

가정용 가스보일러 과압방지밸브의 개발 연구

김 영 규 · 권 정 락 · 김 지 윤 · 서 준 석*

한국가스안전공사 가스안전기술연구원

*용원산업

(2000년 1월 21일 접수, 2000년 3월 24일 채택)

Development of Relief Valves for the Domestic Gas-fired Hot Water Boilers

Young Gyu Kim, Jeong Rock Kwon, Ji Yoon Kim and Joon Suk Suh*

Institute of Gas Safety Technology, KGS

**Yongwon Ind. co.*

(Received 21 January 2000 ; Accepted 24 March 2000)

요 약

가정용 가스보일러의 안전장치인 새로운 과압방지밸브를 개발하였다. 본 과압방지밸브는 방출용량을 고려하여 입출구의 구경과 시트구경을 확대하였고, 스프링과 난방수가 닿지 않는 밀봉구조로 설계하여 기존 과압방지밸브의 문제점인 입구유로의 고착, 막힘이나 스프링의 부식현상을 최소화하였다. 개발된 과압방지밸브는 시험결과 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성, 내구성의 성능특성이 우수하였고, 보일러 설치후의 작동성도 우수한 것으로 평가되었다. 본 연구결과를 통한 과압방지밸브의 표준화와 적용은 부품교환뿐만 아니라 유지보수가 용이하다는 장점을 제공할 수 있을 것이다.

Abstract - We have developed a new relief valve which is a safety device for the domestic gas-fired hot water boilers. The relief valve has been designed to expand the inner diameter of the inlet, the outlet and the seat of the valve considering the relief capacity, and also to separate the spring from the room heating water. Therefore, we could minimize the adhesion and/or obstruction of the inlet and the corrosion phenomena of the spring which used to be the problem of the conventional relief valves. Test results of the developed relief valve showed that the performance of the opening pressure, reseating pressure, tightness, endurance were excellent, and the operating boiler with developed relief valve was evaluated as very good. The standardization and application of the relief valve can provide the advantage of component exchange and easy maintenance and repair.

Key words : Gas-fired hot water boiler, Relief valve, Opening pressure, Reseating pressure

1. 서 론

1982년 수입자유화에 따라 국내에 가스보일

러가 처음으로 사용되기 시작하였으며, 가스에너지의 지속적인 수요증가와 더불어 가스보일러의 보급도 높은 증가추세를 보여왔다. 국내

†주저자 : art1@mail.kgs.or.kr

의 가스보일러 제조사는 IMF체제 이전에는 20개 업체가 넘었으나 현재는 14개 업체로 대폭 감소하였고, 생산대수는 1997년 86만대, 1998년 84만대, 1999년 85만대가 생산된 것으로 집계되었다. 지난해 IMF체제로 인하여 국내경기가 위축되면서 가스보일러 생산량도 크게 감소될 것으로 전망되었으나 생산량에 큰 차이를 보이지 않은 것은 중단되거나 미뤄져 왔던 공사물량이 다소 회복됐고, 성수기를 맞아 공급물량을 확보하는 차원에서 보일러 제조사들이 생산량을 크게 늘렸기 때문인 것으로 분석된다.

가스보일러는 난방수 순환방식에 따라 대기 차단식과 대기개방식으로 구분할 수 있다. 대기 차단식이란 보일러안의 난방순환회로가 대기와 차단되어 밀폐된 방식이며, 대기개방식이란 보일러안의 난방순환회로가 개방된 방식을 말한다[1,2]. 대기차단식 가스보일러에는 과압방지용 안전장치로서 과압방지밸브(relief valve)가 설치되어 있으며, 난방배관이나 보일러내의 압력이 비정상적으로 상승하면 외부로 방출시켜주는 역할을 한다[3]. 이러한 과압방지밸브는 가스보일러의 안전성 확보뿐만 아니라 가스보일러를 이용하는 사용자의 안전과 재산보호의 역할을 동시에 수행하므로 신뢰성 확보가 무엇보다도 중요하다[4,5].

따라서 본 연구에서는 기존 과압방지밸브의 문제점을 개선한 새로운 과압방지밸브를 개발하고자 하며, 평가시험을 통한 신뢰성을 확보하여 가스보일러의 안전성을 향상시키고 동일 사고의 재발을 최소화하고자 한다.

