

매트 형태 연소촉매를 사용하는 촉매버너의 구조와 연소특성

송광섭[†] · 정남조 · 김희연

한국에너지기술연구원 나노소재 연구센터

(2008년 5월 13일 접수, 2008년 6월 12일 수정, 2008년 6월 17일 채택)

Combustion Characteristics and Design of Fiber Mat Catalytic Burners

Kwang Sup Song[†], Nam Jo Jung and Hee Yeon Kim

Korea Institute of Energy Research

(Received 13 May 2008, Revised 12 June 2008, Accepted 17 June 2008)

요 약

매트형태의 연소촉매를 사용하는 촉매연소 버너는 발생 열을 원적외선 형태로 피 가열체에 공급할 수 있기 때문에 저온 공정에서 효율적으로 열을 사용할 수 있다. 매트형태 촉매연소 버너의 활용 가능성을 높이기 위해 촉매연소버너를 제작하고 구조에 따른 연소성능에 대해 고찰하였다. 확산식 촉매연소에서는 연소면의 방향이 연소반응에 많은 영향을 주며, 촉매 주위 온도변화에 따른 산소의 확산속도 차이가 촉매 연소 반응 속도에 많은 영향을 주는 것을 알았다. 예혼합 촉매연소에서 연소공기는 이론공기량 보다 조금 많게 공급하는 것이 최적이고, 연소열의 70% 이상이 복사로 전달됨을 알았다.

주요어 : 촉매연소, 매트 촉매연소 버너, 예혼합, 연소특성

Abstract — Flameless fiber mat catalytic burners have been known as an effective heat source in industrial drying processes since heat obtained from combustion can be transferred to absorptive body by far-infrared radiation. In order to extend the application of fiber mat catalytic burner, novel fiber mat catalytic burners were manufactured and combustion characteristics of them were investigated. For diffusive catalytic burners, the efficiency of combustion was significantly affected by the installation direction and the temperature of catalytic bed perimeter influenced on the diffusion rate of oxygen which determined the combustion efficiency of catalytic burner. It was seen in premixed catalytic combustion that air content in premixed fuel gas was optimized at slightly higher than theoretical amount of air. Combustion heat released higher than 70% by radiant heat in premixed catalytic combustion likewise diffusive catalytic combustion.

Key words : Catalytic combustion, Fiber mat catalytic burner, Pre-mixed, Combustion characteristic

1. 서 론

지구온난화에 의한 기상이변과 원유 가격의 급격히 상승 등으로 인해 에너지의 효율적 이용에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 산업현장에서 주로 사용되고 있는 화석연료는 연소를 통해 에너지로 변환되는데, 연소기기의

효율을 높이기 위해 다양한 연소방식이 활용된다. 촉매 연소 기술은 낮은 온도에서도 연소반응이 쉽게 일어나기 때문에 연소과정에서 NO_x와 같은 공해물질의 배출이 적고, 부하를 낮추어도 안정적인 연소가 가능하다^[1]. 그러나 촉매연소장치는 연소반응이 촉매 층에서 일어나기 때문에 높은 연소효율을 얻기 위해서 촉매 층의 온도를 규정온도(촉매연소 개시반응 온도 이상)로 유지시켜야만 한다. 이로 인해 다양한 형태의 촉매연소장치가 만들어지고 있다. 저온의 열을 사용하기 위해 만들어진 촉매연소장치는 주로 매트 형태의 연소촉매를 사용하고 있으며, 확산 연소방식에 의해 연소가 이루어진다. 확산 연

[†]To whom correspondence should be addressed.
Nano-material Research Center, Korea Institute of Energy Research, KIER
Tel: 042-860-3611
E-mail: kssong@kier.re.kr

소방식은 연소촉매를 기준으로 서로 반대 방향에서 연료와 공기가 각각 공급된다. 즉, 연료는 촉매연소 버너 내부의 노즐을 통해 공급되는 반면, 연소반응에 필요한 산소는 연료공급 방향과 반대방향으로 외부공기로부터 확산에 의해 촉매 표면에 도달되도록 되어 있다^{[2][3]}.

기존의 건조장치는 열매체에 의한 간접 가열방식으로 열풍을 만들어 건조 열원으로 사용되고 있기 때문에 열효율을 높이는 데 한계가 있다. 매트 촉매버너를 사용하면 비록 열부하가 1.0~2.0 kcal/cm²·h로 낮지만 연소 가스의 온도를 쉽게 제어할 수 있고 연소열이 복사방식으로 전달되기 때문에 건조공정에서 유용하다^[4]. 촉매연소에 의해 발생된 연소열이 원적외선 형태로 피가열체에 전달되며, 피가열체 내부까지 열이 쉽게 전달되어 열손실이 적고 균일한 건조가 가능하다^[5]. 실제 표면과 내부로 열이 동시에 공급되면 피가열체 내부에 있던 수분이 표면의 기공이 축소되기 전에 외부로 빠져나오기 때문에 건조속도가 빨라지며 제품의 특성을 향상시킬 수 있다.

