

콘덴싱보일러의 개발현황 및 효과

조홍원*, 박인석**, 양광열*

ABSTRACT

콘덴싱보일러는 배기가스중의 수증기를 콘덴싱방식이라는 열교환 기술을 통해 2개의 열교환기에서 응축시키면서 생기는 응축잠열을 보일러에 더하여 줌으로써 기존보일러 대비 15 ~ 20% 이상 열효율이 높이는 첨단기술이 사용된 보일러로 콘덴싱보일러의 개발현황, 에너지 절감 효과 그리고 환경친화적 효과를 소개하고자 합니다.

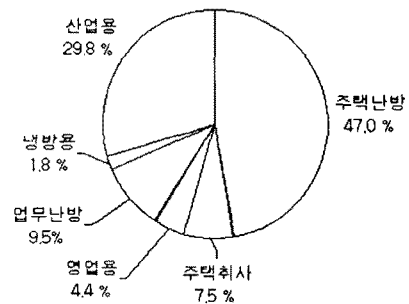
Key Words : 콘덴싱보일러, 현열 열교환기, 잠열 열교환기, 응축수, 응축잠열, 진발열량, 총발열량, 에너지 절감, 환경친화

1. 서론

연초부터 국제여건의 변화에 따라 고유가 상황이 지속되면서 에너지절약에 대한 범국민적인 관심이 이어져 에너지의 효율적인 사용과 고효율 에너지기기에 대한 필요성이 과거 어느 때보다 크게 대두되고 있다. 아울러 공해물질을 배출을 최소화하는 환경친화적인 에너지기기에 대한 관심이 여전히 뜨겁다.

국민 대다수가 사용하고 있는 가정용 가스보일러는 그 연료가 도시가스, 즉 LNG로 전량 수입하여 기화시켜서 파이프라인으로 각 가정으로 배달되고 있다. 2002년도 한국가스공사의 통계를 보면[그림 1], 이 도시가스의 절반 가량(47.0%)이 주택 난방용으로 사용되고 있으며, 도시가스를 이용한 주택난방에는 가스보일러가 사용되고 있다. 주택 난방에너지 절약을 위하여는 주택자체의 단열 시공에 의한 방열량을 줄이는 방법, 효율이 높은 고효율보일러를 사용하여 연료의 소비를 줄이는 방법과 사용 자가 에너지절약을 위하여 방의 온도를 낮게 생활하는 방법이 있을 것이다. 이 방법들 중 효율이 높은 콘덴싱보일러의 개발 및 보급에 의한 효과를 보면, 국내의 가정용 가스보일러를 콘덴싱 보일러로 모두 교체하여 가구당

평균 20% 정도를 절감한다면, 10% 정도의 LNG 사용을 줄일 수 있을 것이므로, 국가 경제에 기여도가 매우 클 뿐만 아니라 환경보호 측면에서도 큰 도움이 될 것이다



[그림 1] 2002년도 도시가스 판매비율 (한국가스공사 자료)

2. 콘덴싱보일러

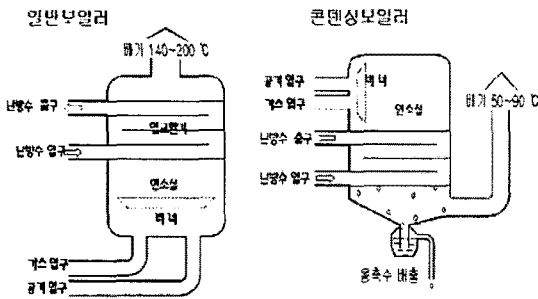
2.1 콘덴싱 원리

콘덴싱(condensing)이란 말은 '기체를 액체로 응축한다'는 의미이며, 보일러에서는 배기가스에 포함된 수증기를 응축시키면서 응축열을 유용한 열로 흡수하여 사용함을 뜻한다고 볼 수 있다.