2. 가스보일러 과압방지밸브 개요

대기차단식 가스보일러는 난방수 온도가 상승하면 배관내의 난방수 체적이 늘어나고 압력도 상승된다. 따라서 보일러의 안정적인 상태를 유지하기 위해서는 상승하는 압력과 체적을 흡수하거나 방출할 수 있는 과압방지용 안전장치가 필요하다. 보일러에서 약간의 압력상승은 팽창탱크에서 흡수조절하고 있으며 과도한 압력상승이 발생하면 과압방지밸브가 자동적으로 작동하면서 외부로 방출되게 한다[3,5].

과압방지밸브는 정상시에는 스프링 힘에 의해 디스크가 시트에 밀착되어 난방수의 누설을 막고 있다가 난방수와 맞닿는 디스크에 과압이 걸리면 시트에서 떨어지도록 설계되었다[6,7]. 특히 시트에 전달되는 스프링 하중은 중심축

선상에 오도록 설계·제작하여 밸브 디스크의 비균일 접촉에 의한 난방수의 누설을 방지할 수 있게 하였다.

Fig. 1은 파열사고난 보일러에서 채취한 기존 과압방지밸브의 사진을 보여주고 있는데, 스프링의 부식과 밸브입구와 시트가 고착되었거나 막혀있음을 볼 수 있다. 이와 같은 현상들은 과압방지밸브의 작동불량을 야기하며, 결국에는 가스보일러가 파열되는 직접적인 원인이 되고 있다.[4,5].

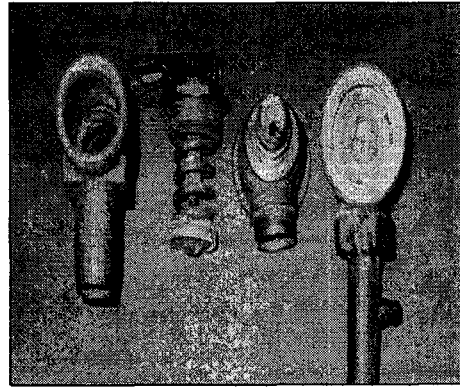


Fig. 1. Photograph of relief valves of accident boilers.

3. 과압방지밸브 시작품 제작

3.1. 설계사양

기존 과압방지밸브는 스프링과 난방수가 접촉되는 구조였으나 새로운 과압방지밸브는 고무실을 몸체에 내장하여 밀봉되게 하는 설계개념을 도입하였다. 또한 이물질의 고착과 막힘 현상, 난방수의 방출용량을 충분히 고려하여 기존 과압방지밸브의 입출구와 시트 구경을 확대·설계하였다. 기본적인 용어정의와 성능사양은 다음과 같다[7].

(1) 분출개시압력: 밸브가 작동하여 출구쪽에서 물이 방출되기 시작할 때의 압력을 말하는 것으로 난방수 방출시 분출압력의 허용차는 $2.8 \sim 3.2 \text{kg/cm}^2$ 이내 일 것.

(2) 분출정지압력: 압력이 방출된 후 밸브가 폐쇄되어 유체의 흐름이 실질적으로 정지되었을 때 입구쪽에 있어서의 압력을 말하는 것으로 난방수 방출정지시 분출정지압력의 허용차는 $2.7 \sim 3.2 \text{kg/cm}^2$ 이내 일 것.

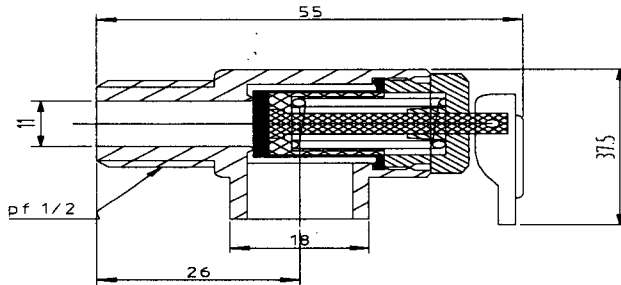
(3) 밀폐성 시험: 밸브 시트와 디스크에서의

밀폐정도를 확인하는 시험으로 밸브입구에 설정 압력의 90%를 가했을 때 디스크 시트에서의 누설이 없을 것.

