

가정용 가스보일러의 국제표준화 기술개발 연구

최경석, 양동주, 오정석, 김형호, 박교식

한국가스안전공사 가스안전연구개발원

A study on technique development for the international standards of domestic gas boilers

Kyung Suhk Choi, Dong Ju Yang, Jeong Seok Oh,

Hyoung Ho Kim, and Kyo Shik Park

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

1. 서론

가정용 가스보일러 고효율인증제도 고시개정에 따라 고효율 가스보일러의 내구성, 안전성 그리고 CO중독사고 등의 문제점이 제시되고 있다. 최근에 가스보일러 제조사들 사이에서 효율시험방법 개정에 대한 분위기가 충분히 조성되어 직면한 어려운 현안들을 극복하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다.

이에 고효율 관리제도 개선 및 관련기준 국제표준화의 추진은 불합리한 효율시험방법 개선과 시험장비 국제표준화 개발을 수반하며, 규격을 통일화하고 국외 가스보일러 효율 수치에 대한 비교를 용이하게 제공하는 등 기술개발의 촉진을 유도하기 때문에 국외 수출에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 제도 및 기준의 표준화 추진은 현재까지 국내에서 적용한 효율시험기준의 기본 개념 기술을 통합하고 고효율 CO저감 연소기술을 접목하여 선진국에서 적용하고 있는 보일러의 내구성, 안전성 기술개발 확보할 수 있을 것이다.

따라서, 통합된 시험기준을 제조업체에서 유용하게 활용할 수 있도록 이에 대한 국제표준화 기술개발이 절실히 필요하며, 고효율정책에 알맞은 선진 외국의 유사한 제도를 비교분석하여 열효율 시험기준을 정립하고 개선(안)을 개발하여 부합되지 않는 현행 문제점을 개선하고 향후에 가스보일러의 고효율기자재 제도시행에 대비하려 한다.

2. 국내의 규격 비교

고효율관리기자재 제도와 관련하여, 가스보일러 제조업체들이 총부하 또는 부분부하의 효율 중에서 하나의 효율만을 인정해 줄 것을 에너지관리공단에 요청함에 따라, 부분부하 효율시험방법에 대한 재고가 이뤄지면서 현행 KS규격상의 부분부하 효율시험방법에 대한 문제점이 부각되었다. 현행 KS B 8109의 보일러 효율시험 규정 등을 유럽규격 EN 483⁽¹⁾의 효율시험 등과 비교하여 볼 때 차이점은 표 1과 같이 정리할 수 있다.

표 1. KS B 8109 & EN 483의 보일러 효율시험 규정에 대한 차이점

부하	항 목	내 용	
		KS B 8109	EN 483
공통	온도, 압력	• 0 ℃, 1기압 기준	• 15 ℃, 1기압 기준
	발열량	• 총발열량(진발열량 병기 可)	• 진발열량
	계산식	$\eta = \frac{G_s \times C_p \times (t_2 - t_1) \times 101.3 \times (273 + t_g)}{V \times Q \times (B + P_m - S) \times 273}$	$\eta = \frac{(4.186 \cdot m \cdot (t_2 - t_1) + D_p) \cdot 101}{10^3 \cdot V_{r(10)} \cdot (P_a + P_g)}$ • 간접법 이용시 해당 계산식 이용
전부하	공급수/환수온도	• 80/60 ℃(평균 70 ℃)	• 80/60 ℃(평균 70 ℃)
	효율기준	• 75+logP(%) : 11.6kW 이상 • 72+logP(%) : 비례제어방식	• 84+2log ₁₀ P _n (%)

부하	항 목	내 용	
		KS B 8109	EN 483
부분부하	시험방법	직접법 * ON/OFF 보일러는 실시 不	직접법, 간접법 * ON/OFF 보일러도 실시
	부하	• 30 %, • 30 %가 얻어지지 않을 경우에는 최저가스소비량	• 30 %, • 30 %가 얻어지지 않을 경우에는 간접법에 의해 30%로 계산
	공급수/환수온도	• 50/30 ℃(평균 40 ℃)	• 환수 47℃이상(평균온도:50 ℃)
	스텐바이 로스	• 규정없음	• 간접법에서 스텐바이 로스 반영
	효율기준	• 78+logP(%) : 비례제어방식	• 80+3log ₁₀ P _n (%)

