

고효율, 에너지 저소비형- 콘덴싱보일러를 이용한 에너지절약



(주)대열보일러제작소
송한승 이사

1. 서론

우리경제는 급변하는 국제 경제 여건 및 IMF로 인한 경제적 재난으로 기업의 연쇄도산, 대규모 실업사태 등 몹시 어려운 상황에 직면해 있다.

온 국민이 국가적 재난극복을 위해 모든 역량을 집중하는 가운데 설상가상으로 석유수출국기구(OPEC)의 원유 감산정책 및 국제 원유가 상승으로 수출의 감소는 물론 원자재 수입가 상승으로 인하여 우리 경제는 장기적 침체마저 우려되고 있다.

우리나라의 에너지 소비는 세계 10위, 소비증가율 세계8위, 석유도입규모 세계4위로 매년 경제성장보다 30%이상씩 증가해 왔으며 IMF 경제위기로 에너지 소비행태는 일시적으로 줄어들긴 하였으나 전반적인 경기회복 조짐에 따라 그간 위축되었던 에너지 소비는 급격한 증가세를 보이고 있다.

또한 선진국들의 기후 변화 협약에 따른 온실가스 감축의무 부담으로 에너지 소비 감축을 요구하는 국제적 압력이 거세지고 있다. 따라서 에너지 절약사업은 21세기 우리가 당면한 과제중 가장 시급히 해결해야 할 사항으로 체계적이고 지속적인 에너지 절약 정책의 개발이 필요하며 나아가 과감한 고효율 에너지 절약시설 개발 및 투자지원을 확대

할 필요성을 절실히 느낀다.

2. 고효율보일러 국내 개발 현황

고유가 시대의 도래로 인한 사용자들이 원가 절감노력과 정부의 에너지 절약정책이 강하게 일고있는 가운데 국내보일러 업계에서는 유일하게 (주)대열보일러제작소(대표이사 : 신춘식)에서 90년대초부터 고효율 보일러 개발에 착수하여 현재 실용화에 성공하였다.

국가공인기관의 테스트를 거쳐 에너지 절감 효과가 입증된 우수한 제품에 대해 에너지 관리공단이 수여하는 인증제도에 지난해부터 산업용 가스보일러가 추가 되면서 보일러 업계 전반에 걸쳐 에너지 저소비형 보일러 개발에 촉매 역할을 하고 있다.

특히 (주)대열보일러제작소에서 국내최초로 개발한 콘덴싱보일러는 에너지관리공단으로부터 국내최고 효율(102.1% ; 3Ton/Hr 보일러 기준)을 최초로 인증 받았으며 일정 규모이상의 국내신축건물은 물론 산업체에 납품하여 그성능의 우수성을 인정 받고 있다.

3. 콘덴싱보일러의 원리

1) 도시가스(LNG)는 탄소와 수소가 결합된 연료로 항상 완전 연소가

되며 유황(S) 성분이 전혀 포함되어 있지 않아 저온에서 금속을 부식시키는 황산(H₂SO₄)의 발생이 없는 청정연료이다.

도시가스 성분 =

$CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8 + C_4H_{10} + N_2$
메탄 에탄 프로탄 부탄 질소
(%)90 + 6.8 + 2.5 + 1 + 0.3 = 100%

2) 도시가스중에 포함된 수소(H₂)는 보일러 내부에서 연소시 산소(O₂)와 결합되어 물(H₂O)로 변화한다. 이 물은 연소시 발생하는 연소열(고위발열량)에서 약10%의 기화열(잠열)을 흡수하여 수증기로 변화하여 배기가스에 포함되어 외부로 방출한다(겨울철 이 수증기가 찬공기와 접촉하면서 응축되어 굴뚝으로 환연기가 나는 듯이 보이는 것이며 자동차를 시동시 배기가스통 끝에서 물이 떨어지거나 김이 나는 것도 같은 원리임).

