

에너지 절약형 가정용 축매연소 보일러 기술

SYSTEM

고온연소축매버너를 이용한 소형 가정용 보일러의 기술개발을 수행하였다.
본 기술개발의 보일러 시스템은 귀금속이 담지된 세라믹 하니컴형 버너와 상용화된 버너의
가스노즐을 사용한 예혼합식실로 구성되어 있다.
고열부하량에서도 축매연소버너는 공해물질을 배출하지 않으며,
근접가열로 인한 에너지절약효과 있다. <편집자 주>

1. 서론

석유 일변도의 에너지 수급을 해결하기 위하여 에너지원의 다변화와 에너지 공급원의 안정적 확보의 일환으로 천연가스를 도입한 이래로 그 수요가 매년 급증하는 가운데 있으며, (대부분이 산업용으로 전체 도시가스의 40%를 차지하고 있으며, 업소와 가정용으로 60%에 이르고 있다.) 또한 천연가스를 연료로 사용하는 난방기기 수요도 전체 도시가스 공급의 증가와 더불어 증가 추이에 있다. 가정에서는 취사와 겨울철 난방으로 사용하는 온수 및 난방용 장치인 보일러의 수요의 증가가 이를 대변해 주고 있다. 따라서 급증하는 수요에 따라 가정용 보일러에 대한 기술개발이 활발하게 이뤄지고 있으며, 특히 향후 엄격한 환경규제, 에너지 절약 및 선진기술확보 차원에서

기기의 보급 대수에 알맞은 기기의 열효율 향상 및 환경 친화적 기술개발이 선행되어야 할 것이다. 이것의 일환으로 청정연료인 천연가스로 교체 사용했을지라도 연소 후 발생하는 배기가스는 오존층 파괴, 산성비, 스모그 현상 및 지구 온난화 현상과 같은 환경문제를 동반하여 세계적인 사회문제로 되고 있다. 따라서 최근 연소공정에서 발생하는 오염 배출가스인 질소산화물과 일산화탄소의 저감하는 연소시스템 개발이 주요 개발 목표로 되고 있다. 흔히 일반연소의 오염물질 생성 메카니즘에서 질소산화물을 줄이기 위해 온도를 낮추면 낮은 온도로 인해 불완전연소가 발생되어 일산화탄소가 많이 발생하는 현상이 나타난다. 이를 해결하기 위해선 새로운 연소기술의 전기를 마련할 필요가 있게 되었다.

연소시 발생하는 NOx, CO와 미연소 물질은 대

기오염과 산성비의 주범으로 피할 수 없는 배기 가스이다. 특히 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석연료를 이용한 에너지 시스템에서는 고온의 연소반응으로 공기중의 질소(N₂)성분이 1,500°C 이상에서 Thermal NOx를 배출하며, 연료에 잠재되어 있는 prompt NOx와 함께 배출되어 현대 산업사회에서 심각한 환경오염원으로 대두되고 있다. 이에 따라 리우 국제환경회의 이후 지구 전체가 환경보존의 문제를 크게 부각하여 자연환경파괴에 관한 국가간 규제 및 제재조치를 취하는 새 국제법을 제정하였다.

국내에서도 NOx 저감기술의 일환으로 많은 연구가 진행되고 있으며, 그중 SCR(Selectivity Catalytic Reduction)공정은 실용화 및 일부 전력플랜트나 소각공정에 상업화에 성공한 기술이다. 그러나 SCR공정은 설비가 비대하며 운전비용이 고가이어서 고육지책으로 사용하고 있는 실정이다. 따라서 LNG를 사용하는 가스 터빈기술과 열병합 기술이 필요한 전력사업에서는 경제적으로 thermal NOx를 저감하는 원천적인 기술이 필수적이라고 하겠다. 이러한 요구에 따라서 새로운 연소기법 방안으로 연소반응시스템에 촉매를 적용하여 표면반응을 수행하는 촉매연소 기술에 대한 기대가 높아지고 있다.

본 연구는 중·고온의 가정용 보일러(18kW)의 버너에 적용하고자 소형의 촉매연소버너(2.5kW)를 설계하고 촉매연소특성, 온도분포 및 배기가스를 측정함으로써 적용타당성을 조사하고 향후 가스터빈 등 고온 촉매연소버너 개발에 필요한 요소기술을 확립하는데 필요한 기본적인 연구를 수행하였다. 또한 질소산화물과 일산화탄소의 생성을 지금보다 현저히 낮게 발생되는 표면연소의 하나

인 촉매연소방식을 이용하여 국내에서 최초로 고효율, 경량화 및 무공해를 실현할 수 있는 가정용 촉매 보일러 기술에 대하여 언급하고자한다.