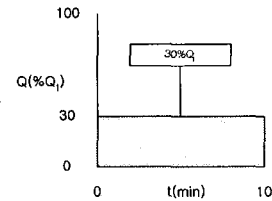
3. EN 483 부분부하 효율시험 방법

3-1. 직접법

30%로 감소된 부하에 의해 시험리그에서 직접적으로 전부하와 같이 부분부하 효율 측정(그림 1 및 표 2 참조)

표 2. 직접법의 모드별 조건

그림1. 직접법(30% Q₁)



구 분	작동모드 1	작동모드 2
부하	30 %	30 %
보일러 온도	47±1 ℃(환수온도)	50 ℃(평균온도)
시험시간	10분	10분
효율식	$\eta = \frac{(4.186 \cdot m \cdot (t_2 - t_1) + D_p) \cdot 1013.25 \cdot (273.15 + t_g)}{10^3 \cdot V_{r(10)} \cdot (P_a + P_g - P_s) \cdot 288.15}$	$\eta = \frac{(4.186 \cdot m \cdot (t_2 - t_1) + D_p) \cdot 1013.25 \cdot (273.15 + t_g)}{10^3 \cdot V_{r(10)} \cdot (P_a + P_g - P_s) \cdot 288.15}$

3-2. 간접법

안정된 상태에서 측정을 통하여 30%의 부분부하 효율 계산하는 방법으로 계산을 위해 다음과 같은 변수를 측정한다. 사용되는 변수에는 스텐바이 로스(P_s: Standby loss), Pilot recovery factor 등이 있다. 스텐바이 로스는 보일러가 비가동시 발생하는 열손실을 뜻하는 것으로 보일러 케이스를 통한 손실과 연통을 통한 손실의 합으로 표현된다. 그 손실은 온도, 시험장치의 열손실 및 전기보일러 입력량에 의해 구할 수 있다. 스텐바이 로스의 계산식은 1.1과 같다.

$$P_s = P_m \left[\frac{30}{T - T_A} \right]^{1.25} \quad 1.1$$

Pilot recovery factor는 파이롯트의 유무에 상관없이 스텐바이 로스 및 파이롯트의 가스소비량의 측정에 의해 얻어지는 계산량으로 평균물의 온도 50℃와 주위온도 20℃일 경우, ΔT=30℃에서는 0.8 값이 된다. 30% 부분부하 효율의 계산은 on/off, high/low/off, 조절(modulating) 보일러의 특징 등에 따라서 함수의 모드는 on/off, low/off, low/low 및 high/low로 구성하여

간접법으로 계산 한다. 간접법은 그림 2, 3, 4와 같이 시험한다.

(1) 간접법(30%Q₁)

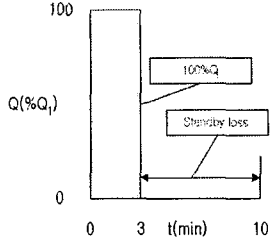


그림 2. 간접법(30%Q₁)

○ 사용 : on/off 보일러

○ 효율식 :
$$\eta_u = \frac{\frac{n_1}{100} Q_1 t_1 + 0.8 Q_3 t_3 - P_s t_3}{Q_1 t_1 + Q_3 t_3} \times 100$$

- 파이롯트 버너가 없을 경우: Q₃=0
- P_s와 t₃(7min)를 대입하여 효율계산

(2) 간접법(50%Q₁)

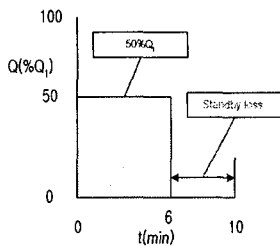


그림 3. 간접법(50%Q₁)

○ 사용 : 조절 보일러(low/off, 비례제어)

○ 효율식 :
$$\eta_u = \frac{\frac{n_2}{100} Q_2 t_2 + 0.8 Q_3 t_3 - P_s t_3}{Q_2 t_2 + Q_3 t_3} \times 100$$

- 최저가스소비량(예, 50%Q₁)에서의 효율 측정
- P_s와 t₃(4min)를 대입하여 효율계산

(3) 간접법(50%Q₁, 21.4%Q₁)

