

응축잠열회수방식의 콘덴싱 가스보일러

에너지효율 일반보일러보다 높아

콘덴싱 보일러가 연소배기가스로 부터 잠열을 회수하고
이 때 생성하는 응축수를 배출함으로써 에너지 효율이 일반 보일러보다 높다는
연구결과가 나왔다. 이러한 결과는 한국에너지기술연구소 박인석 박사의
연구를 바탕으로 경동보일러 조흥원 이사가 발표한 것으로
최근 열린 '에너지테크노마트'에서 공개됐다.
이날 공개된 연구 논문의 자료를 요약 정리했다.

조 흥 원
경동보일러 이사

콘덴싱의 원리는 찬물이 들어있는 컵 주위에 물이 응축되거나 냄비의 물을 가열할 때 증발하는 물의 상변화에는 열량의 이동이 수반된다는 점에서 착안됐다.

100℃의 물 1kg을 증발시키는데 필요한 열량은 539kcal가 된다. 그러나, 기체로 있는 물 1kg을 1℃ 높이는데 필요한 열량은 0.49kcal이므로 배기 온도를 100℃ 낮춰도 49kcal 정도밖에 얻을 수 없다는 결론이다. 가스연소시 배기가스에서는 응축잠열이 현열보다 열효율에 영향이 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 도시가스의 주성분은 메탄(CH₄)이며, 메탄의 연소방정식은 액체의 경우 : CH₄+2O₂→CO₂+2H₂O+9,520kcal/Nm³이고, 기체의 경우 : CH₄+2O₂→CO₂+2H₂O+8,550kcal/Nm³가 된다.

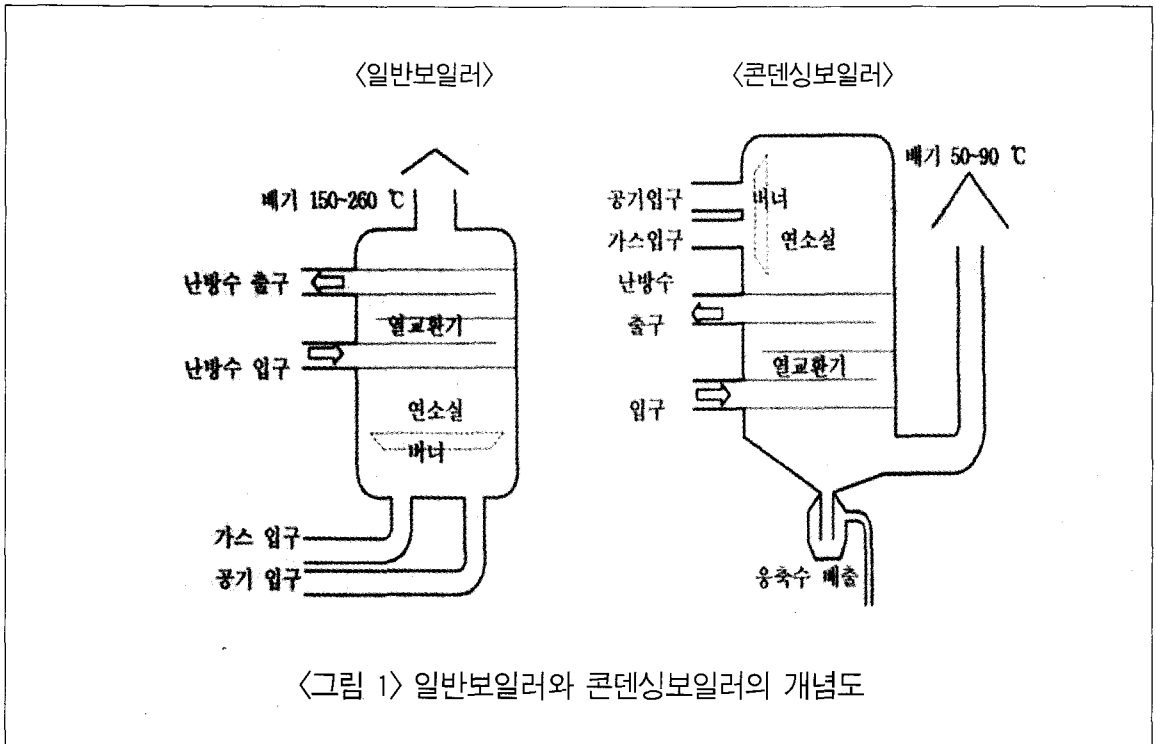
액체 화학방정식의 발열량은 총발열량을 나타내며 기체에서는 진발열량을 나타낸다. 일반적으로 보일러 효율은 진발열량 기준으로 표시하므로 응축수를 많이 회수하는 콘덴싱 보일러는 열효율이 100%가 넘는 것이 가능해진다. 도시가스의 총발열량과 진발열량과의 차이는 11% 정도이며, 배기 온도가 낮아 상대적으로 열 손실이 작아지므로 사용조건에 따라 다소 차이는 있으나 일반보