* (주)경동보일러
** 한국에너지기술연구원

콘덴싱 원리를 단적으로 표현하자면, 배기가스로 버려지는 높은 온도의 열을 대부분 흡수하면서 배기가스에 포함된 수증기를 물로 응축시키는 과정에서 발생하는 응축열 즉, 숨어있는 열까지도 흡수해 난방과 온수로 사용하는 것이라고 할 수 있겠다.

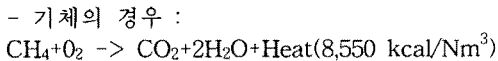
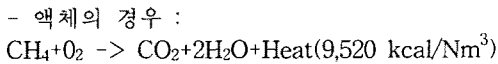
물이 액체에서 기체로 증발할 때는 열을 가해야 하지만, 반대로 수증기로부터 열을 빼앗으면 수증기인 기체가 액체로 응축된다. [그림 2]에서 보듯이, 일반보일러의 배기가스 온도는 대부분 150℃~200℃ 정도로 높지만, 콘덴싱보일러는 50℃~70℃ 정도의 낮은 온도로 가스를 배출시킨다. 또한 배기가스 중의 수증기를 응축시켜 그 열마저도 흡수할 수 있는 기술이 적용되고 있다



[그림 2] 콘덴싱보일러 개념도

2.1 콘덴싱보일러 열효율

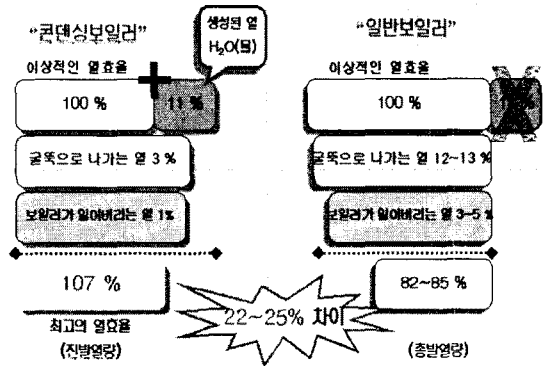
대부분의 가스보일러는 도시가스(LNG)를 연료로 사용하고 있는데, 이 도시가스의 주성분은 메탄(CH4)으로 되어 있다. 메탄의 연소방정식은 다음과 같다.



액체의 경우 연소방정식의 발열량은 총발열량을 나타내며, 기체의 경우는 진발열량을 나타낸다. 일반적으로 보일러 효율은 진발열량 기준으로 표시 하므로 응축수를 많이 회수하는 콘덴싱보일러는 열효율이 100% 가 넘는 것이 가능해진다. 도시가스의 총발열량과 진발열량과의 차이는 11% 정도이며, 배기온도가 낮아 상대적으로 열손실이 작아지므로 사용조건에 따라 다소 차이는 있으나 일반보일러와 콘덴싱 보일러의 열효율의 차이는 [그림 3]에서 보듯이 약 20% 정도가 된다

콘덴싱보일러는 일반보일러보다 배기가스에 포함되어 있는 응축열 11%를 더 많이 이용할

수 있고, 열교환부와 배기가스의 온도가 상대적으로 낮아 배기손실과 방열손실을 낮춤으로써 획기적으로 열효율을 높일 수 있게 되었다.



[그림 3] 콘덴싱보일러와 일반보일러의 효율 비교

3. 콘덴싱보일러 개발 현황

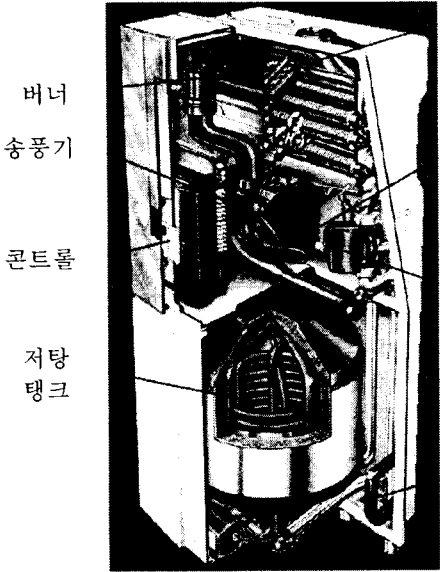
3.1 최초의 콘덴싱보일러

콘덴싱보일러는 70년대 에너지 위기 이후 에너지에 대한 효율적인 사용을 위하여 1978년 네덜란드에서 가정 난방용 콘덴싱보일러가 개발되어졌으며, 그 이후 유럽전역의 주요 보일러 메이커들이 앞 다투어 개발 보급하였다.