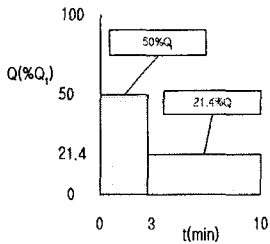


그림 4. 간접법(50%Q₁, 21.4%Q₁)

○ 사용 : 조절 보일러(low/low, 비례제어)

○ 효율식 :
$$\eta_u = \frac{\frac{n_{21}}{100} Q_{21} t_{21} + \frac{n_{22}}{100} Q_{22} t_{22}}{Q_{21} t_{21} + Q_{22} t_{22}} \times 100$$

- 30%Q₁의 위, 아래에서 효율 측정

4. 유럽공동체의 보일러에 대한 효율 및 에너지 성능라벨

4-1. 유효효율 요구사항

정격출력 즉, kW로 표시되는 P_n 정격출력으로 운전 그리고 70℃의 평균 보일러 물의 온도에서 운전하고, 30% 부분 부하에서 운전 그리고 보일러 타입에 따라 다양한 평균 보일러 물의 온도에서 운전한다. 엄수해야 할 유용한 효율 요구사항은 다음 표 3에 명백히 나타내었다.

표 3. 유럽공동체에서 규정한 보일러의 유효효율 요구사항

Type of boiler	Range of power output	Efficiency at rated output		Efficiency at partload	
		Average boiler-water temperature(℃)	Efficiency requirement expressed(%)	Average boiler-water temperature(℃)	Efficiency requirement expressed(%)
	kW				
Standard boilers	4 to 400	70	≥84+2logP _n	≥50	≥80+3logP _n
Low-temperature boilers(*)	4 to 400	70	≥87.5+1.5logP _n	40	≥87.5+1.5logP _n
Gas condensing boilers	4 to 400	70	≥91+1logP _n	30(**)	≥97+1logP _n

(*) Including condensing boilers using liquid fuels.
 (**) Temperature of boiler water-supply

4-2. 에너지 성능 라벨

보일러의 에너지 성능 자격을 주는 구체적인 시스템 라벨은 4-1 항에서 제시한 표준 보일러를 위한 요구사항보다 우수한 보일러 효율을 적용시킨다. 만약 정격 출력과 부분부하에서 보일러의 효율이 동등하거나 표준보일러에 대한 관련 값보다 더 크다면 보일러는 표 4에서 제시한 대로 '★'를 부여받게 될 것이다. 만약 정격 출력 및 부분 부하에서 보일러의 효율이 표준 보일러에 대한 관련 값보다 3 또는 그 이상의 포인트라면 그 보일러는 '★★'를 부여받는다.

표 4. 에너지-성능 라벨의 판정표

Label	Efficiency requirement at nominal output P _n and at an average boiler-water temperature of 70 °C, %	Efficiency requirement at part-load of 0.3 P _n and at an average boiler-water temperature of ≥50 °C, %
★	≥84 + 2logP _n	≥80 + 3logP _n
★★	≥87 + 2logP _n	≥83 + 3logP _n
★★★	≥90 + 2logP _n	≥86 + 3logP _n
★★★★	≥93 + 2logP _n	≥89 + 3logP _n

5. 가스보일러 시험기준 정립

5-1. 시험기준 개정방향

현재 가스보일러 제조사와 효율시험방법 개정에 대한 분위기가 충분히 조성된 점을 감안하여 고효율 관리제도 개선 및 관련 기준의 국제표준화 추진으로 불합리한 효율시험방법 등을 개선하고 또한 시험장비 국제표준화 개발, 규격의 통일화, 가스보일러 효율수치 비교 등이 용이하도록 기술개발의 촉진을 유도하고, 고효율정책에 알맞은 국외 유사한 제도를 분석하여 열효율 시험기준을 정립하고 실험방법 개선(안)을 제시하려 한다.

