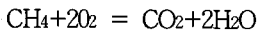


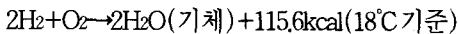
# 콘덴싱 가스온수보일러의 표준화 연구

지난호에 이어서...

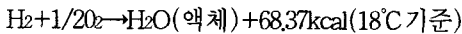
환수온도와 열효율값에 대한 이론적인 원리를 살펴보면 현재 국내 도시가스(LNG)의 경우가스의 주성분은 약 90%가 메탄(CH<sub>4</sub>)이다. 이를 순수한 메탄이라고 가정할 때 연소화학 반응식은



위의 식에서 수소(H) 성분만을 고려해서 생각해 보면



즉, 수소 1mol이 산소와 결합할 때 H<sub>2</sub>O가 생성되며 이때 57.8kcal의 열이 발생하게 된다.



반면 액체 상태의 H<sub>2</sub>O가 생성될 때에는 68.37kcal의 열이 발생하게 된다.

두 상간의 열량차이는 즉,

$(68.37 - 57.8) = 10.57\text{kcal}$ 이다. 이 10.57kcal의 열량을 응축열이라 할 수 있으며 이것을 kg당 열량으로 환산하면 587.22kcal/kg이 된다.(18°C 기준)

이것이 응축열(H<sub>2</sub>O)의 액체 상태 엔탈피와 기체 상태의 엔탈피 차이이다. 이러한 엔탈피의 차이는 온도별로 다르며, 응축수온도가 작을수록 엔탈피 차이가 크게 된다. 이와 같은 이유로 동일한 보일러라 할지라도 환수온도에 따라 응축온도와

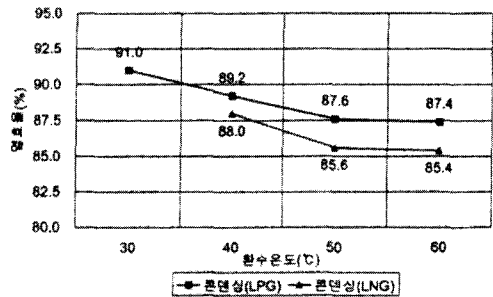


그림 4. 환수온도에 따른 열효율 (총부하)

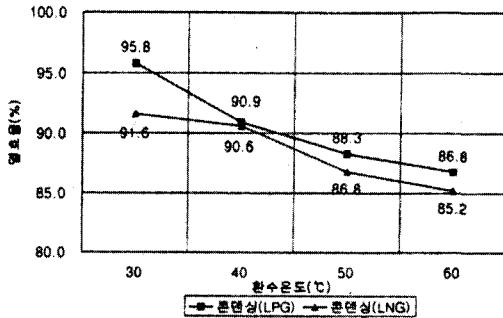


그림 5. 환수온도에 따른 열효율 (부분부하)

응축수량이 달라지며 이에 따라 열효율 값이 달라지게 된다. 결국 환수온도를 어떤 조건으로 시험을 하느냐에 따라서 동일한 보일러라고 할지라도 효율값은 차이를 가지게 된다.

유럽규격에서는 이와 같은 이유로 부분부하시의 효율측정에 대한 오차를 줄이기 위하여 환수온도가 시험기준과 다를 경우 이에 대한 보정을 요구하고 있으며 이에 관한 식은 다음과 같다.

$$\Delta \eta_z = 0.12 \cdot (T_{ret\ m} - T_{ret\ st})$$

$\Delta \eta_z$  = 기준치로부터 벗어난 환수온도에 대해서 측정된 유효효율에 대한 보정치(%)

$T_{ret\ m}$  : 시험조건에서 환수온도(°C)

단,  $25 \leq T_{ret\ m} \leq 35$ (°C)

$T_{ret\ st}$  : 낮은 온도시험(30°C)에서의 환수온도에 대한 기준치

또한, 부분 부하시의 시험데이터는 구입한 시험시료가 유럽규격에서 정한 표시가스소비량의 30%정도로 부하를 낮게 조절할 수 없는 구조이기 때문에 최대한 낮은 표시가스량이 얻어지는 약 55% 상태에서 측정된 결과이다. 시험결과와 외국문헌에서 알려진 대로 총부하시보다 열효율이 더 높은 결과가 나타났다. 콘덴싱보일러의 경우는 이번 시험시료의 제품도 부하를 좀더 낮게