당시의 유럽의 보일러는 열효율이 대부분 70%(총발열량 기준) 정도인 주철제 보일러이므로 콘덴싱보일러는 기존 보일러에 비해 평균 20~30% 이상 에너지를 절약할 수 있는 에너지 기기로 각국의 정부의 다양한 지원하에 보급되어 시장점유율을 높일 수 있었다.

우리나라는 80년대 도시가스의 보급이 급속히 증가됨에 따라 가스보일러의 시장이 커지면서 가스비 절감에 대한 소비자의 요구에 따라 1988년 네덜란드의 기술을 도입하여 1989년 2월 경동보일러에서 최초로 가정용 콘덴싱가스보일러(모델:Turbo)를 생산하였다.

Turbo콘덴싱보일러는 알루미늄 핀튜브 (Fin-Tube)로 구성된 열교환기를 가지고 있으며, 지며 되어 있으며, 버너는 Premix 버너를 사용한 것이 중요한 특징이다. 열교환기에 사용된 알루미늄은 알루미늄 주물을 사용한 다른 보일러에 비하여 내식성이 큰 알루미늄 합금을 사용하여 응축수에 대비하였다. 열효율은 102~104%(진발열량 기준)로 국내 최초로 100%가 넘는 보일러가 개발되었다.



열교환기

적인 부분은 열교환기와 버너의 차이이다.

콘덴싱보일러의 열교환기는 응축수에 의한 부식을 막기 위하여 스테인리스나 알루미늄 재질을 사용하는 것이 일반적이며, 효율증대를 위하여 전 열면적을 키워야 하고, 열효율을 극대화하기 위하여 향류식 열교환 방법으로 설치하는 것이 바람직하다.

버너는 응축수에 젖지 않도록 하향 또는 측향으로 설치 되어야 하고 불꽃방향이 상방이 아니므로 일반적으로 많이 사용하는 분첸식 버너는 사용할 수 없으므로 예혼합연소 버너를 사용해야 한다. 예혼합연소 방식은 역화방지나 폭발방지를 위한 구조가 되어야 하지만 일산화탄소(CO)와 질소산화물(NOx) 발생이 기존버너보다 현저하게 적다.

당연히 응축수 배출을 위한 배출구도 있어야 되고, 연도 내에서 생성된 응축수도 보일러 쪽으로 배출시키게 된다. 이때 배기가스의 온도는 일반보일러가 150~260℃인데 비하여 콘덴싱 보일러는 50~90℃ 정도이다.

[그림 4] 콘덴싱보일러 Turbo 구조

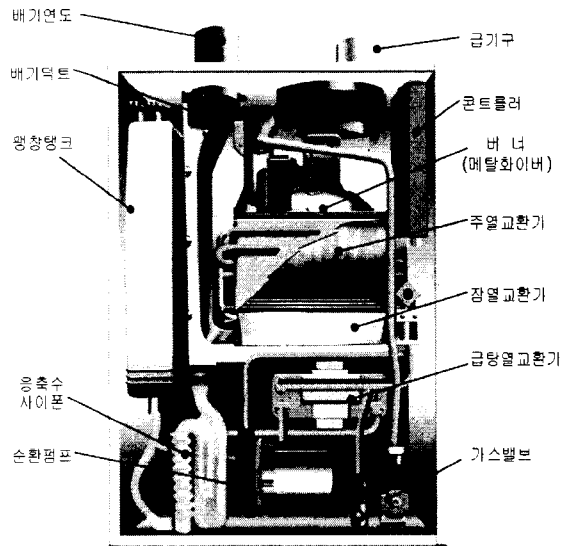
이 시기 이러한 콘덴싱 보일러에 대한 원리 및 특징에 대하여 기술자들조차도 선뜻 이해를 쉽게 하지 못하고 있는 경우가 많아 많은 논란의 대상이 되곤 하였다.