5-2. 개정(안) 내용

표 5. 개정(안) 상세 내용 및 비교

항 목	현 행	개정(안)
	총발열량	진발열량
총·진 발열량	○ 효율시험방법에서 수증기잠열의 이용이 없기(단, 컨덴싱 제외) 때문에 진발열량을 기준으로 가스소비량 및 효율을 계산하는 것이 합리적임	
발열량 기준	0℃, 1기압	15℃, 1기압
	○ 유럽의 발열량이 1년의 평균 온도 및 평균압력을 고려하여 15℃, 1기압 조건을 적용하는 것처럼, 우리도 0℃를 적용하는 것보다는 평균온도를 고려하여 가스소비량 및 효율계산에 적용하는 것이 합리적임 (20℃가 적합하겠으나 규격의 통일화 등을 감안하여 15℃를 적용)	
가스소비량의 계산식	습식가스미터만 적용	- EN 규격의 계산식으로 변경 - 습·건식 가스미터 모두 적용
	○ 유럽으로 가스보일러를 수출하기 위해서는 국내용 보일러를 EN 규격에 맞게 가버너를 조절하여 가스소비량을 맞추어야 함. 이로 인하여 효율도 달라지는 등 전체적으로 보일러가 변화를 일으킴. 즉, 국내용과 유럽용은 다르게 제조되어야 함. 이것은 제조자에게 불편을 주므로 EN 규격과 동일하도록 변경이 필요함. 또한, EN 규격과 동일하게 할 경우, 습식가스미터만 적용토록 되어 있는 현행 계산식에서 습·건식 가스미터를 모두 적용될 수 있음.	
시험리그	개방식 및 차단식에 따라 각각의 리그를 사용하여 시험	개방식 및 차단식의 구별없이 하나를 선택하여 시험
	○ 특별히 개방식 및 차단식을 구별하여 각각 시험할 필요가 없음	
히트로스 (Heat loss)	히트로스 미반영	히트로스 반영
	○ 배관의 히트로스는 0.5~1%까지 발생하므로 당연히 반영되어야 함	
효율시험 시 물량 및 가스온도 변화	규정없음	허용범위를 규정
	○ 물량 및 가스온도 변화량의 허용치를 두어 안정된 상태에서 시험이 실시되고 신뢰성 있는 대표값을 얻도록 함	
부분부하 효율시험	- ON/OFF 보일러 제외 - 30/50 °C - 최저 가스량에서의 시험 허용	EN 483과 동일하게 규정
	○ 현행 효율시험방법은 불합리하므로 EN 483의 부분부하 효율시험 방법을 도입	

6. 가스보일러 효율시험장치 개발

6-1. 구조

- (1) 난방수는 팽창탱크, 에어벤트, 저장탱크, 압력릴리프밸브, 열교환기, 펌프, 물유량계, 유량조절밸브를 거쳐 보일러에 환수되어야 한다.
- (2) 온수효율 및 온수공급능력을 시험할 수 있는 별도의 유량조절밸브 및 물유량계가 설치되어야 한다.
- (3) 난방수를 열교환시키는 공급수라인에는 유량조절밸브가 설치되어야 한다.
- (4) 스텐바이 로스를 구할 수 있는 펌프, 전기히터(전력량을 측정할 수 있는 전력계 포함) 및 변압기가 별도로 설치되어야 한다.
- (5) 시험이 종료되었을 때 가스와 물을 자동으로 차단할 수 있는 공기압(pneumatic) 액추에이터 타입의 ON/OFF밸브가 가스라인 및 물라인에 설치되어야 한다.
- (6) 난방수라인 및 환수라인에는 각각 1개 이상의 압력계 및 Sight-glass가 설치되고, 환수라인의 물유량계 전단에는 역류방지밸브가 있어야 한다.
- (7) 가스라인에는 가스필터, 압력조정기(전후단에 압력계 설치) 및 가스미터(압력계 및 온도센서 부착)가 구성되어야 한다.
- (8) 공급수라인에는 필터, 물가버너 및 압력계가 설치되어야 한다.
- (9) 시험장치의 난방수라인은 환수라인(물유량계는 열교환기보다 아래에 위치함)보다 높은 위치에 배치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 온수라인은 수평으로 배치하여야 한다.
- (10) 난방수, 환수, 온수, 공급수 라인에 설치되는 온도센서는 보일러에 가까운 위치에 물의 흐름 방향과 반대방향으로 배관과 수평하게 설치되어야 한다.
- (11) 저장탱크내의 물은 별도의 펌프 등에 의해 순환되고 물의 온도는 측정되어야 한다.
- (12) 시험장치에 물을 채우는 밸브는 난방수라인에 있어야 하고 드레인시키는 밸브는 저장탱크 하단 및 물유량계 후단에 각각 설치되어야 한다.
- (13) 열교환기 후단부터의 환수라인은 단열되어야 한다.