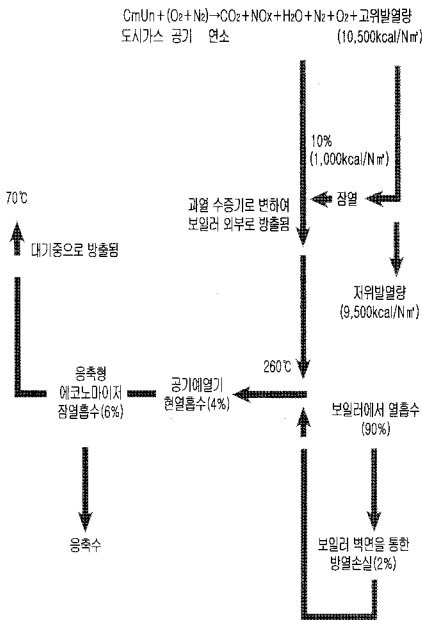
가스의 고위발열량 - 기화열(잠열) = 저위발열량
10,500 kcal/Nm³ 950 kcal/Nm³
9,550 kcal/Nm³

3) 물은 고위발열량 중에서 열을 흡수하여 수증기가 되고 수증기는 찬공기나 찬물이 통과하는 전열면과 만나면 다시 물로 응축되면서 잠열을 방출한다.

(기화열 539 kcal/kg)

콘덴싱보일러는 수증기가 포함된 가스보일러의 배기 가스 통로 중에 찬물을 통과 시키는 열교환기를 설치하여 열교환기의 전열면적에서 수증기가 다시 물로 응축될 때 발생하는 열을 흡수하여 물을 가열하고 연소 가스중의 현열을 공기 예열기로 흡수하여 100%이상의 효율을 달성하는 것이다.

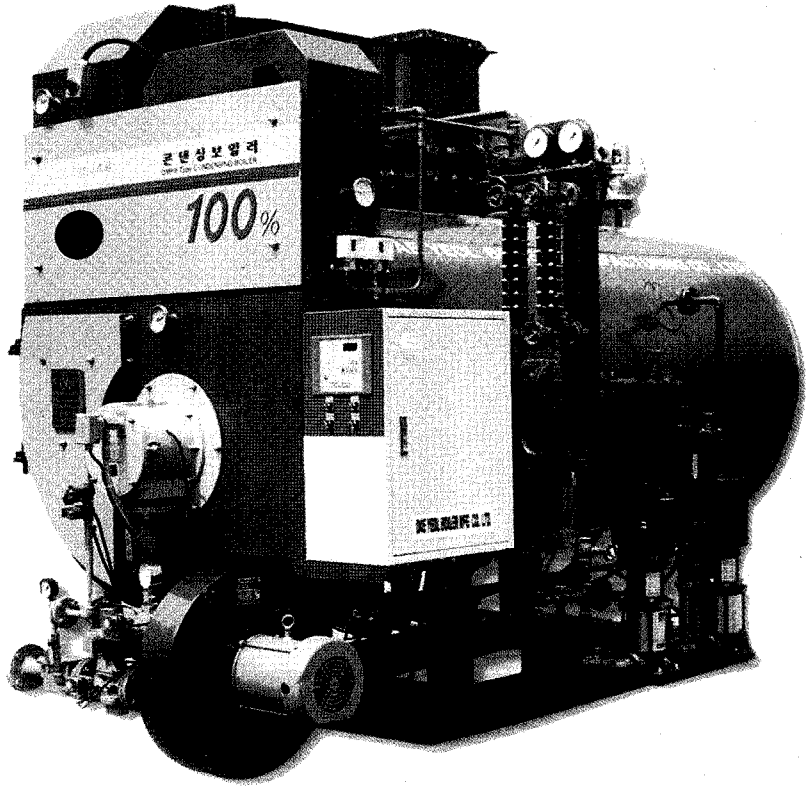
4) 콘덴싱보일러의 원리를 공식화 하고 도식화 하면 <그림-1>과 같다.



(그림1)콘덴싱보일러의 원리

스팀/중온수 보일러는 관수의 포화온도가 저온수보일러에 비하여 상대적으로 높아 보일러 배기가스온도도 높아지게 된다.