일러와 콘덴싱 보일러의 열효율의 차이는 약 20% 정도가 된다.

■ 가정용 콘덴싱 보일러의 특징

일반적으로 가정용 가스보일러는 가스연료를 버너에서 공기중의 산소로 연소시켜 연소열을 열교환기로 흡수하여 난방열 또는 온수열로 이용하게 된다. 일반 보일러와 콘덴싱 보일러와의 차이는 <그림 1>에서 보듯 열교환기와 버너의 차이이다. 열교환기는 응축수에 의한 부식을 막기 위하여 스테인레스 알루미늄 재질을 사용하는 것이 일반적이며, 효율증대를 위하여 전열면적을 키워야 하고, 열효율을 극대화하기 위하여 향류식 열교환 방법으로 설치하는 것이 바람직하다.

버너는 응축수에 젖지 않도록 하향 또는 측향으로 설치되어야 하고 불꽃방향이 상방이 아니므로 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



〈그림 1〉 일반보일러와 콘덴싱보일러의 개념도

생성된 응축수도 보일러 쪽으로 배출시키게 된다. 이때 배기가스의 온도는 일반보일러가 150~260°C 인데 비하여 콘덴싱 보일러는 50~90°C 정도다.

■ 유럽의 지원정책 및 관련규격

유럽은 콘덴싱 보일러와 같은 고효율 보일러의 대중화를 위하여 국가차원의 노력들을 하고 있다. 네덜란드와 영국은 지원자금을 확보하여 보상금을 지급하고 독일, 네덜란드 등의 국가에서는 고효율 저공해 보일러의 설치 의무화를 추진하고 있다.

효율등급표시는 유럽 공동체 공동규격인 CE인 증규격에 명시되어 별 표시로 하나에서 네개까지 표시를 하도록 규정하고 있다.

결국 고효율 저공해 등 우수한 보일러의 공급을 위해 정부의 지원이나 정책이 필수적이라는 사실을 확인할 수 있다.

■ 콘덴싱 보일러의 기대효과

정량적인 계산을 위하여 도시가스(LNG)를 사용하는 2만kcal/h 용량의 보일러로 연간 1천2백시간(하루 8시간씩 5개월) 사용하면 도시가스 가격은 421.16원/Nm³이 된다. 보일러의 열효율 차이를 20%라 할 때 가구당 연간 절감액은 23만2천원이 되며, 국내 연간 절감액은 전국 1백50만대(현재 국내 약 4백만대 가스보일러 보급) 기준할 때 3천4백80억원 정도의 순수 절감효과가 있다.

따라서 콘덴싱 보일러를 사용하는 소비자는 제품가격에서 오는 차이를 1~2년이면 보상을 받을 수 있게 된다.

또한 지구온난화와 엘니뇨현상을 일으키는 온실효과와 주범인 이산화탄소(CO₂)를 대당 20% 정도 감소시킬 수 있으며, 예혼합연소 버너에 금속망(MFB) 세라믹(CERAMIC) 등 첨단 재료 사용으로 일산화탄소(CO)와 질소산화물(NO_x)도 현저하게 감소시킬 수 있다.