매트 형태의 연소촉매를 사용하는 촉매버너가 대부분 채택하고 있는 확산 촉매연소 방식은 외부 공기로부터 산소가 확산되어야 하기 때문에 사용하는데 많은 제약이 있다. 이를 극복하고 다양한 분야에서 촉매연소 버너가 활용될 수 있도록 하기 위해 본 연구에서는 매트 형태의 연소촉매를 사용하는 촉매버너에 연료를 공기와 미리 혼합하여 공급하는 예혼합 방식으로 촉매연소 실험을 수행하여 예혼합 연소특성을 분석하고 확산 방식의 촉매연소 결과와 비교하였다. 예혼합 조건 변화와 단열재 두께에 따른 연소특성 변화를 고찰하여 매트 촉매연소 버너의 설계기초 자료를 확보하고자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2-1. 매트 형태의 연소촉매 제조

촉매연소 버너에 사용된 연소촉매는 알루미늄 매트(Saffil CG MAT)에 백금을 함침법으로 담지 하여 만들었다. 증류수에 규정된 용량의 염화백금산(H₂PtCl₆·6H₂O)을 넣어 염화백금산 수용액을 만들고 알루미늄 매트를 담가 염화백금산이 함침 되도록 한 다음, 열풍 건조기에 넣고 110°C에서 24시간 건조시켰다. 건조된 알루미늄 매트는 450°C에서 4시간 소성한 다음 수소가 10% 함유된 가스로 6시간 환원시켜 백금 담지 알루미늄 매트 촉매를 만들었다. 촉매 담지량은 백금이 0.5 wt%가 되도록 하였다.

2-2. 매트 촉매연소 버너의 제작

실험에 사용한 매트 촉매연소 버너는 Fig. 1에 나타

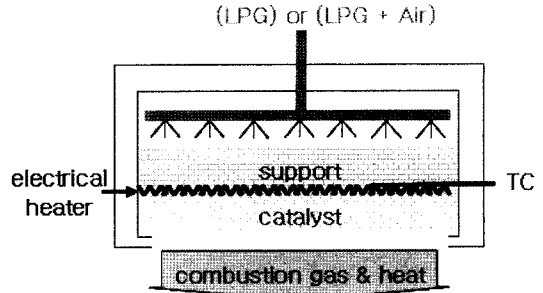


Fig. 1. Schematic diagram of fiber mat catalytic burner.

낸 구조로 만들었다. 버너의 구성은 Fig. 1에 보인바와 같이 연료가스를 공급하는 노즐, 단열재, 히터, 매트촉매 등으로 되어 있다. 노즐은 압력손실은 고려하지 않고 확산식 촉매연소와 예혼합 방식의 촉매연소 실험을 모두 수행할 수 있도록 만들었다. 단열재는 국내에서 보온재로 널리 사용되고 있는 세라크울을 사용하였고, 두께는 최적화 연구를 위해 40~80 mm로 하였다. 초기 매트촉매를 연소반응 개시온도 이상으로 가열하기 위해 2 kW 용량의 전기 히터가 사용되었다. 촉매 층과 단열재 층의 온도는 열전대를 설치하여 측정하였다.

2-3. 매트 촉매연소 버너의 연소실험

매트 촉매연소 버너의 연소실험은 두 가지 방식, 즉 확산 방식의 촉매연소 실험과 예혼합 방식의 촉매연소 실험으로 구분되어 수행되었다. 확산방식의 촉매연소 실험은 먼저 전기히터를 이용하여 촉매 층의 온도가 250°C 이상 되도록 촉매 층을 충분히 예열한 다음, 촉매연소 버너에 LPG를 공급하여 연소반응이 진행되도록 하였다. 이 때 연료는 버너 내부에 설치된 노즐을 통하여 공급되지만, 촉매연소 반응에 필요한 산소는 촉매버너 외부 공기로부터 확산에 의해 촉매 층으로 들어오도록 되어 있다. 즉 연소반응에 필요한 산소의 확산 흐름이 연료의 공급 방향과 반대 방향으로 진행된다.