현열과 응축잠열을 모두 온수로 회수하면 온수 수량이 너무 많아 사용처가 마땅하지 않다. 히트파이프로 제작된 공기 예열기로 설치하여 현열을 회수하여 연소용 공기를 가열하므로 연소상태가 매우 좋아지는 것이다.



5) 콘덴싱보일러와 환경
도시가스는 벵커C유나 경유에 비하여 환경에 영향이 적게 미치는 청정연료이나 도시가스도 연소하게 되면 CO₂, CO, NO_x를 발생하여 환경에 영향을 미치게 된다.

선진국에서도 이 양을 줄이기 위해 저 NO_x버너, 저 NO_x보일러 등을 개발하여 사용하고는 있으나 CO₂는 그대로 방출되고 NO_x는 60ppm 이하에서 배출되는 정도이다.

일반적으로 가스보일러의 배기가스 중에는 CO₂가 10~12%, NO_x는 60~80ppm 정도 포함되어 있다. 이 유해가스는 산성비를 내리게 하고 대기권의 오존발생 및 성층권의 오존파괴를 유발하게 된다. 콘덴싱보일러 사용시 식(1), 식(2)에서 보는 바와 같이 CO₂와 NO_x가 연소중 발생한 응축수에 녹아 들어가 대기로 방출시 <그림 3>에서와 같이 CO₂는 약40%가 감소되어 6~7%로 배출되고 NO_x는 20ppm이하가 되어 공해물질이 현저히 줄어들게 된다.

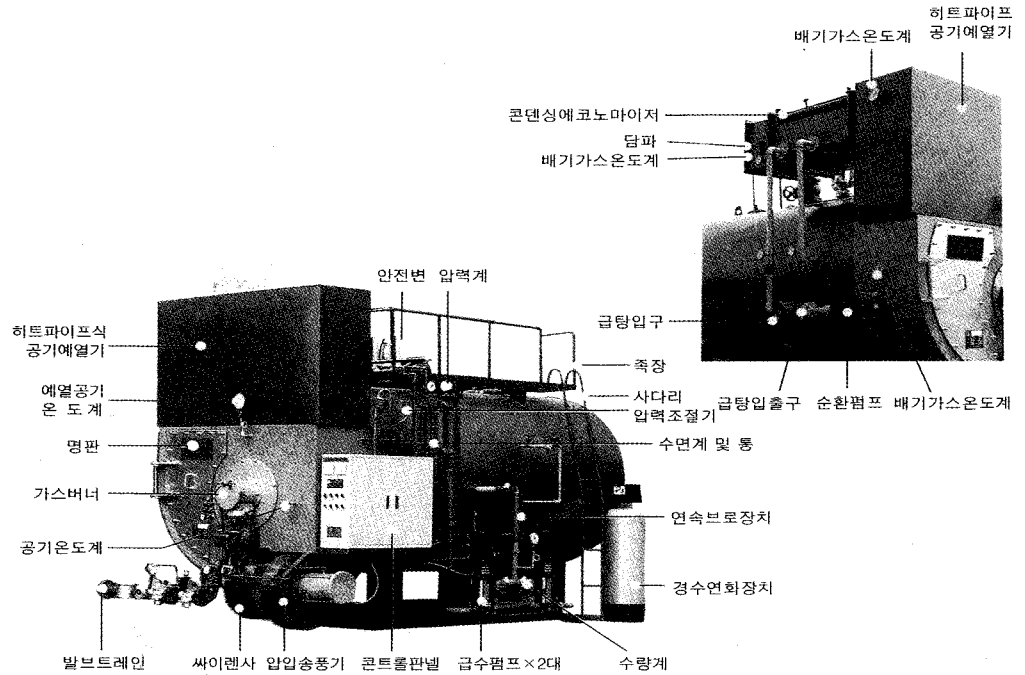
CO₂ + H₂O → H₂CO₃식 (1)
NO_x + H₂O → HNO₂ → HNO₃식 (2)
또한 이때 방출된 응축수는 산성(PH 3.5 ~ 4.5)을 띠며 이것은 식(3), 식(4)에 의해 중화처리(PH 6.5 ~ 7)되어 하수로 버려지게 된다.