이밖에 열교환기와 버너 개발로 선진 기술수준을 극복할 수 있고 선진국의 열효율 등급, 품질마크 인증, 각국의 환경규제 극복 등으로 유럽과 같은 선진국에 수출할 수 있는 유리한 고지를 확보

할 수 있다.

■ 시제품 설계제작 및 성능시험

시제품은 2만5천kcal/h와 1만6천kcal/h 용량으로 두 기종에 대하여 도시가스와 LP가스의 두 가지 가스종류로 나누어 4종을 제작했다.

시제품으로 제작된 보일러의 작동 원리는 연소용 공기가 상부에서 송풍기에 의하여 유입되고, 가스는 하부의 오른쪽에서 가스밸브를 통하여 유입되어 송풍기 하단에서 공기와 혼합되어 연소실로 보내진다. 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 구분된다. 난방시는 난방공급으로 가게되며, 온수 사용시는 온수열교환기에서 급수에 열을 전달하고 순환펌프로 돌아가서 순환된다.

열교환기는 현열회수부와 잠열회수부로 구분되어 설계하였으며 잠열회수부는 응축수에 재질을 이용하였고 현재까지 가장 어려운 기술상의 문제로 남아 있던 핀과 튜브의 용접방법을 니켈이 함유된 용접제를 이용한 브레이징 용접으로 완전히 해결할 수 있었다.

버너 및 연소는, 하향연소이므로 분젠식 연소방법이 아닌 예혼합 연소방법을 이용하였다. 금속섬유버너(MFB) 또는 스테인리스 적층형 버너를 이용하여 공기과잉율을 1.3정도의 균일한 화염면을 형성하고, 저부하시 역화를 방지하였으며, NO_x, CO의 발생량을 각각 30ppm이하를 달성할 수 있었다. 제어에서는 공기 공급인력에 비례하여 가스가 공급되는 시스템을 채용하였다.

공기비례제어 작동원리를 보면, 메인 컨트롤러에 의하여 난방수의 온도와 송풍기가 연동하여 비례제어가 되고 송풍기의 송풍압에 의하여 가스 공급압이 기구적으로 설정이 되어 가스가 공급되도록 되어 있다. 가스밸브는 안전장치나 운전 ON/OFF 작동에 의하여 가스밸브를 작동할 수 있도록 연결되어 있다.

■ 시제품의 성능시험 결과

시험조건 및 방법은 시제품의 성능을 확인하기 위해 4종의 보일러에 대하여 시험했다. 난방성능은 난방공급온도를 50°C, 60°C, 70°C 및 80°C로 변경하면서 난방환수온도와 20°C차이를 갖도록 조정하여 실험했다. 온수성능은 약 20°C의 급수온도를 유지하면서 온수와 급수의 온도차이를 20°C, 25°C, 30°C 및 40°C로 변경시켜가면서 실험하였다.