(부하 30%) 적용한다면 열효율적인 측면에서 더 나은 결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

## 2) 온도와 습도에 대한 영향

시험환경 조건의 변화에 따라 열효율도 변화할 수 있으며 따라서 시험시 온도와 습도량이 열효율에 미치는 관계를 아랑보기 위하여 습도변화에 따른 시험데이터를 조사하였다. 시험의 환경조건

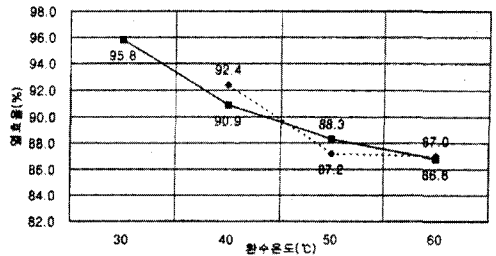


그림 6. 건습과 다습시 열효율의 비교(부분부하시)

을 건습(상대습도 40~50%)과 다습(상대습도 70~80%)으로 나누어서 달리 하였을 때의 시험 결과의 한 예를 그림 6에서 나타내었다.

열교환기 시험결과를 보면 상대습도가 열효율에 영향을 미치는 것으로 조사되었으며 액화석유가스용의 경우는 건습일 때에 비해 효율이 약간 상승하였다. 반면 도시가스용의 경우는 다습일 때 열효율이 떨어지는 경향을 보였다. 이는 재시험을 하여 확인할 필요가 있다.

이론적으로 보자면 고온 다습일 경우 열효율이 건습일 때 보다 더 높게 측정되는 경향이 있으므로 동일한 보일러라고 할 지라도 효율은 여름이 겨울보다 다소 높게 측정된다. 따라서 시험환경에 대한 오차를 되도록 줄이기 위하여 유럽규격에서는 부분부하 시험시 온도와 습도조건에 따라 열효율을 보정하고 있으며 이에 대한 식을 살펴

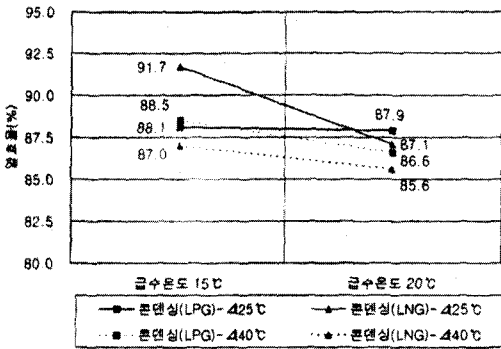


그림 7. 급수온도에 따른 효율(총부하)

보면 다음과 같다.

$$\Delta\eta_1 = 0.08 \cdot (X_{air\ st} - X_{air\ m})$$

단,  $0 \leq X_{air\ m} \leq 20$  (건조공기 g/kg)

$\Delta\eta_1$  : 기준조건으로부터 벗어난 공기습도에 대해서 측정된 유효 효율에 대한 보정치(%)

$X_{air\ st}$  : 기준조건에서 연소공기의 (절대)습도 ( $X_{air\ st} = 10\text{g/kg}$ )

$X_{air\ m}$  : 시험조건에서 연소공기의 (절대)습도 (g/kg)

결국 콘덴싱보일러에서는 부분부하시의 열효율 시험에서 보일러의 환수온도와 시험시 상대습도, 온도등이 영향을 미치므로 이들 변수를 고려하여 열효율 값에 대한 보정을 행하여야 한다. 온수

성능에 대한 시험결과도 난방성능과 동일하게 부분부하시가 전체부하시의 보다 더 높은 효율을 나타내었다. 이에 대한 데이터를 그래프로 나타내면 그림 7과 같다.

위 시험결과를 살펴보면 급수온도에 따라 열효율이 크게 차이가 나는 것을 알 수 있다. 즉, 급수온도가 낮을수록 효율값은 증가하며, 난방 효율 측정시와 동일한 경향임을 알 수 있다.

현재 KS규격에서 정한 온수성능 시험방법으로 할 경우 온도의 급수 조건은 10~25°C의 범위가 너무 폭이 크며 향후 데이터의 산포를 조건으로 대폭 줄여야 재현성 있는 시험값을 알 수 있다.

### 3) 응축수

콘덴싱보일러는 응축수가 발생하는 구조이며 응축수량은 환수온도를 낮게 설정할수록 많아지며 응축수량의 발생만큼 효율이 개선되는 이론은 앞서 설명하였다.