2 가스 보일러의 기술개발현황

기존 보일러의 연소기술은 화염연소(flame combustion)로 가스의 누출할 때 폭발 위험에 노출되어 있으며, 고온화염(>1,200°C) 범위에서는 질소산화물(NOx), 일산화탄소(CO) 등 심각한 대기 오염원을 방출하기 때문에 안전성이 뛰어난 새로운 연소기법의 개발이 필요 불가결하다고 하겠다. 이러한 조건을 충족시키기 위한 새로운 관점의 연소기법 방안 중의 하나인 연소반응시스템으로써 "자기자신은 변하지 않고, 다른 반응에 참여하여 반응을 촉진시켜주는 조력자의 역할"을 하는 촉매체에 의해 표면반응을 일으키는 촉매연소 기술에 대한 기대가 높아지고 있다. 이런 촉매연소 기술에 관한 설명에 앞서 가스 보일러의 국내시장 및 기술개발 동향을 알아보려고 한다.

2-1 가스 보일러의 국내시장현황

□ 시장변화 추이

지난 93년부터 96년까지 가스보일러 생산은 평균 45%씩 매년 증가하였으며, 94년과 95년 수요증가의 둔화로 정체기를 맞은 가스보일러 시장은 교체 수요의 확대에 힘입어 제2의 전성기를 맞고 있으며, 이러한 추세는 2000년까지 계속 될 전망이다.

표 1. 연도별 가스보일러 생산 및 판매현황

연 도	91년	92년	93년	94년	95년	96년
판매량	523,000	485,000	570,000	580,000	600,000	645,000
생산량	519,000	449,000	646,000	630,000	615,000	706,000

('97년 10월 6일 월요일자 한국가스신문 참조)

표 2. 향후 가스보일러 판매량 전망

연도	91년	92년	93년	94년	95년	96년
판매량	523,000	485,000	570,000	580,000	600,000	645,000
생산량	519,000	449,000	646,000	630,000	615,000	706,000

□ 가스 소비량(kW)별 생산량 변화 추이

가스소비량별로 점차 소형에서 대형으로 확대되는 추세에 있고, 93년도까지도 5만대이상 판매되었던 11.6kW(10,000kcal/hr)급 보일러는 96년도에는 5백대 수준으로 급격히 줄어든 반면, 23.2kW이하(16,000kcal/hr)급과 23.2kW이상(20,000kcal/hr)급 보일러는 큰 폭으로 증가하는 대부분의 업체에서는 이런 두 종류의 제품을 90%이상 생산하고 있는 실정이다(Fig.1).

그 중에서도 17.4~23.4kW급 보일러의 시장이 가장 큰 것으로 나타났다. 보일러의 사용연료로서는 천연가스 연료로의 전환에 따른 천연가스 시장확대에 따른 LPG용 보일러는 상당히 감소되고 있는 상황으로 천연가스 수요량의 1/3 수준이다(Fig. 2).

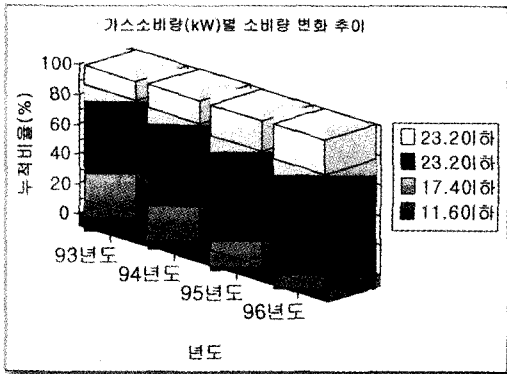


Fig. 1. Trend of change on the heat capacity of gas boiler

2-2 가스보일러의 기술개발동향

최근 환경문제에 관심이 고조되고 있는 가운데 청정연료인 가스의 중요성이 크게 부각되어

있으며, 자동제어 및 메카트로닉스 기술발전에 따른 편리성과 안전성 및 쾌적성이 가스에 부가되면서 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 냉난방 및 급탕으로부터 시작된 가스의 보급 확대가 열병합발전은 물론 일반산업으로 이어지는 추세를 보이고 있다.

선진국의 사업체에서 가스 에너지 활용 설비 중에서 가장 중요한 열기자재인 보일러의 부분에서는 요즘 이슈가 되는 질소산화물(NOx)과 탄산가스(CO₂) 배출량 삭감이 큰 테마이며, 연료의 종류에 따라서 황산화물(SOx)의 배출도 문제가 되고 있다.