콘덴싱보일러 Turbo는 주요 구조가 유럽 보일러 제품을 따르고 있어서 그 크기가 기존 국내 제품에 비하여 크고 무거웠으며 가격경쟁력도 떨어져서 활발하게 보급되지는 못하였다. 그러나 콘덴싱보일러 Turbo의 열교환기는 이제 국내에서 생산되어 유럽으로 현재까지 수출되고 있음을 볼 때 콘덴싱보일러의 전형적인 구조를 가지고 있음을 알 수 있다.

3.2 한국형 콘덴싱보일러

최초의 콘덴싱보일러 보급 이후, 10여년 이상을 꾸준한 연구개발에 매진하면서 1998년 마침내 우리나라 실정에 맞는 한국형 콘덴싱보일러(KC)를 개발보급하기에 이르렀고, 이 보일러를 통해 신개념의 보일러 기술을 세상에 공개할 수 있게 되었다. 열효율 107% 수립과 더불어 에너지 절약과 환경개선에 기여한 공로를 인정받아 에너지위너상, 에너지기술상, 에너지대상 등 각종 대외 수상과 기술적 개가를 공식적으로 인정받게 되었다. (www.boiler.co.kr 참조).

일반적으로 가정용 가스보일러는 가스연료를 버너에서 공기중의 산소로 연소시켜 연소열을 열교환기로 흡수하여 난방열 또는 온수열로 이용하게 된다. 일반 보일러와 콘덴싱 보일러와의 차이는 [그림 5]의 한국형 콘덴싱보일러 구조도를 보면 이해가 쉬울 것이다. 콘덴싱 보일러의 특징

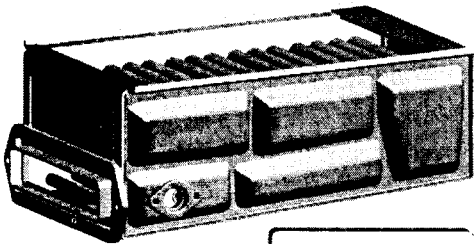


[그림 5] 한국형 콘덴싱보일러 KC 구조

KC보일러의 구조는 [그림 5]를 보면 쉽게 알 수 있다. 연소용 공기는 상부에서 송풍기에 의하여 유입되고, 가스는 하부의 오른쪽에서 가스밸브를 통하여 유입되어 송풍기 하단에서 공기와 혼합되어 연소실로 보내지며, 연소실에서 연소된 가스는 열교환기의 현열부와 잠열부를 거쳐 내려가 응축수를 남기고 다시 위로 배출된다. 난방환수는 순환펌프에 의하여 열교환기로 유입되어 열을 흡수하고 나와, 삼방면에 의하여 난방 또는 온수 모드로 구분이 되며, 난방시는 난방공급의

로 가계되며, 온수 사용시는 온수열교환기에서 급수에 열을 전달하고 순환펌프로 돌아가서 순환이 된다.

KC의 주요 설계기술은 [표 2]에 요약되어 있다. 열교환기는 현열회수부와 잠열회수부로 구분되어 설계하였으며 잠열회수부는 [그림 6]에 구조를 나타내었으며 응축수에 의한 부식방지를 위하여 내식성이 우수한 스테인리스 재질을 이용하였고 핀과 튜브의 용접방법을 니켈이 함유된 용접제를 이용한 브레이징 용접으로 완전히 해결할 수 있었다.