H₂CO₃ + Mg → MgCO₃ + 2H⁺식 (3)
HNO₃ + Mg → MgNO₃ + 2H⁺식 (4)

6) 히트파이프식 공기예열기의 구조와 원리

히트파이프는 진공으로 된 보일러용 파이프 내부에 열매체인 증류수를 봉입하고 표면을 알미늄 전축환(AL-Radial Fine)을 부착시킨 고성능 열이동 파이프이다.

보일러 전면에 8도 경사로 설치된 히트파이프내의 증류수는 배기가스의 열을 흡수하여 빠른 속도로 증발되어 경사면을 따라 응축부로 이동되고 송풍기에



서 공급되는 연소용 공기에 열을 전달한 후 응축되어 증발부로 되돌아 오며 이런 과정을 되풀이 하므로서 배기가스 온도를 낮추고 연소용 공기를 예열하는 장치를 히트파이프식 공기에열기(Heat Pipe Air - Preheater)라 한다.

7) 히트파이프식 공기에열기의 특징

(1) 히트파이프는 동 알미늄보다 500~1000배 정도 열전도성이 우수하므로 재래식 관형 열교환기에 비하여 크기와 중량이 1/3로 작아져서 보일러 전면에 조립식으로 (Cartridge)설치가 가능하다.

(2) 파이프의 표면은 열 전달이 우수한 알미늄 전조흔을 부착하여 작은 스페이스에 큰 전열 면적을 배치할 수 있다.

(3) 히트파이프는 증발부와 응축부의 온도가 균일하여 열에 의한 신축이 거의 없으므로 수명이 반 영구적이다.

8) 콘덴싱 에코노마이저의 특징

(1) 에코노마이저는 배기가스 응

축수에 의한 산 부식을 방지하고 녹물 대신 깨끗한 급탕 온수를 공급하기 위하여 SUS 316 Spiral Tube로 제작된다.

(2) 직관에 비하여 전열성능이 2배 이상 월등한 Spiral Tube를 사용하므로 크기와 중량이 1/2로 작아지고 수명은 반 영구적이다.

(3) 에코노마이저는 보일러 상부에 조립식(Cartridge)으로 설치되어 스페이스를 줄일 수 있고 전열면에 발생하는 응축수의 자연 배수가 가능한 구조이다.

9) 응축형 에코노마이저의 원리도 배기가스 통로 중에 응축형 열교환기를 설치하여 튜브 내부에 급수를 통과 시키면 전열면의 온도는 노점(Dew Point)이하로 떨어지고 배기가스에 포함되어 있는 수증기의 응축잠열(Condensing)에 의하여 급수 또는 급탕온수는 가열된다.

이를 콘덴싱 에코노마이저 (Condensing economizer)라 한다.

Flow Sheet에서 보는 바와 같이 콘덴싱 에코노마이저는 배기가스 통로 중에 히트파이프식 공기에열

기와 직렬로 설치되어 연소가스중의 수증기를 응축시켜 대기의 스모그(Smog)현상을 방지하고 CO₂ 및 NO_x의 발생량이 줄어들어 청결한 환경에도 이바지 한다.

4. 콘덴싱보일러를 이용한 에너지 절약

보일러 효율을 향상시키고 에너지를 절약하기 위해서는 보일러의 열손실 가운데에서 가장 큰 배기가스 손실을 줄이는 것이 가장 효과적이다.

따라서 특수한 폐열회수장치를 부착하여 대기로 방출하는 배기가스 온도(260℃)를 약 70℃이하로 낮추어 배기가스가 포함하고 있는 폐열(잠열, 현열)을 회수하여 재활용함으로써 콘덴싱보일러는 일반 보일러에 비해 약 10%이상의 에너지 절감효과를 기대할 수 있으며 에너지사용 절감금액만으로도 빠른 시일내에 투자비 전액을 회수할 수 있으므로 ESCO사업 등에 활용하기 가장 적합한 보일러이다.