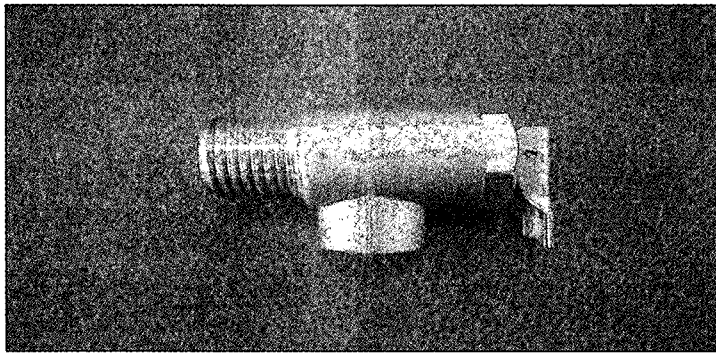
(4) 내구성 시험: 밸브의 내구수명을 확인하기 위한 시험으로 밸브레버를 1,000회 반복조작한 후 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험에서 성능이 양호하고 누설이 없을 것.

3.2. 제작구성

새로운 과압방지밸브는 몸체, 스프링, 고무실, 디스크, 스펀들, 캡 등으로 구성되었으며, 설계개략도와 제작된 시작품을 Fig. 2에 제시하였다. Fig. 2(a)의 설계개략도에서 검정색으로 해칭된 부분이 고무실로서 스프링에 난방수가 맞는 것을 방지하는 기능을 하며, 스프링 하중이 중심선상에 오도록 디스크와 스펀들이



(a) Schematic drawing



(b) Photograph

Fig. 2. Schematic drawing and photograph of developed relief valve.

Table 1. Comparisons of conventional relief valve and developed relief valve.

		Conventional r/v	Developed r/v
Body	material	brass rod	brass rod
	manufacture	lathe work	forge, lathe work
Joint part	type	ring	thread
	size	10A	15A
Outlet inside dia.(mm)		6.3	13.0
Seat inside dia.(mm)		6.9	11.0
Rubber seal		none	designed
Operating type		spring load	spring load

분리된 특징을 갖는다. 반면에 기존 과압방지밸브는 고무실이 없을 뿐만 아니라 접속구와 방출구가 개발된 제품보다 작게 설계되었고, 스펀들과 디스크가 일체형의 구조를 갖는다. Table 1에는 개발된 과압방지밸브와 기존 과압방지밸브에 대한 주요사양을 비교하여 제시하였다.

4. 과압방지밸브 성능평가

개발된 과압방지밸브의 성능평가[7,8]는 Fig. 3과 같이 볼밸브, 압력조정기, 압력센서, 컴퓨터등으로 구성된 시험장치를 이용하여 분출개

시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험을, 그리고 내구성 시험은 반복시험기에서 1,000회 반복작 후 성능을 확인하였다. 또한 보일러에 설치한 후 실제 작동에 따른 성능도 확인하였으며, 성능평가는 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

(1) 분출개시압력: 시험장치에 설치된 압력조정밸브를 조정하여 압력을 서서히 증가시켜 가면서 밸브출구에서 물이 방출될 때의 압력을 측정한다.

(2) 분출정지압력: 압력조정밸브를 조정하여 압력을 서서히 감소시켜 가면서 밸브출구에서 난방수 방출이 정지되었을 때의 압력을 측정한다.

(3) 밀폐성 시험: 밸브입구에 압력을 서서히 증가시켜 설정압력의 90%에 이를 때 밸브출구에서의 누설여부를 확인한다.

(4) 내구성 시험: 1,000회 반복작 후 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험을 실시하여 작동압력과 누설여부를 확인한다.

(5) 보일러 설치시험: 보일러에 설치하여 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험을 실시하여 작동압력과 누설여부를 확인한다.