예혼합 촉매연소의 실험방법은 확산식 촉매연소 방법과 유사하다. 다른 점은 확산 연소방식에서는 노즐을 통해 연료인 LPG만 공급하는 반면, 예혼합 연소방식에서는 LPG와 공기가 혼합된 연료가스가 노즐을 통해 공급되도록 하는 것이다. 매트 촉매연소 버너의 부하는 공급 LPG의 양으로 조절하였는데, LPG의 유량은 1~4 l/min, 공기는 과잉공기비에 맞추어 MFC를 이용하여 제어하였다. 촉매연소 버너의 촉매 층에 연료가스가 공급되기 시작하면 촉매연소 반응이 일어나기 시작하고, 촉매연소 반응에 의해 생성된 연소열에 의해 촉매 층의 온도가 올라가기 시작한다. 촉매연소 버너의 내부 온도는

Hybrid recorder를 이용하여 기록하였다. 촉매연소 버너의 내부온도가 일정해지면(대략 1.5시간) 매트촉매에 근접되어 설치된 시료채취 관으로 연소 배기가스를 포집하여 THC(Total hydrocarbon analyzer) 또는 GC를 이용하여 연소가스 중에 존재하는 이산화탄소와 프로판 등을 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3-1. 확산방식 촉매연소버너의 연소특성

매트 형태의 연소촉매를 사용하는 촉매연소 버너는 대부분 확산 연소방식을 채택하고 있다. 확산방식 촉매연소에서 연소에 필요한 산소는 연료의 공급방향과 반대 방향으로 공급되기 때문에 산소의 확산속도가 매트 촉매연소 버너의 성능을 좌우한다. Fig. 2는 매트 촉매연소 버너를 위 방향으로 설치하고, 연료의 공급량을 증가 시키면서 촉매 층의 온도를 측정하여 나타낸 것이다. 그림에서 연소부하는 단위 시간 동안 단위 매트 촉매의 면적에서 발생된 열량을 나타내는 것으로써, 프로판의 공급량을 연소열(25,00 kcal/m³)로 환산하고 촉매버너에서 매트의 크기(30×100 cm²)로 나누어 계산한 값이다. 부하가 낮을 때에는 연소반응에 필요한 산소가 촉매 층 안쪽까지 확산되어 연료와 처음 만나는 촉매 층에서 연소가 일어나 층의 온도가 높다. 연소부하가 커질수록 연료의 공급이 많아지는 반면 외부 공기로부터 확산되는 산소의 양은 한정되어 있기 때문에 연소가 일어나는 주요 촉매 층이 바깥쪽으로 이동함을 알 수 있다. 특히 부하가 0.5 kcal/cm²·h 정도로 높아지면 외부에 노출된 촉

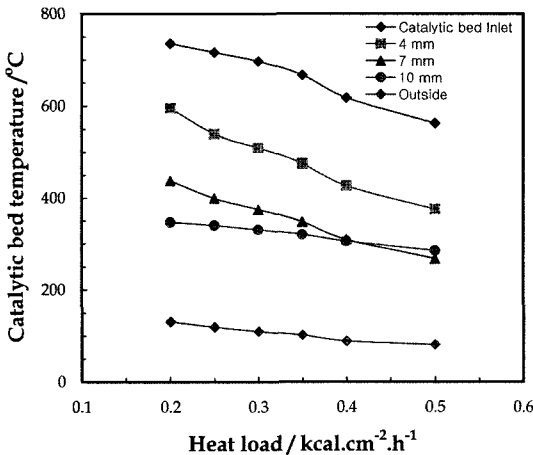


Fig. 2. Catalytic bed temperature with heat load in diffusive catalytic combustion when burner was installed upward.

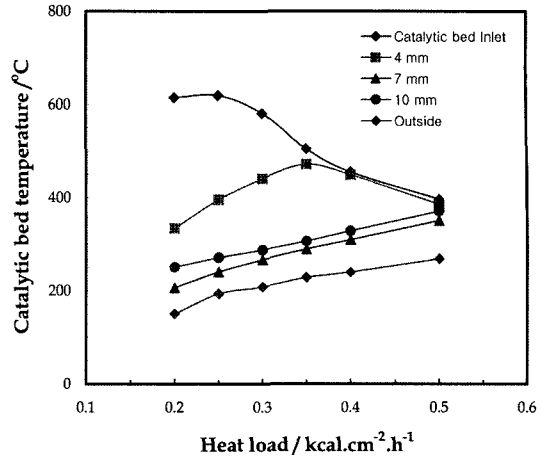


Fig. 3. Catalytic bed temperature with heat load in diffusive catalytic combustion when burner was installed downward.