이러한 배기가스의 배출 저감 문제를 해결하기 위한 한 방안으로 일본에서는 수관식 혹은 노통연관식 보일러를 도시가스의 열원으로 하는 소형관류 보일러 다관 설치 시스템으로 교체하는 추세가 급증하고 있다. (에너지 관리 '97.9)

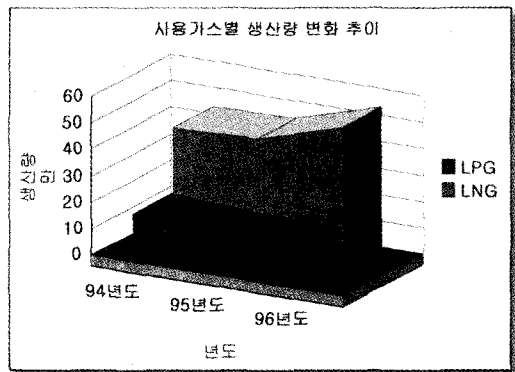


Fig. 2. Trend of the change on fuel in gas boiler

□ 가스 보일러의 기술현황

우리 나라의 가스보일러 사업은 82년 가스보일러 수입자유화 조치 이후 본격적으로 활성화가 이루어 졌으며, 가스보일러의 기술개발은 선진국의 제품을 모방하는데서 시작하였다. 국산화가 되어 판매된 지 10년이 지난 지금 겨우 보일러의 원리와 시장분위기 그리고 우리 나라 시장의 특성에 맞추게 된 것이다. 가스보일러에 대한 업계의 기술요소 부품중의 하나인 가스 콘트롤러를 제외하면 거의 모든 제품이 국산화되어 있는 수준이다.

한편 분전 자연연소 방식에서는 일차공기의 혼합비율(0.4~0.7)에 의해 불꽃의 온도가 약 1,400~2,000°C까지 변화하지만 화염 주변의 2차 공기 흡입으로 연소할 때 부분적으로 고온부가 발생하여 질소산화물 배출량도 다른 연소방식에 비교해서 높아진다. (질소산화물 약 100 ppm) 따라서 이들의 개선이 시급한 실정이나, 이를 위해 2차 공기 공급용의 팬이 필요하게 되어 원가 상승하는 요인이 되고 있다.

이외에도 배기가스 온도의 저하로 열교환기 효율이 저하되기 때문에 열 교환기의 크기가 커지게 된다. 이로 인해 1차 연소용 박스가 필요하게 되고 불꽃이 길어지므로 연소실의 크기가 커지게 되는 현상이 발생된다.

그러므로 질소산화물의 배출을 저감하기 위해서는 ① 연소가스 온도의 저온도화, ② 고온에서의 체류시간의 단축, ③ 고온에서의 산소농도의 저감 등의 방법을 취할 필요가 있다. 구체적으로 저 질소산화물을 시도하는데 버너 구조의 복잡화, 공연비 제어의 고정밀화가 필요하여 고가격화를 피할 수가 없다. 이 때문에 비교적 가격 흡수력이 있는 비싼 상품이 당연한 저 질소산화물의 대상이 되며, 연소 공기용 팬을 탑재한 (강제연소방식) 대형온수기가 여기에 해당된다. 또 질소산화물 버너는 일반적으로 일산화탄소의 발생이 일어나기 쉬움으로 해서 옥외 설치식 (RF형)의 기기를 대상으로 사용되고 있다.

이와는 달리 촉매체를 활용하여 연소시키는 새로운 연소기법인 촉매연소는 질소산화물과 일산화탄소를 동시에 현저히 낮출 수 있는 환경 친화적인 기술로써 화석연료의 깨끗한 연소를 위한 가장 가망성 있는 기술중의 하나이다.

특히 연소할 때에 미연소 생성물, 일산화탄소 (CO)와 질소산화물 (NOx)을 동시에 제어가 가능하고 천연가스를 사용하여 저 NOx 촉매연소기를 개발할 수 있기 때문에 세계적으로 추진되고 있