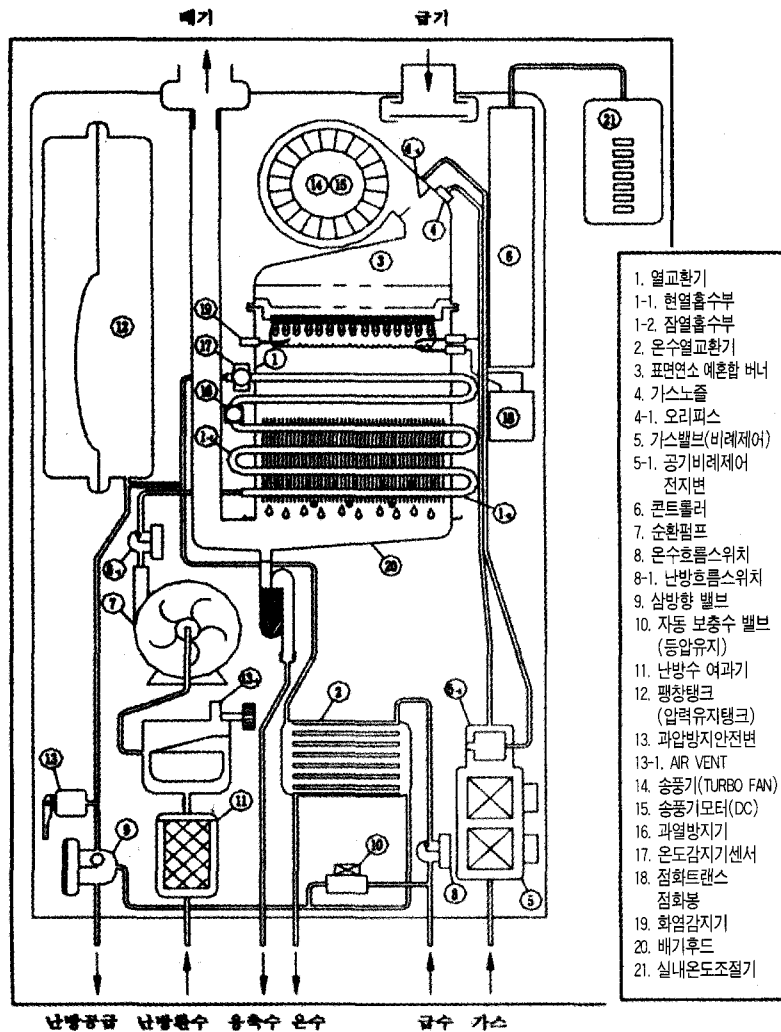
시험방법은 KS규격의 열효율 시험방법에 준하였다. 각각의 시험은 같은 조건에서 2회 이상하여, 연속 2회 성능의 차가 이 2회 평균값의 2% 이하가 되었을 때, 이 산술 평균값을 가지고 측정 성능 값으로 했다.

난방열효율은 난방공급온도를 낮출수록 열효율이 점차 높아지는 것을 볼 수 있다. 일반보일러와 같은 시험조건인 80°C에서도 95°C 이상으로 열효율이 높아 일반보일러의 평균열효율 85%보다 열전달량이 많은 것을 알 수 있다. 온수 열효율은 온수의 온도가 상승함에 따라 다소 열효율이 감소하나 그 차이는 난방시 보다는 작은 것을 볼 수 있다. 급수의 공급온도가 약 20°C로 고정되어 난방시 보다 평균온도에 대한 영향이 적기 때문이다.

열효율이 높아질수록 배기가스 온도는 낮아지며 응축수의 양은 상대적으로 많아지는 것을 볼 수 있다. 용량에 관계없이 도시가스(LNG)를 연료로 사용할 때가 LP가스를 이용할 때보다 효율이 높게 나타남을 볼 수 있다. 도시가스는 주성분이 메탄이고 LP가스는 주성분이 프로판이므로 같은 조건에서 상대적으로 도시가스의 수소함량이 높아 응축수 발생량이 많기 때문으로 생각된다. 2만5천kcal/h와 1만6천kcal/h의 용량차이에 따른 차이는 각 용량별로 시제품이 다르기 때문이며 상관관계가 있는 것은 아니라고 판단된다.

■ 결론

가정용 가스보일러의 주요 핵심설계기술은 열교환기, 버너 및 연소, 제어기술을 들 수 있으며, 이와 같은 기술개발은 한국에너지기술연구소의



〈그림 2〉 시제품의 작동 원리도

개발연구를 토대로 당사의 제품화 연구로 이어져 시제품을 완성됐고 시제품인 콘텐싱 가스보일러에 대한 주요 시험결과는 다음과 같다.

1) 난방공급온도가 낮을수록 난방 열효율이 높아지며, 난방공급온도가 80℃인 경우에서도 95% 이상의 높은 열효율을 나타내는 고효율 보일러임이 확인되었다.

2) 열효율이 높을수록 응축수 발생량이 많아지

며 응축수의 발생량은 보일러 출구온도보다는 입구온도(난방환수온도 및 급수온도)에 더 영향을 받아 온도가 낮을수록 발생량이 많아진다는 것을 알 수 있었다.

3) 도시가스(LNG)는 LP가스보다 상대적으로 수소의 함유비율이 높기 때문에 동일한 조건에서 도시가스를 사용할 경우 열효율이 더 높게 나타났다.