액화석유가스용과 도시가스용 콘덴싱보일러에 대하여 환수온도를 달리하여 발생한 응축수와 pH값은 표4와 같다.

위의 표를 살펴보면 환수온도가 낮을수록 응축수량이 많이 발생하는 것은 가스의 종류에 상관없이 거의 동일하다. 특이한 점은 응축수의 pH값이 환수온도에 따라 다르게 나타나며 환수온도가 높을수록 pH값이 커지는 경향을 알 수 있다.

표 4. 환수온도에 따른 응축수량

가스종류	LPG용				도시가스용			
	60	40	37	30	60	40	37	30
환수온도(°C)	60	40	37	30	60	40	37	30
응축수량(t/h)	0.03	0.1	0.215	0.424	0.004	0.244	0.292	0.579
pH(측정온도)	4.34 (27.3°C)	-	3.33 (27.5°C)	-	4.12 (28.0°C)	-	3.65 (27.2°C)	-

#### 4) 연소

가. 특별조건연소 : 일반 가스보일러에는 적용되지 않는 특수한 연소상태의 시험으로서 응축수의 배출구를 폐쇄시키거나 응축수를 배출시키는 펌프의 작동을 중지시킨 상태에서(보일러사 차단되기 전에) 연소배기가스의 농도가 0.20%(2000ppm) 이상을 넘지 말 것을 유럽 기준에서는 정하고 있다.

이는 혹시 있을지도 모를 응축수의 원활치 못한 배출로 인하여 연소가 비정상적으로 일어나 CO중독 등 안전사고를 일으킬 우려가 있어 설정된 항목이다.

나. 배기가스의 농도 : 콘덴싱보일러는 일반보일러에 비해 저NOx와 저CO등으로 환경 친화적인 제품으로 알려져 있다. 배기가스 농도의 측정에 있어서 저NOx 등에 대한 비교는 외국에서도 적합한 실험환경과 보정, 정밀도 높은 장비의 사용을 요구하고 있으며, 하나의 연구 아이템으로 선정할 수 있을 정도로 까다롭기 때문에 단순하게 시료 및 대의 시험으로 결과를 도출하기에는 무리가 있다고 본다.

또한, 동일한 설계제품이라고 할지라도 공장의 조립공정의 관리정도에 따라 수치의 변화가 많은 시험항목이기 때문에 통계적 처리를 하기에 충분한 데이터가 확보되지 않으면 자료의 신뢰성을 확보할 수 없다. 현재 환경규제가 강한 유럽에서는 NOx의 배출 한계치를 규제하고 있으나 아직 국내에는 도입되지 않은 제도이기 때문에 향후 배기가스 배출에 있어서도 현재의 안전을 고려한 기술기준보다 환경적인 요소가 가미될 것은 분명한 사실이며 국내에서도 이에 대한 연구와

개발에 힘써야 한다고 본다.

#### 결론

유럽의 보일러와 직접적으로 관련된 규격은 4종이 있다. 유럽의 시험방법 등은 국내 KS 규격과 상이한 점이 많다. 따라서 관련 규격을 그대로 국내 규격과 부합화하기에는 난방문화와 생활관습, 공급가스의 조건 등 여러 가지 고려해야 할 점이 많다. 시험에 사용된 한정된 시료로 콘덴싱보일러의 특성을 파악하기에는 시간, 환경조건 등 자원의 부족함으로 많은 부분에서 아쉬움이 남는다. 또한 표준화 용역에서 깊이 있게 다루지 못한 설치와 관련된 내용은 향후 관련기관과의 협조를 통해 면밀히 검토해야 할 부분이다.

이번 연구에서는 콘덴싱보일러가 갖추어야 할 기술기준과 시험방법 등에 대한 기본적인 유럽규격(EN677)과의 비교 및 국내 콘덴싱보일러의 실험결과를 통하여 KS규격 표준화에 반영되어야 할 사항은 다음과 같다.

#### 1) 자연배기식 방식의 적용범위

제외 : 콘덴싱방식은 응축잠열을 이용하는 방식으로 배기가스온도가 낮아 배기력만을 이용한 배기가 어렵기 때문에 자연배기식(CF) 보일러를 제외시켰다.

2) 용어의 정의 명확한 : 콘덴싱과 관련하여 현행 규격에 언급되지 않은 추가용어의 정의 및 총발열량과 진발열량에 대한 정의를 명확화 하였다.