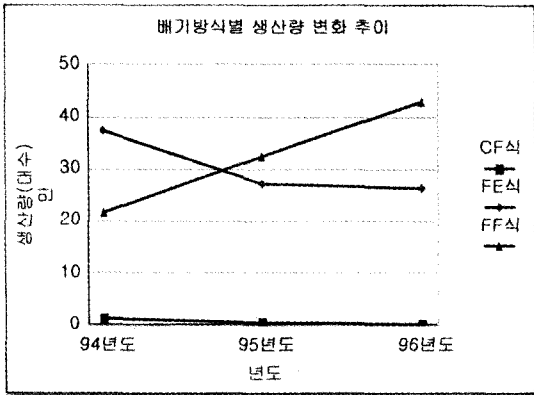


Fig. 3. Trend of emission exhaust method

배기 방식별 생산 현황(Fig. 3)에서 CF (자연배기)와 FE (강제배기)방식은 CF식 자체가 유럽 기구를 모방한 제품의 형태로 우리 나라와 유럽의 주택 및 연돌 구조가 서로 틀린 점을 면밀히 검토하지 않고 여과 없이 도입되어 부적합한 설치와 인명사고가 많았다. 좁은 국토에서 대량의 주택공간을 확보하기 위하여 대단위 아파트의 건축이 붐을 이루고 최대의 생활공간을 확보하는 현실에서 전용 보일러실이 필요한 FE식 보일러보다 FF (강제급배기)방식 보일러의 선택이 유리해짐을 알 수 있다.

는 환경규제에 대응할 수 있는 청정연소기술이다. 환경에 대한 인식이 증가하기 때문에 촉매연소는 환경오염 물질을 저감하는 기술중의 하나로써 주목받게 되었다.

3. 가정용 촉매 보일러의 기술개발현황

촉매 보일러의 연소방식은 기존의 방식과 달리 촉매체를 이용한 촉매반응 방식으로 연소실 내의 온도가 낮으며, 이러한 기술에 의해 반응 활성화 에너지는 상당히 감소되고 있다. 촉매에 의한 천연가스 연소는 질소산화물 생성 온도 이하에서 반응을 유지시키는 촉매 보일러의 원리에 대해서 알아보려고 하였다.

3-1. 촉매연소기(보일러)의 원리

촉매연소는 "촉매"라는 물질에 가연성 기체(천연가스, 도시가스 등) 연료와 공기중의 산소가 접촉·반응됨으로써 열을 발생하는 연소를 말한다. 촉매 물질은 연소할 때 "자기자신은 변하지 않고 연소에 참여하여 반응을 촉진시켜 주는 조력자의 역할"을 하는데, 연소기에 공급되는 연료와 산소를 촉매에 순간적으로 흡착·반응시킨 후 열이 발생되고, 이 때 생성된 이산화탄소

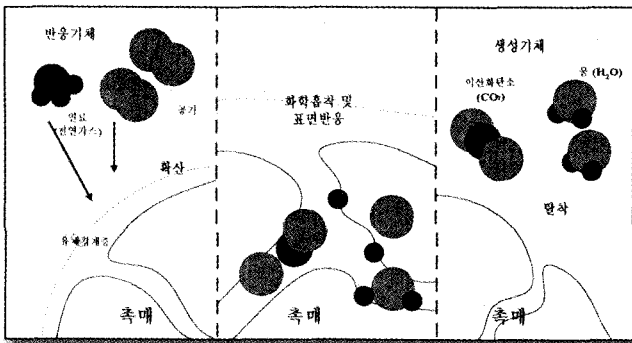


Fig. 4. Catalytic combustion mechanism

와 물은 순간적으로 촉매에서 탈착된다(Fig. 4). 이러한 반응물과 생성물의 흡착·탈착을 반복하는 과정에서 연소가 일어나는 것을 말한다. 촉매에 의한 연소 반응이 일어나기 때문에 저온·저농도의 연소로부터 질소산화물(NOx) 생성을 크게 줄이고, 에너지이용 효과를 크게 제고 할 수 있는 신연소 기술이다.

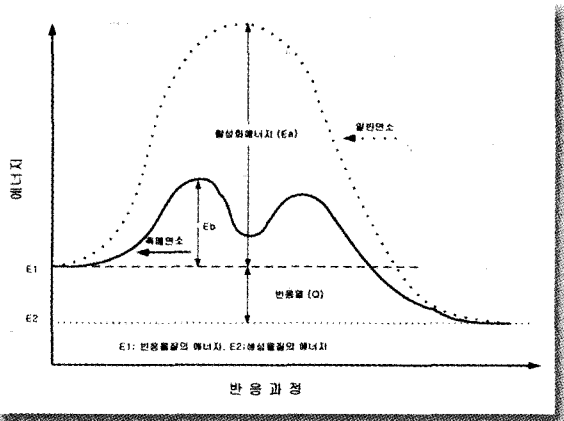


Fig. 5. Activation energy of chemical reaction

촉매에 의해 연소는 일반연소(화염연소)에 비해 활성화에너지(연소에 필요한 에너지)가 낮기 때문에 연소반응이 낮은 온도에서도 일어난다.