열효율 107%의 POINT

[그림 6] KC의 스테인리스 잠열 열교환기

구분	설계기술
열교환기	<ul style="list-style-type: none"> - 전열효율의 증대 및 전열면적 확보 : 향류식 열교환 방법 - 스테인리스 브레이징 용접기술 - 현열부와 잠열회수부의 구분설계 - 응축수 접촉부위 방식 : 스테인리스 재질 사용
버너 및 연소	<ul style="list-style-type: none"> - 응축수 배출 구조 : 하향 연소 - 하향연소이므로 예혼합연소 - 과잉공기비의 최적화 ($\lambda=1.3$) - 버너 염공부 : 메탈화이버 - 저NOx, CO : 각각 30ppm 이하
제어	<ul style="list-style-type: none"> - 공기비례제어 : 부분부하에서도 일정한 공연비 유지 - 역풍, 연도막힘 등의 외부환경 변화시 연소성 유지 - 일정한 온도 유지

[표 2] 콘덴싱보일러 주요 설계기술 요약

초기의 잠열열교환기는 스테인리스 Fin-Tube 로 구성되었으나, 현재는 스테인리스 나관을 사용하여 전열면적을 더욱 향상시켜 열효율을 높이는 데 기여하였다.

버너 및 연소는, 하향연소이므로 분젠식 연소 방법은 이용할 수 없으므로 예혼합 연소방법을 이용하였으며, 금속섬유버너(MFB) 버너를 이용하여 공기과잉율을 1.3정도의 균일한 화염면을

형성하고, 저부하시 역화를 방지하였으며, NOx, CO의 발생량을 각각 30ppm이하를 달성할 수 있었다.

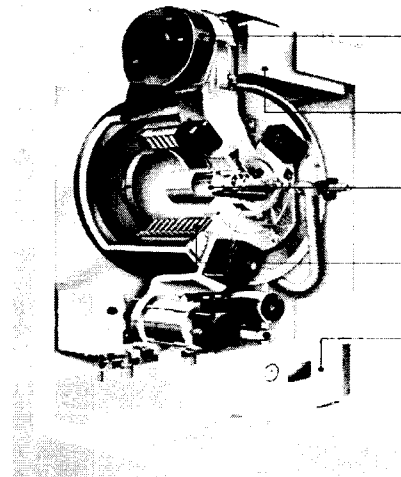
제어측면에서는 공기공급압력에 비례하여 가스가 공급되는 시스템을 국내 최초로 채용하였다. 메인 컨트롤러에 의하여 난방수의 온도와 송풍기가 연동하여 비례제어가 되고 송풍기의 송풍압에 의하여 가스공급압이 기구적으로 설정이 되어 가스가 공급이 되도록 되어 있으며, 가스밸브는 안전장치나 운전 ON/OFF 작동에 의하여 가스밸브를 작동할 수 있도록 연결되어 있다.

3.3 New 콘덴싱보일러

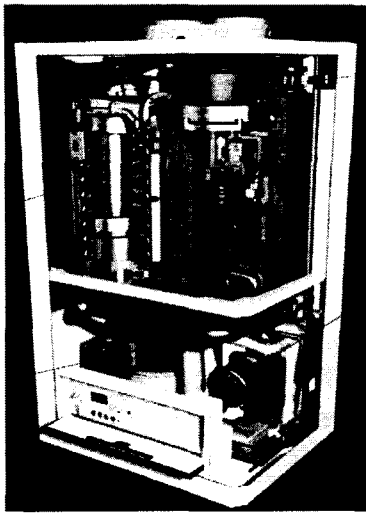
한국형 콘덴싱보일러 KC모델은 콘덴싱보일러에 대한 인지도를 크게 높이고 “돈버는 보일러”로 이미지를 정착시켰다. 또한 콘덴싱보일러의 산업규격 (KS B 8127 “콘덴싱 가스 온수보일러”, 2002년)을 제정토록 하였으며, 콘덴싱보일러 보급률 향상에 크게 기여하였다.

그러나 제조회사의 기술수준의 향상과 고객지향적 상품 창출 요구에 따라 다시금 새로운 콘덴싱보일러를 탄생을 예고하고 있다.