매 쪽에서 연소가 주로 일어나고, 외부 촉매 온도가 촉매 안쪽 온도 보다 약간 높은 경우가 관찰되기도 한다. 이와 같은 현상은 매트 촉매버너가 아래 방향으로 향하여 설치되고 연소가 이루어질 때 명확해진다. 촉매연소 버너를 아래 방향으로 설치하고 확산방식 촉매연소 반응이 진행될 때, 연료의 공급량을 증가시키면서 촉매 층의 온도를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 보인바와 같이 확산방식 촉매연소에서 버너의 설치 방향이 아래로 향하면 위 방향으로 설치되었을 때 보다 산소 확산이 어려워 촉매 층의 온도가 전체적으로 낮아지고 있다. 이처럼 촉매연소버너를 아래로 향하게 설치하고 연소시키면 연소가 잘 일어나지 못한다. 하지만 대부분의 건조공정에서는 건조물이 컨베이어 위로 이송되기 때문에 촉매연소 버너를 아랫방향으로 설치해야만 한다. 따라서 건조 장치에서는 매트 형태 촉매연소 버너를 공기 확산방식으로 연소시키면서 부하를 높이기 어렵고, 매트 촉매연소 버너의 가장 큰 장점인 복사에 의한 전열량을 높이는 데 어려움이 많다.

촉매연소 버너의 연소성능은 연소가스의 분석으로 명확히 알 수 있다. 촉매연소버너를 위 방향, 아래 방향 및 경사(10°)로 설치하고 확산방식으로 촉매연소 시키면서 연소가스를 분석하여 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 촉매연소버너의 설치 방향에 따른 연소가스를 비교해보면 확산방식 촉매연소 버너가 위 방향으로 설치되었을 때에는 연소효율이 99.5% 이상이며 미연 LPG 농도가 25 ppm 이하였으나, 버너가 아래 방향으로 설치되었을 때에는 연소성능이 떨어지고 미연 LPG의 농도가 상당히 높아졌다. 하지만 촉매연소 버너를 약간 기울이면 대류

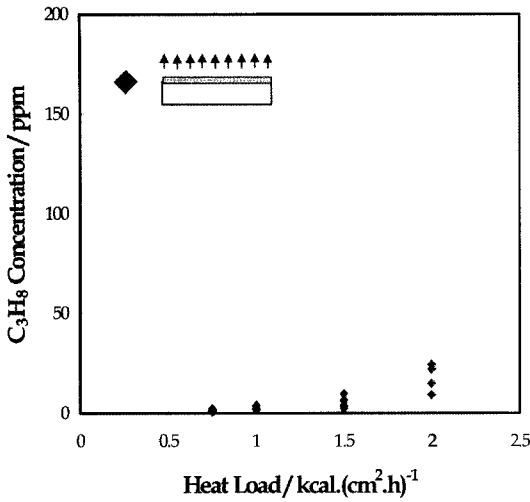


Fig. 4. Unburned hydrocarbon with heat load in diffusive catalytic combustion when burner was installed upward.

에 의한 공기 공급이 원활해져 연소효율이 다소 증가됨을 알 수 있었다. 따라서 실제 공정에서 매트 촉매연소버너를 아래 방향으로 설치하고 확산방식으로 연소시킬 필요가 있을 때에는 약간 기울여서 사용하는 것이 효과적이라 생각된다. 매트 촉매연소 버너의 주변에 있는 공기의 온도가 산소의 확산에 미치는 영향분석과 연소를 통해 발생된 이산화탄소와 수증기가 산소의 확산에 미치는 영향을 파악하기 위해 3일 동안 같은 조건을 유지하면서 경사진 촉매연소 버너의 아래 부분, 중심부분, 위 부분에서 연소가스를 채취하고 분석하여 Table 1에 나타내었다. 연소 배기가스 중에 존재하는 프로판의 농도는 표에서 보인바와 같이 시료채취 위치에 따라 차이를 보이고 있다. 일반적으로 연소 배기가스는 온도가 높기 때문에 촉매버너를 조금만 기울여도 대류 현상에 의해 배기가스가 경사면을 따라 위로 올라간다. 이로 인해 촉매버너의 아래 부분은 차가운 공기가 계속 유입되어 촉매표면 주위의 온도가 비교적 낮고 연소가스 층이 얇게 형성되는 반면, 뜨거운 연소가스가 계속 위로 이동하기 때문에 윗부분에서는 촉매 주변 온도가 높고 연소 배

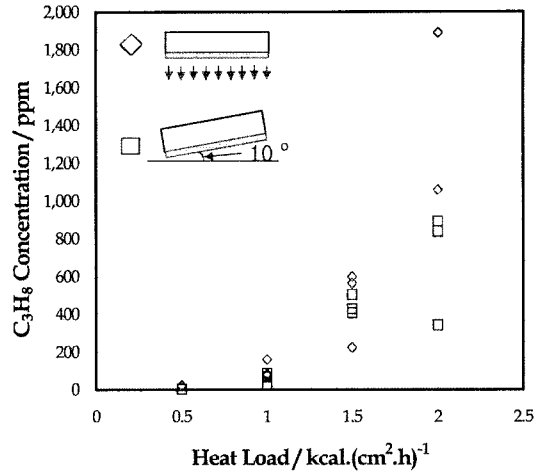


Fig. 5. Unburned hydrocarbon with heat load in diffusive catalytic combustion when burner was installed downward.