다시 말해서 메탄 연소 반응할 때 일반연소는 약 100kcal/mole의 활성화에너지(=Ea)가 필요한 것에 비해 촉매연소는 약 20-30kcal/mol(=Eb)이 필요하다.(Fig. 5) 그러므로 질소산화물이 거의 배출되지 않으며, 완전산화반응으로 미반응 물질이 거의 없기 때문에 환경 친화적인 기술이다. 또한 연료/공기의 양으로 연소기내의 온도를 자유롭게 조절 가능하고 저 농도에서도 추가 연료 없이 연소가 가능하므로 에너지절약 기술이기도

하다. 특히 저온 촉매연소의 경우에는 불꽃 없는 연소로 피가열체의 근접 가열이 가능하고, 원적외선이 많이 방출되어 피가열체의 높은 에너지 흡수력을 보여 고효율 에너지 기술로서 에너지 이용 효과를 크게 제고할 수 있는 신 연소기술이다. 촉매 연소기는 온도에 따라 저온, 중온과 고온으로 분류하여 사용하기도 하나, 흔히 공기의 혼합방식과 비율에 따라 확산식, 회박 예혼합식, 그리고 초회박 연소로 구분하여 쓰여진다. 즉, 연소시킬 때 필요한 산소가 주위 공기로부터 확산에 의해서 공급되면 확산식, 이들을 연소기 후면에서 미리 혼합하여 공급되면 예혼합식으로 불린다. 흔히 확산식의 경우 피가열체의 온도가 낮은 온도를 요구할 때 주로 사용되며, 예혼합 방식은

피가열체의 온도와 발열량이 높은 온도인 중·고온을 요구할 때에 적용된다. 한편, 초회박 예혼합식은 공장으로부터 배출되는 가연성 유기물질과 같은 회박한 배출가스를 연소시켜 배기가스 처리 및 에너지 회수를 목적으로 공기를 미리 혼합시켜 연소하는 방식을 말한다. 따라서 이들의 촉매연소의 특징 및 응용 기기에 대하여 표 3에 간략하게 요약한 것처럼 다양한 용도를 지니고 있다. 특히 저온형 확산연소기인 산업용 건조기 및 가열기는 시장보급이 서서히 이루어지고 있으나, 중·고온형 예혼합 연소기인 보일러에는 이제 개발하여 상품화를 준비하고 있는 실정이다. 이들에 대한 국내의 기술개발 현황을 대하여 알아보 고자 한다.

표 3. 연소 방식에 따른 촉매연소의 구분

다음호에 이어서...

연소 방식	특 징	응 용 기 기
확산 연소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화재 안전성 우수 ○ 원적외선 방사효율 극대화 ○ 저온 영역; ~ 500℃ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 휴대용 난방기, 상업용 난방기 ○ 산업용 가열기 (도장 건조, 착색가공, 염색가공)
예혼합 연소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중·고온영역; ~1,300℃ ○ 저 NOx 화 (< 10 ppm, O₂ 15%) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 열동력 회수용의 산업 가열기 ○ 가정용 및 산업용 보일러 ○ 가스터-빈
초회박 연소	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배가스 정화 ○ 폐열 에너지 회수 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탈취장치

살림의 지혜 / 치약활용법

은 목걸이나 은수저 등 은제품에 푸르스름하게 녹이 슬었을 때 치약을 묻혀 닦아주면 새것처럼 다시 빛을 발한다는 건 잘 알려진 사실이다. 은수저 외에도 치약을 활용해 각종 때(?)를 말끔히 제거할 수 있는 아이디어가 많이 있다. 이제 막 그림을 그리는 재미를 안 아이가 집에 있다면 벽지를 미루듯 가구 여기저기에 색연필로 그린 추상화가 가득하다. 비눗물이나 세제를 이용하자니 가구가 상할 것 같고, 내버려두자니 지저분하고, 이럴 땐 부드러운 면 헝거코에 치약을 묻혀 문지르면 깨끗해진다. 또 오래 사용한 커피잔 바닥에 생긴 지저분한 갈색 얼룩이나 문 손잡이에 낀 때, 대리석 계단이나 바닥도 치약을 이용해 닦아주면 다른 세제를 사용하는 것보다 쉽게 때를 닦아낼 수 있다. 시계 유리판에 작은 흠집이 났을 때도 부드러운 천에 치약을 묻혀 문지르면 없어진다.