콘덴싱의 고향인 유럽에서는 다양한 구조의 콘덴싱보일러가 제조되고 있으며, 여러 난방기기 전시회에서 콘덴싱보일러는 제조사의 기술력을 입증하는 주요제품이 되었다. 구조상으로는 기존의 하향식 열교환구조에서 벗어난 횡형식, 상향식 제품도 출시되었으며, 그 재질도 스테인리스, 알루미늄 합금 외에 다양한 내식성재료들이 갖가지 형상으로 제작되고 있고 그 핵심목표는 콤팩트하면서 가격경쟁력이 있는 콘덴싱열교환기인 것이다.



[그림 7] Viessmann 콘덴싱보일러

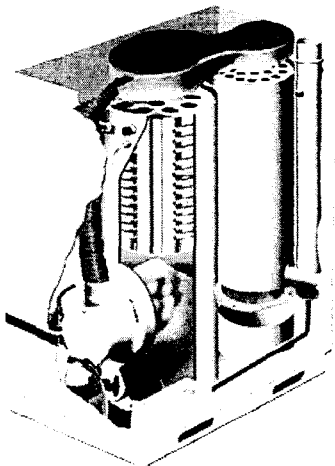


[그림 8] Nefit 콘덴싱보일러 Smart Line

버너 역시 콤팩트 열교환기에 적합하게끔 메탄화 이버, 스텐인리스 적층형, 반구형 복사 버너 등 다양한 구조를 채용하여 발전하고 있다

또한, 기름보일러에서도 콘덴싱 기술이 채택되어 고효율 보일러 경쟁에 나서고 있다. 기름 콘덴싱보일러에서는 가스와 달리 연료중의 황(S, 난방유:0.073% 함유)성분이 연소하는 과정에서 수증기와 반응하여 황산을 생성하여 응축수의 pH가 약 2.0인 강산성을 가져 보일러 기기의 부식을 유발시키므로 이에 대한 대책이 요구된다.

2004년 열효율이 102~104%에 이르는 콘덴싱 기름보일러 HC가 국내에서는 최초로 개발되어 보급되고 있으며 최근의 고유가상황에서 연료비를 절감할 수 있는 보일러로 각광받고 있다.



[그림 8] 콘덴싱 기름보일러 HC

이제 콘덴싱보일러는 다시한 번 변하고 있는 것이다. 이에 따라 한국형 콘덴싱보일러는 세계로 나갈 수 있는 보일러, 고객 지향적 콘덴싱보일러로 변할 것이며, 일반보일러와 비교해서도 우월한 경쟁력을 가져 높은 보급률을 이룰 수 있는 국민보일러로 재탄생을 앞두고 있다.

콘덴싱보일러의 첨단기술이 지니고 있는 기술적 특성을 통해 국가적으로는 에너지 절약과 환경보전이 가능하고, 고객 입장에서는 가계 경제의 주름살을 펼 수도 있으며, 제조회사는 기술수준의 향상과 고객지향적 상품의 가치를 높일 수 있는, 그야말로 '일거다득'의 효과를 얻을 수 있기 때문이기도 하다. 나라와 고객, 그리고 제조회사가 공히 누릴 수 있는 부가가치가 너무도 크다는 사실을 말하고자 함이다.

3. 콘덴싱보일러 효과

3.1 에너지절약 효과

서두에서 간략히 설명했듯이 경동 콘덴싱보일러는 스텐레스로 제작된 잠열 열교환기를 이용하여 배기가스로 버려지는 열의 대부분을 흡수하고, 배기가스 중의 수증기를 응축시켜 응축잠열을 회수하는 기술에 의해 연료와 가스비를 절약하는 구조로 되어 있다.

일반보일러의 경우는 열교환기의 재질이 응축수에 견디지 못하므로 일정효율 이상의 효율을 올리는 것이 불가능한 구조이지만, 콘덴싱보일러는 응축수에 견딜 수 있는 안전한 구조로 설계되어 있기 때문에 열기기가 올릴 수 있는 한계치에 가까운 열효율이 가능하다.