기가스 층이 두껍게 형성될 것이라 생각된다. 실험 결과에서 연소가스 중에 존재하는 프로판의 농도는 윗부분에서 채취할 때보다 아랫부분에서 채취할 때 높게 나타나고 있다. 이로부터 매트 촉매연소 버너 주변에서 연소에 의해 발생된 이산화탄소나 수증기가 산소 확산을 억제하는 효과는 크지 않고, 연소에 의해 생성된 열이 촉매 주변의 온도를 상승시켜 산소의 확산속도를 높이는 데 많은 영향을 준다고 생각할 수 있다. 이것은 실제 촉매연소버너의 응용장치를 만들 때 효율적인 공기 공급을 위해 유용하게 사용될 수 있다.

3-2. 매트 촉매연소버너의 예혼합 연소특성

주어진 공간 내에서 매트 연소촉매 버너를 이용하여 연료를 확산방식으로 연소시키면 공기 공급의 부족으로 인하여 부하를 높일 수 없고 연소 특성이 나빠지기 때문에 응용장치를 만들는데 제한이 따른다. 이를 극복하기 위해 별도로 연소 공기를 공급하여 산소가 쉽게 확산 되도록 해주는 시스템이 사용되기도 하지만 장치의 구현에 어려움이 많다. 예혼합 촉매연소 방식은 주로 가스스터빈과 같이 고온 촉매연소에서 많이 사용되는 기술

Table 1. Concentration of propane in the combustion gas with burner position.

Sampling position	Relative concentration of propane in the combustion gas (ppmc)								
	First day		Second day			Third day			
Lower	400	238	243	144	138	122	129	245	
Middle	88	60	72						
Upper	73	58	56	55	62	54	18	22	15

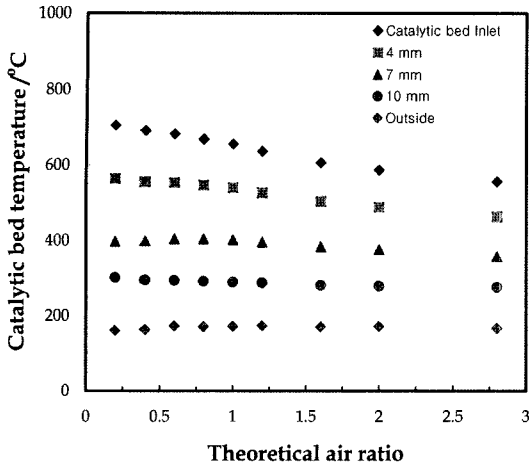


Fig. 6. Catalytic bed temperature with theoretical air ratio in catalytic combustion when burner was installed upward.

이지만, 밀폐공간에서 매트 촉매연소 버너의 연소 효율성을 높이기 위해 도입하였다. 촉매버너에서 촉매 층의 온도는 실시간으로 연소상태를 알아볼 수 있는 손쉬운 지표이다. 매트 촉매연소 버너에서 연소부하를 0.5 kcal/cm²·h로 일정하게 하고 LPG와 공기의 혼합비율을 변경시키면서 LPG와 공기가 혼합된 가스(연료가스)를 공급하였을 때 촉매 층 내부 온도변화를 측정하여 Fig. 6에 나타내었다. 공기량이 증가함에 따라 외부에 노출된 촉매 표면온도는 변화하지 않고 거의 일정하게 유지된 것은 연료가스 중의 공기의 양이 이론공기량보다 적어도

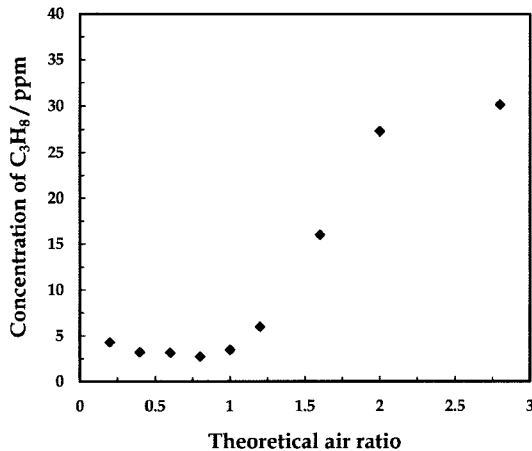


Fig. 7. Unburned hydrocarbon with theoretical air ratio in catalytic combustion when burner was installed upward.