6-2. 데이터 수집 및 분석시스템

- (1) 모든 센서 또는 계측기로부터 감지 또는 측정된 값들은 데이터를 수집하는 하드웨어(DAQ)를 거쳐 컴퓨터에 입력되어야 한다.
- (2) 센서에서 나오는 신호는 측정하기 용이하도록 증폭 또는 필터링 등이 되어야 한다.
- (3) 데이터를 수집하는 하드웨어(DAQ)는 컴퓨터에 직접 장착되어 아날로그 신호를 디지털 신호로 변형하고 실시간으로 데이터를 모니터로 확인하며 저장 및 전송할 수 있어야 한다.
- (4) 데이터를 수집하는 하드웨어와 컴퓨터를 연동시키기 위하여 통신 하드웨어를 사용하여야 한다.
- (5) 컴퓨터에 장착된 데이터를 수집하는 하드웨어를 구동시켜서 데이터를 획득하고 저장 및 분석하기 위한 프로그램 언어는 LabVIEW Professional로 한다.
- (6) 윈도우용 LabVIEW Real time Module이 장착되어야 한다.

6-3. 프로그램 컨트롤

- (1) 컨트롤 패널에서 환수온도(30℃~60℃) 및 물유량(난방수 및 온수)의 조절이 가능하여야 하고 측정값들은 컨트롤 패널에 표시되어야 한다.
- (2) 난방수를 열교환시키는 라인에 있는 유량조절밸브는 환수온도의 변화에 연계하여 유량을 조절하여야 한다.
- (3) 저장탱크의 승온장치는 환수온도의 변화에 연계하여 환수온도를 조절하는데 이용되어야 한다.
- (4) 컨트롤 패널에 시험동안의 환수온도, 공급온도 및 배기가스온도 등은 실시간으로 컨트롤 패널에 그래프로 나타나야 하고 효율 값은 일정한 간격으로 표시되어야 한다.
- (5) 시험이 완료되었을 경우 시험결과는 컴퓨터에 저장되어야 하고 필요에 따라 프린터를 통해 출력될 수 있어야 한다.

- (6) 효율시험에서 시험횟수와 시험값의 최대값과 최소값의 차이 및 표준편차를 고려하여 시험값들이 일정한 조건을 만족할 경우 시험은 자동으로 종료될 수 있어야 한다.
- (7) 모든 센서 및 계측기에 대한 교정결과에 따른 보정식이 1차 함수로 구해져 모든 시험결과에 반영되도록 프로그램 되어야 한다.
- (8) 측정된 효율시험 값은 기준 환경(20℃, 1013.25 mbars)으로 보정되어야 한다.

7. 결론

본 연구에서는 가정용 가스보일러 고효율정책에 알맞은 국외 유사한 제도를 분석하여, 국내 가스보일러의 고효율 제도 개선방향을 제시하였고, 효율시험 장비를 국제표준화로 개발하여 국내의 가스보일러 효율 수치 절대비교를 용이하게 할 수 있었다.

가정용 가스보일러 시험방법의 문제점으로 불합리한 효율시험방법 및 규격의 통일화 등으로 공통사항인 기준온도, 압력, 발열량(총발열량, 진발열량)과 부분부하 효율시험방법에 대한 열효율 시험기준을 정립하였다.

8. 참고문헌

1. EN 483, "Gas-fired central heating boilers - Type C boilers of nominal heat input not exceeding 70 kW", 1999, 10
2. EN 625, "Gas-fired central heating boilers - Specific requirements for the domestic hot water operation of combination boilers of nominal heat input not exceeding 70 kW", 1996, 9
3. EN 677, "Gas-fired central heating boilers - requirements for condensing boilers with a nominal heat input not exceeding 70 kW", 1998, 6
4. Jean Schweitzer, "Full and part load efficiency measurements for boiler", DGC, 1996, 7

감사

본 연구는 산업자원부 산하 에너지관리공단 2004년도 하반기 "에너지·자원기술개발사업"의 일환으로 수행하였습니다. 지원에 감사드립니다.