3) CO 농도의 기준 변경 : KS 규격에서 일반 가스보일러의 무풍상태시 CO 농도는 0.28%로 규정하고 있다. 반면 저CO농도 배출이 가능한 콘덴싱은 0.20%로 기준치를 강화하고 응축수 배출구의 폐쇄상태 시험시 CO 농도는 현재 유럽 규격

● ● ●  
온수성능에 대한 시험결과도  
난방기능과 동일하게 부분부하시가  
전체부하시보다 높은 효율을  
나타냈다.

● ● ●

보다는 다소 낮게 설정하여 일반 보일러의 배기 농도 기준인 0.28%로 정하였다.

4) 응축수 형성 및 화학적 조성 : 응축수의 pH가 3~4인 강산성임을 고려하여 보일러의 재료에 영향을 줄 수 있으므로 응축수가 배출되는 지점을 제외한 부위에서 응축수가 발견되지 않도록 기준을 정하였으며, 화학적 조성은 측정기준온도를 25°C로 정하고 그 값은 표시치 이상일 것을 기준으로 하였다.

5) 진발열량 값 설정 : 열효율에 사용하는 발열량은 해당 국가마다 총발열량, 진발열량 또는 두가지를 조합하여 사용하고 있다. 국내에서는 총발열량을 정하여 사용하고 있기 때문에 진발열량에 관한 기준을 추가 하였다.

6) 난방성능에 대한 효율 기준 설정 : 일반가스보일러는 표시가스량에 대하여 총 가스소비량으로(총부하) 시험하여 열효율의 최저 성능 기준이 총 발열량기준으로 75%이상(비례 밸브 방식과 11.6kW이하인 보일러)을 달성하게 설정되어 있다.

유럽의 콘덴싱보일러의 열효율 시험은 총부하와 부분부하로 나뉘어지며 이때의 최저 성능효율은 진발열량 기준으로 총부하시 최저 성능효율은 진발열량 기준으로 총부하시  $91 + \log P$  ( $P$  : 표시 출력) 이상, 부분부하시  $97 + \log P$  이상을 설정하고 있다.

콘덴싱보일러는 총부하시 보다 부분부하시의 효율이 더 높은 것이 실험과 이론적인 고찰로 검증되었으므로 유럽규격과 부합하여 동일 기준으로 설정하였다.

이때 부분부하시에 대한 효율값은 환수값은 환

수온도와 환경조건에 따라 열효율값을 보정하지 않으면 동일한 보일러에 있어서도 데이터의 재현성이 나타나지 않으므로 반드시 보정하게끔 부속서에 보정식을 표시하였다.

7) 온수성능에 대한 효율 기준 설정 : 국내 가정용 가스보일러는 온수기능이 포함되어 있으므로 유럽규격과는 달리 온수성능에 대한 효율기준을 설정하였다. 온수의 효율 측정 시에도 급수온도의 조건에 따라 실험데이터의 값이 변화하므로 이에 대해서는 향후 더 많은 연구·조사가 필요하다.

8) 구조 및 재료 : 콘덴싱 보일러는 일반보일러와 달리 강산성인 응축수가 생기는 구조이다. 따라서 응축수가 접촉하는 부분은 재료와 구조의 기술요건으로 갖추어야 할 7항목을 정하였다. 또한, 콘덴싱보일러는 배기가스온도가 낮기 때문에 배기통의 재료를 KS B8102 4.3.4에 규정된 불연성일 것에 한정할 필요가 없다고 판단되어 사용상 지장(용융, 변형)이 없는 재료를 사용

할 수 있게 하였다.

9) 표시 및 취급설명서 : 연소기명에 일반보일러와 구분하기 위하여 제품명은 콘덴싱 가스 온수보일러, 효율표시에 있어서는 일반보일러의 효율이 총부하로 측정되는 점등을 고려하여 총부하시에 측정되는 효율값을 표시하게 정하였다. 또한 콘덴싱보일러의 배기통 설치방법은 일반보일러와 달리 상향 설치한다. 이를 취급설명서에 반영하여 배기통의 상향설치 및 응축수 배출 등에 대하여 표시하게 정하였다.



### 국내의

#### 가정보일러는

온수기능이 포함되어 있으므로

유럽규격과는 달리

온수성능에 대한

효율기준을 설정했다.