연소실험이 밀폐된 공간에서 수행된 것이 아니기 때문에 일부 공기가 외부로부터 확산되어 들어와 연소가 유지되었기 때문이다. 내부 촉매의 온도는 공기의 유량 증가에 따라 낮아지는데, 이것은 균일한 LPG 공급에 따라 연소열이 일정한 상태에서 공기의 유량이 증가하여 단열상승 온도가 낮아졌기 때문이다.

촉매연소 버너를 공정에서 활용할 때 가장 중요한 것은 연소효율이다. 연료와 혼합되는 공기의 유량에 따라 매트 촉매연소 버너 전면에서 미연 탄화수소를 측정하여 Fig. 7에 나타내었다. 앞에서 언급한 바와 같이 개방된 공간에서 연소실험이 수행되어 이론공기량보다 낮게 공기를 공급했을 때에도 미연 탄화수소가 적게 나타난 것은 매트 촉매연소 버너 외부 공기에서 산소가 확산되어 들어왔기 때문이다. 연료가스 중에 함유된 공기의 양이 이론 공기량보다 많아지면 공기량 증가에 따라 연소 가스 중에 존재하는 미연 탄화수소의 양이 급격히 증가됨을 알 수 있다. 촉매연소 반응속도는 공기비의 증가에 따른 산소농도 증가 영향이 거의 없고⁶⁾, 공기량의 증가는 촉매 층의 온도를 낮추기 때문이라 생각된다.

연료와 공기가 혼합된 연료가스의 과잉공기비를 1.2로 하고, 연소부하를 0.25 kcal/cm²·h에서 0.6 kcal/cm²·h로 올리면서 촉매연소 시킬 때 매트 촉매연소 버너의 촉매 층 내부 온도변화를 측정하여 Fig. 8에 나타내었다. 확산방식 촉매연소와 달리 예혼합 촉매연소에서는 과잉공기비가 일정하여도 연소부하가 증가하면 촉매 층 내부에 축적되는 열의 증가로 인하여 촉매 층의 온도가 올라간다. 연소부하가 0.25에서 0.6 kcal/cm²·h로 증가됨에 따라 촉매 층 입구온도는 160°C 정도 증가되는데 비해 촉매 층 외부 온도는 60°C 정도 증가된다. 만일 배

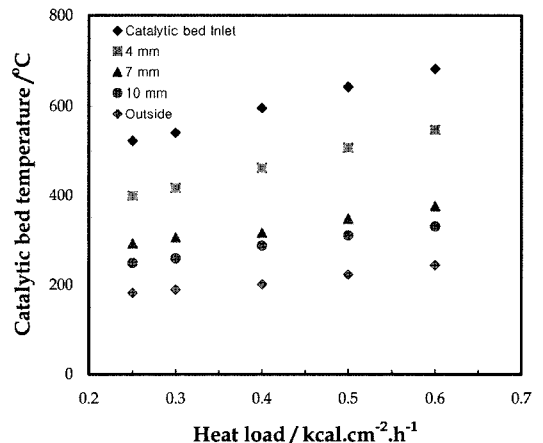


Fig. 8. Catalytic bed temperature with heat load in premixed catalytic combustion.

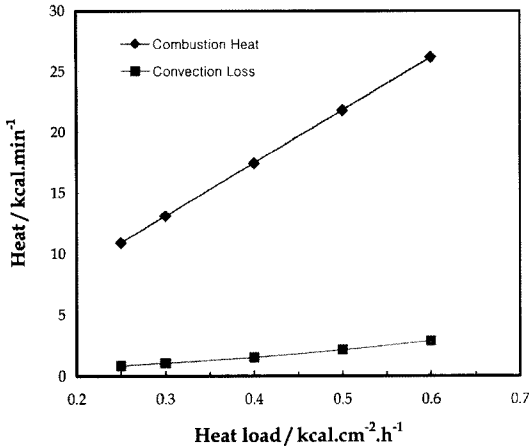


Fig. 9. Comparison between combustion heat and convection loss by flue gas.

