to clear the nest set of hurdles" Trans Iurdles E, V01 73, Part A, pp168-190
- (5) Furuya, T., Sasaki, K. et al. (1995)
" Development of a hybrid catalytic combustor for a 1300°C class gas turbine." Applied catalysis A: General, 81, pp227-237
- (6) Dalla Betta, R. A, Schlatter, J. C et al., (1995) " Application of catalytic combustion technology at industrial gas turbines for ultra - low NOx emissions" ASME, 95-GT-65
- (7) Dalla Betta, R. A, Schlatter, J. C

et al., (1997) "Development of a catalytic combustion for a heavy-duty utility gas turbine"
Transactions of the ASME, vol. 119, pp.844-851

- (8) Yasushi, O., Tomoharu, F., et al.,
"Development of a catalytically assisted combustor for a gas turbine" Catalysis today 47, pp399-405