에너지 절약에 대한 실증적인 자료 중 한국 에너지기술연구소의 연구조사 결과를 보면 실제 사용조건에서 20% 이상의 가스비 절감효과가 있음을 확인할 수 있다.

[표] W.S. 아파트단지의 평수별 및 월별 평균 가스사용료 현황 (단위:원)

구분	22평	27평	31평
비콘덴싱	36,111	46,807	65,383
콘덴싱	28,762	30,498	46,178
가스비차이	7,348	11,310	19,206
차이	20.3%	24.2%	29.4%

위 [표]의 자료는 서울의 모 아파트 479세대를 대상으로 1999년 11월~2000년 4월에 고지된 가스 사용료를 조사한 결과를 정리한 것으로, 그 결과는 콘덴싱보일러의 경제성에 대해 시사하는 바가 매우 크다고 볼 수 있다.

22평, 27평 및 31평 각각에 대한 일반 가스보일러 대비 콘덴싱 가스보일러의 가스사용료 평균 절감비율이 각각 20.3%, 24.2%, 39.49%로 나타났다음을 보여주고 있으며, 총 평균값은 27.0% 정도에 최소 20.3% 이상 차이가 있음을 알 수 있다. 이 자료는 조사대상 가정이 사용하는 전체 가스비로 난방용과 취사용이 모두 포함된 자료이다. 한국가스공사의 통계[그림 1]에 의하면 도시가스 판매량 중 가정 난방용이 전체의 47% 정도를 차지하고 있으며, 가정용 도시가스 판매량 중 난방용이 56.5% 인 점을 볼 때 그 효과는 대단한 것이다.

3.2 환경보호 효과

콘덴싱보일러는 유럽의 독일이나 네덜란드와 같이 환경에 대해 엄격한 기준을 적용하고 있는 선진국에서도 사용을 적극 권장하고 있는 제품이다. 콘덴싱보일러의 주요 환경친화적인 측면은 지구온난화 방지에 대한 기여와, 유해배기가스의 배출을 크게 감소시키는 것으로 요약될 수 있다.

(1) 지구 온난화 방지에 기여

엘니뇨와 라니냐 등과 같은 이상기후의 원인인 지구온난화의 주범은 현재까지의 연구결과에 의하면 이산화탄소가 가장 영향이 큰 것으로 알려져 있다. 바로 이 이산화탄소는 대부분 탄소가 주성분인 화석연료(기름, 가스 등)의 연소에 의하여 발생되고 있다. 따라서, 기후변화협약에서는 이산화탄소를 줄이기 위하여 자발적으로 에너지 사용량 자체를 줄이는 것으로 결론을 맺고 있다. 이러한 국제적 상황과 환경보전 노력을 감안 하더라도 콘덴싱보일러의 부가가치는 실로 엄청나다고 할 수 있다. 콘덴싱보일러는 일반보일러와 비교해 볼 때 현저한 에너지 절약효과를 통해 근본적으로 이산화탄소의 발생을 에너지 절감비율만큼 줄이는 역할을 하고 있기 때문이다. 또한, 배기가스에 포함된 일부의 이산화탄소는 응축수에 녹아 생활하수로 배출되므로 그 만큼의 이산화탄소를 더 줄이게 되는 이중 효과를 얻고 있다.

(2) 유해 배기가스 배출 감소

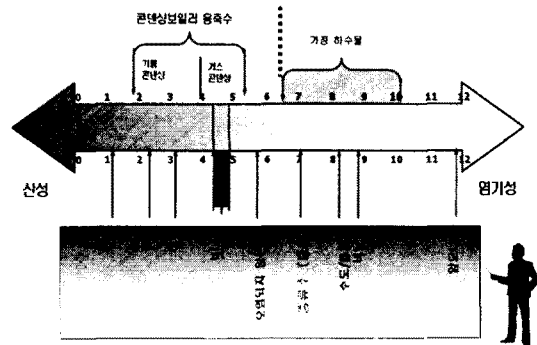
콘덴싱 가스보일러는 대부분 가스연료와 연소용 공기를 미리 혼합시켜 연소하는 예혼합방식의 표면연소 가스버너를 사용하고 있기 때문에 유해 배기가스인 질소산화물(NOx)과 일산화탄소(CO)가 기존의 일반 가스보일러의 경우보다 훨씬 적게 배출되고 있다. 경동 콘덴싱보일러가 국내에서 가장 먼저 환경마크 인증을 획득한 이유도 여기에 있으며, 최근 유럽을 중심으로 선진국들이 공해물질 배출 방지를 위해 갈수록 엄격한 규제를 적용하고 있음을 볼 때, 콘덴싱보일러는 이러