기가스의 온도가 촉매 층 외부표면 온도와 같은 온도로 배출된다고 가정하고 연소가스가 갖고 나가는 현열을 계산하여 보면 전체 발생열량 중에 연소가스가 갖고 나가는 열량이 매우 적다. Fig. 9에 나타난 바와 같이 연소 부하가 0.25 kcal/cm²·h 경우에는 연소열의 10% 정도가 연소가스의 현열로 배출되고, 연소부하가 0.6 kcal/cm²·h 일 경우에는 연소열의 14% 정도가 배기가스로 배출된다. Radcliff와 Hicjman^[2]은 확산방식 촉매연소 버너에서 발생된 열량이 17% 정도 연소가스에 의해 배출되고 13% 정도는 촉매연소버너에서 전도에 열손실로 방출되면 70% 정도가 복사에 의해 배출된다고 하였다. 확산방식 촉매연소 버너에서는 노즐을 통해 연료만 공급되기 때문에 촉매 층에서 생성된 연소가스가 천천히 지나가고, 외부에 노출된 촉매표면에서 반응이 일어나기 때문에 비교적 표면온도가 높다. 하지만 예혼합 촉매연소 버너에서는 연료와 공기가 혼합된 가스가 촉매 층을 통과하기 때문에 확산 방식에 비해 상대적으로 빠르게 연료가스가 지나간다. 그럼에서 보인바와 같이 연료가스가 유입되는 촉매 층의 온도가 대기와 접한 촉매 층 온도보다 높게 나타나고 있다. 이것은 본 실험조건에서 대부분의 연료가 촉매 층 입구에서 반응이 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 연소반응에 의해 온도가 상승된 연소가스는 촉매 층을 지나면서 일부 열이 촉매 층으로 전달되면서 온도가 낮아진다. 그러므로 연소가스의 온도는 촉매 층 외부 표면 온도보다 높을 것으로 생각되지만, 유속이 매우 낮기 때문에 편차는 크지 않다고 생각된다. 따라서 매트촉매를 사용하는 연소버너에서 비록 연료를 예혼합 방식으로 공급하여도 발생된 열은 70% 이상은 복사에 의해 열이 전달된다고 할 수 있다.

3-3. 매트 촉매연소버너의 구조와 연소특성

확산 연소방식으로 사용되는 매트 촉매연소 버너에서는 연소에 의해 발생된 열이 노즐 쪽으로 이동되는 것을 방지하기 위해 촉매 층 전단에 단열재를 설치한다. 따라서 단열재의 두께는 열전달(이동)에 의해 역화가 일어나지 않을 정도인 20~40 mm 정도 이다. 하지만 예혼합 방식으로 사용되는 촉매연소버너의 촉매 층 전단에 설치된 단열재는 연소에 의해 발생된 열이 노즐 쪽으로 이동되는 것을 방지하는 역할 뿐만 아니라 연료가스가 단열재를 통과할 때 연료가스에 열을 공급해주는 역할도 한다. 따라서 예혼합 방식으로 연료가스를 공급하는 매트 촉매연소 버너에서는 단열재는 두껍게 설치한다. 최적의 단열재 두께를 결정하기 위해 단열재가 각각 40, 60, 80 mm 두께로 설치된 매트 촉매연소버너 만들고, 연

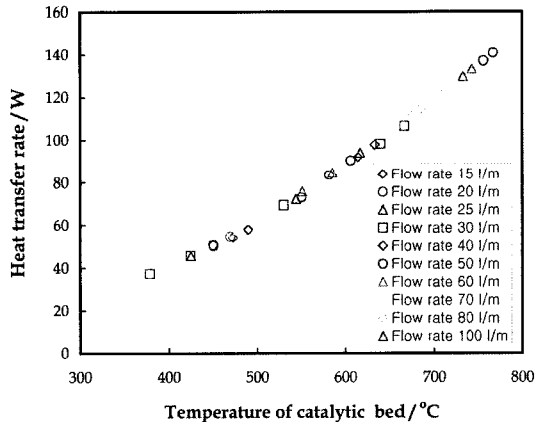


Fig. 10. The effect of flow rate on heat transfer with the catalytic bed temperature.

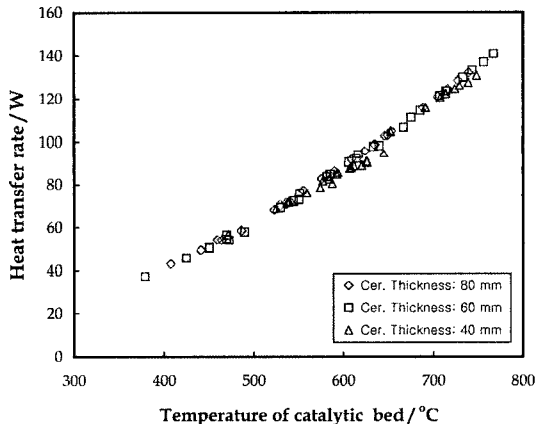


Fig. 11. The effect of ceramic wool thickness on heat transfer with the catalytic bed temperature.