2에 그 결과를 제시하였다. 본 시험은 5개의 시작품에 대하여 실시하였으며, 분출개시압력과 분출정지압력은 각각 2.8~3.2kg/cm², 2.7~3.2kg/cm²의 허용범위로 설정되어 있다. 과압방지밸브의 성능은 분출개시압력과 분출정지압력의 설정압력 허용범위에서의 정상적인 작동 여부에 의하여 크게 좌우된다. 설정범위에서 안정되게 작동되기 위해서는 스프링과 고무실의 탄성력, 소재, 가공성, 그리고 시트와 디스크의 접촉성이 적정하여야 한다.

Table 2에 제시된 결과를 살펴보면, 새로이 개발된 과압방지밸브의 분출개시압력은 3.01~3.07kg/cm², 분출정지압력은 2.85~2.99kg/cm²으로 작동압력 범위를 만족하는 것으로 나타났다. 개발된 과압방지밸브의 작동은 설정압력에 도달하면서 출구에서 물이 서서히 방출되기 시작하다가 입구압력의 상승에 따라 급격히 방출되는 양상을 보여 주었다. 일반적으로 과압방지밸브는 내부압력이 상승하면 설정압력에 도달하기 전까지는 시트와 디스크가 완전히 밀착되어 있어서 압력방출이 일어나지 않다가 설정압력에 도달하면서 서서히 압력방출이 이루어

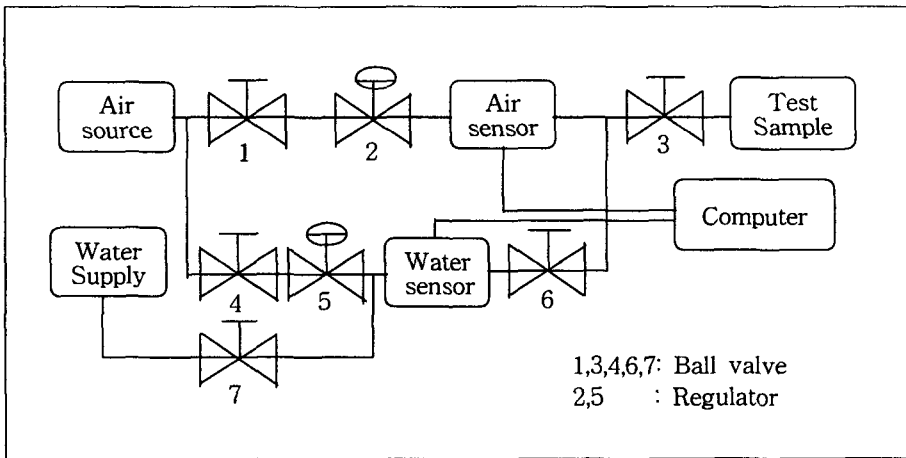


Fig. 3. Schematic diagram of test apparatus.

5. 성능평가 결과 및 고찰

5.1. 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험

과압방지밸브 샘플에 대한 분출개시압력과 분출정지압력, 밀폐성 시험을 실시하여 Table

2에 그 후에 많은 방출량을 보여야 한다. 개발된 과압방지밸브는 이러한 전형적인 양상을 잘 보여주었다. 또한 설정압력의 90%에서 실시하는 밀폐성 시험에서도 누설은 발생되지 않았다. 따라서 새로이 개발된 과압방지밸브는 작동성능이 비교적 양호한 것으로 평가된다.

Table 2. Test results of prototype relief valves.

	Sample				
	#1	#2	#3	#4	#5
Opening pressure (kg/cm ²)	3.01	3.05	3.04	3.03	3.07
Reseating pressure (kg/cm ²)	2.91	2.97	2.85	2.92	2.98
Tightness test	No leak	No leak	No leak	No leak	No leak

5.2. 내구성 시험

과압방지밸브 시작품에 부착된 외부 작동 레버를 1,000회 반복조작을 한 후에 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험을 실시하였다. Table 3에 제시된 결과를 보면 분출개시압력은 3.04~3.12kg/cm²으로 양호한 수준을 보여 주었고, 분출정지압력도 2.94~3.02kg/cm²으로 양호한 결과를 나타내었다. 내구성 시험 전후의 측정치를 비교하면 전반적으로 약간 상승된 수준을 보여주고 있으나 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 1,000회 반복조작 후의 밀폐성 시험에서도 누설은 발생되지 않았다.