한 규제에도 충분히 대응할 수 있음을 강조하고자 한다.

3) 응축수는 환경친화화 고효율의 상징

콘덴싱보일러에서 응축수의 양은 보일러 효율에 비례하므로 응축수가 많은 보일러 일수록 에너지절감효과가 높고 환경에 유익하다는 것은 분명합니다.

응축된 응축수의 농도가 pH 3.0 ~ 4.5 정도 이어서 콘덴싱보일러의 개발 초기에는 응축수가 하수도계에 영향을 줄 수 있다는 우려가 많았으나, 응축수의 농도는 도시지역 빗물의 평균 pH와 유사하며 현재는 실증적인 실험들을 바탕으로 그 우려가 모두 해소되어 유럽 대부분의 국가에서는 중화제 처리를 하지 않더라도 응축수가 배출되도록 설계된 가정용 가스보일러에 대하여 응축수 배출 규제가 없으며, 가장 엄격한 독일에서도 70kW (60,000 kcal/h)이하의 가정용보일러에 대하여는 응축수 규제가 없다.



4. 결 론

콘덴싱보일러는 한마디로 말하자면 콘덴싱이라는 열교환기술을 이용하여 일반보일러와는 비교할 수 없는 에너지절감효과와 환경친화적 효과를 동시에 얻을 수 있는 에너지절약 기기이다.

아직까지 우리나라 가정용 보일러는 가격 경쟁력이 품질보다 더 판매에 영향을 미치고 있는 실정이다. 이러한 시장상황에서 콘덴싱보일러는 비록 부가가치가 큰 제품이라는 인식에도 불구하고 보다 많은 고객들에게 공급되지 못하고 있다. 다행히 가정용가스보일러가 고효율에너지기자재 인증품목에 포함되고, 정부의 에너지절약 정책과 소비자들의 에너지절약 생활화가 확산되고 있으며, 올해부터는 여러 제조업체들이 제품출시를 앞두고 있어 콘덴싱보일러의 보급은 급격히 증가하는 추세에 있다.

결론적으로 콘덴싱보일러는, 품질과 성능 그리고 기술 면에서 더 이상 바랄 수 없는 제품이며, 그 우수성을 통해 국가와 사회와 가정경제에 기

대 이상의 기여도를 지닌 고부가가치 제품으로
이 시대 최고의 상품이라고 확신한다

참 고 문 헌

1. 조흥원, 가정용 콘덴싱 가스보일러, 열관리 142호, pp.64~69, 1998.7
2. Council Directive 92/42/EEC, Official Journal of European Communities, 1992.5.21
3. 박인석 외, 가 정용 보일러 초소형화 설계 기술 개발연구(I), 한국에너지기술연구소, KE-91024S, 1991
4. 박인석 외, 가정용 보일러 초소형화 설계 기술 개발연구(II), 한국에너지기술연구소, KE-92010S, 1992
5. 박인석 외, 가정용 보일러 초소형화 설계 기술 개발연구(III), 한국에너지기술연구소, KE-93007S, 1993
6. 박인석 외, 콘덴싱 가스보일러의 에너지 절약 성 및 환경보존적 영향에 관한 연구, 한국에너지기술연구소, 1998
6. Energy Saving Trust, Offers, (<http://www.est.org.uk/offers.html>)
7. KS B 8127-2002, 콘덴싱 가스 온수보일러
8. <http://www.boiler.co.kr> (경동보일러)