료가스의 유량과 연소부하를 변경시키면서 전열속도를 측정하였다. Fig. 10은 촉매 층과 단열재가 만나는 지점의 온도와 단열재 사이의 온도를 기준으로 3종류 두께의 단열재에서 유량의 변화에 따른 전열속도를 계산하여 도시한 것이고, Fig. 11은 연료가스의 유량이 15~100 l/min 범위에서 단열재의 두께에 따른 전열속도를 계산하여 도시한 것이다. 연료가스의 유량변화에 따라 촉매와 단열재의 접촉면 온도가 달라지는데 촉매와 단열재 접촉면에서 전열속도를 계산하여 보면 전열속도는 연료가스의 유량에는 영향이 없고 촉매와 단열재 접촉면의 온도에 의존한다는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 파이버 매트 촉매의 내열온도는 700°C 정도이므로, 매트 촉매버너가 산업적으로 이용될 때에는 연료의 공급량을 조절하여 매트촉매와 단열재 층의 온도가 700°C 이상 되지 않도록 한다. 이와 같이 매트 촉매연소 버너에서 매트 촉매와 단열재 층 사이의 온도가 700°C로 제한되므로 단열재의 두께를 무한정으로 증가시켜도 단열재 층에서 연료가스의 예열에 이용되는 열은 한정된 값으로 수렴되고 더 이상 증가되지 않는다. 따라서 매트 촉매연소 버너에서 단열재 두께를 60 mm 정도로 만드는 것이 제작비용과 전열특성을 고려할 때 최적임을 알 수 있었다.

4. 결 론

촉매연소 기술의 활용성을 높이기 위해, 낮은 온도의 열 공급에 효율적인 매트 촉매연소 버너를 제작하고 버너의 구조와 연소조건에 따른 연소특성 변화를 고찰하였다. 매트 촉매연소 버너를 이용하여 확산방식으로 연소시킬 때 버너의 설치 방향이 연소반응에 영향을 주는 것을 확인하였다. 또한, 연소에 의해 생성된 열이 촉매 주위의 온도를 높이고, 이것이 주변 공기에서 산소의 확산을 빠르게 하여 촉매 층에서 연소반응이 잘 일어나도록 한다는 것을 알았다. 백금이 담지된 매트촉매 상에서 프로판 연소반응은 산소 농도에 영향을 받지 않기 때문에 예혼합 연소조건으로 매트 촉매연소 버너를 사용

할 때에는 이론공기량 보다 조금 많게 연소 공기를 공급하는 것이 좋다는 것을 알았다. 매트 촉매연소 버너에 사용된 단열재의 열전달 특성 분석으로부터 내부 단열재의 두께는 60 mm 정도로 하는 것이 최적임을 알았다. 확산연소의 경우와 비슷하게 예혼합 형태로 연소가 될 때에도 매트 촉매연소 버너에서 생성된 70% 이상 연소열이 복사방식으로 전달됨을 알았다.

참고문헌

1. Pfefferle, L.D.; Pfefferle, W.C. "Catalysis in combustion", Catal. Rev.-Sci. Eng., 1987, 29, 219.
2. Radcliffe, S.W.; Hickman, R.G. "Diffusive catalytic combustors", J. Inst. Fuel, 1975, 48, 208.
3. Trimm, D.L.; Lan, C.-W. "The combustion of methane on platinum-alumina fibre catalysts. II design and testing of a convective-diffusive type catalytic combustor", Chem. Eng. Sci., 1980, 35, 1731.
4. Seo, Y.S.; Cho, S.J.; Song, K.S.; Kang, S.K. "A fiber-mat catalytic burner for the heating system of PVC tiles", Int. J. Energy Res., 2002, 26, 921.
5. Nema, P.K.; Datta, A.K., "Infra red drying and hot air drying of potato: A theoretical consideration", 2004, 41, 580.
6. Hodnett, B.K. "Heterogeneous catalytic oxidation", John Wiley & Sons, Chichester, England, 2000, 189.
7. Cerri, I.; Pavese, M.; Saracco, G.; Specchia, V. "Premixed metal fibre burners based in a Pd catalysts", Cat. Today, 2003, 83, 19.
8. Trimm, D.L.; Lan, C.-W. "The combustion of methane on platinum-alumina fibre catalysts: I. Kinetics and mechanism", Chem. Eng. Sci., 1980, 35, 1405.
9. Cerri, I.; Saracco, G.; Specchia, V.; Trimis, D. "Improved performance knitted fibre mats as supports for pre-mixed natural gas catalytic combustion", Chem. Eng. J., 2001, 83, 19.