또한 개발된 과압방지밸브 시작품은 1,000회의 반복조작 후에도 매우 양호한 작동성능을 갖고 있어 내구수명과 신뢰성이 높은 것으로 평가된다.

Table 3. Endurance test results of prototype relief valves.

	Sample				
	#1	#2	#3	#4	#5
Opening pressure (kg/cm ²)	3.12	3.04	3.08	3.04	3.10
Reseating pressure (kg/cm ²)	3.02	2.92	2.99	2.96	3.02
Tightness test	No leak	No leak	No leak	No leak	No leak

5.3. 보일러 설치시험

과압방지밸브 시작품을 가스보일러에 설치하여 작동시험을 실시하였고, 그 결과를 Table 4

에 제시하였다. 여기서 시험에 사용된 과압방지밸브는 분출개시압력과 분출정지압력 측정에 사용된 샘플을 사용하였다. 시험결과 분출개시압력은 2.99~3.11kg/cm², 분출정지압력은 2.90~3.01kg/cm²으로 각각 나타났고, 밀폐성 시험결과 누설은 발생되지 않았다.

한편, 기존 보일러에 설치되어 있던 과압방지밸브에 대하여 동일한 시험을 실시한 결과 분출개시압력은 3.11~3.15kg/cm², 분출정지압력은 2.90~2.95kg/cm²으로 나타났고, 누설도 발생되지 않았다. 그러나 방출되는 난방수의 양은 개발된 과압방지밸브에 비하여 적은 것으로 관찰되었다.

이들 시험결과로부터 개발된 과압방지밸브는 기존 과압방지밸브와 작동수준에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 상대적으로 방출량이 증가된 것으로 나타났다. 이와 같은 점을 고려할 때 고무실 밀봉구조의 설계도입은 적절한 것으로 판단되며, 특히 장기간 사용시의 문제점인 고착현상과 부식을 최소화 할 수 있도록 설계된 구조적인 장점을 갖고 있다.

Table 4. Test results of boiler with prototype relief valves.

	Sample				
	#1	#2	#3	#4	#5
Opening pressure (kg/cm ²)	3.05	3.05	2.99	3.02	3.08
Reseating pressure (kg/cm ²)	2.98	2.91	2.90	2.92	2.94
Tightness test	No leak	No leak	No leak	No leak	No leak

6. 결 론

본 연구에서는 가정용 가스보일러의 과압방지용 안전장치인 과압방지밸브를 개발하였으며, 동제품에 대한 성능과 신뢰성을 평가하고자 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험, 내구성 시험, 보일러 설치시험을 수행하였다. 시험결과 분출개시압력은 3.01~3.07kg/cm², 분출정지압력은 2.85~2.99kg/cm²으로 나타나 설계시의 성능사양을 만족하였고, 밀폐성 시험에서도 누설은 발생되지 않았다. 또한 1,000회의 반복작동에 따른 내구성 시험후 분출개시압력

은 $3.04\sim 3.12\text{kg/cm}^2$, 분출정지압력은 $2.94\sim 3.02\text{kg/cm}^2$ 으로 매우 안정적인 것으로 나타났고, 밀폐성도 양호하였다. 실제 가스보일러에 설치하여 시험한 결과에서도 분출개시압력은 $2.99\sim 3.11\text{kg/cm}^2$, 분출정지압력은 $2.90\sim 3.01\text{kg/cm}^2$ 으로 작동성능이 양호하였고, 밀폐성도 우수한 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 개발된 과압방지밸브는 제품표준화 뿐만 아니라 유지보수가 용이하다는 장점을 제공할 수 있을 것이며, 향후 사용경과에 따른 성능 및 기능에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. KS B 8109, "가스온수보일러"(1996).
2. 한국가스안전공사, "액화석유가스안전관리기준 통합고시"(1999).
3. 가스석유기기협회, "가스연소기기편람"(1994).
4. 한국가스안전공사, "가스사고편람"(1998).
5. 김영규, "가정용 가스보일러 팽창탱크의 과열원인 고찰", 가스안전지(1999).
6. Cyril F. Parry, "Relief systems handbook", ICE(1992).
7. KS B 6216, "증기용 및 가스용 스프링 안전밸브"(1988).
8. API RP 576, "Inspection of pressure-relieving devices"(1992).