

가정용 가스보일러 릴리프 밸브의 개발에 관한 연구

김영규 · 권정락 · 김지윤
한국가스안전공사 가스안전기술연구센터

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

Young Gyu Kim, Jeong Rock Kwon, Ji Yoon Kim
Gas Safety R&D Center, KGS

1. 서론

1982년 수입자유화에 따라 국내에 가스보일러가 처음으로 사용되기 시작하여 가스에너지의 안정적인 공급 및 지속적인 수요증가와 더불어 가스보일러의 보급도 높은 증가추세를 보여왔다. 가스보일러를 생산중인 제조사는 20개 업체에서 IMF 등의 여파로 1999년 14개사로 감소하였고, 생산대수도 1997년 86만대, 1998년 84만대에서 1999년 상반기에는 34만대의 생산에 그쳐 대폭 감소될 것으로 전망된다.

가스보일러는 난방수 순환방식에 따라 대기차단식과 대기개방식으로 구분할 수 있는데, 대기차단식이란 보일러안의 난방순환회로가 대기와 차단되어 밀폐된 방식이며, 대기개방식이란 보일러안의 난방순환회로가 개방된 방식이다. 대기차단식 가스보일러에는 과압방지용 안전장치로서 릴리프 밸브(relief valve)가 설치되어 있으며, 난방배관이나 보일러내의 압력이 상승하면 밸브가 자동적으로 작동되면서 상승된 내부압력을 외부로 방출시킨다[1-3].

릴리프 밸브는 가스보일러의 안전성 확보뿐만 아니라 가스보일러를 이용하는 사용자의 안전과 재산보호에도 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 현행 릴리프 밸브의 문제점을 개선한 새로운 형상의 릴리프 밸브를 개발하는 것이 본 연구의 주목적이며, 릴리프 밸브 시작품의 평가시험을 통한 신뢰성 확보로 기기의 안전성을 향상시키고 동일사고의 재발을 최소화하고자 한다.

2. 사고사례

가스보일러 릴리프 밸브와 관련된 파열사고는 1995년~1999년 6월 기준으로 총 26건이 발생되었고[4,5], 연도별 사고분포를 Fig. 1에 도시하였다. 1996년에 10건의 사고로 높게 나타났으나 1998년에 5건, 1999년에 1건으로 점차 감소하는 추세를 보여주고 있다.

Table 1에는 총 26건의 사고를 분석하여 제시하였다. Table 1의 사고현황을 사용가스별로 보면 LNG 10건, LPG 6건, LPG+Air 10건으로 나타났고, 사용처별로 보면 단독주택 4건, 공동주택 22건으로 공동주택에서 약 85%의 사고가 일어났다. 사고형태별로는 파열이 25건, 화재가 1건으로 사고의 대부분은 파열사고인 것으로 나타났다.

특히 사고원인에 따른 결과를 살펴보면 시설미비에 의한 사고가 1건, 제품불량에 의한 사고가 25건으로서 전체사고 26건 중에서 제품불량에 의한 사고가 96% 이상을 차지하였다. 이와 같이 제품불량에 의한 사고가 많이 발생된 것은 보일러의 장기간 사용에 따른 제품의 노후 또는 자체결함, 그리고 부적정한 시공 등에 그 원인이 있을 것으로 판단된다.

Fig. 2는 파열사고난 보일러에서 채취한 현행 릴리프 밸브의 사진으로서 스프링에서의 부식과 밸브입구와 시트가 고착되고 막혀있음을 볼 수 있다. 이와 같은 현상들은 릴리프 밸브의 작동불량을 야기하며, 결국에는 가스보일러가 파열되는 직접적인 원인이 된다. 따라서 슬라임(slime)이나 스케일(scale)에 의한 부식방지와 고착 현상을 최소화 할 수 있는 기술적인 해결방안이 필요하다.

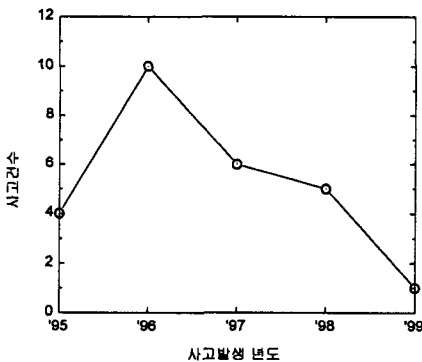


Fig. 1 Accident distribution related to relief valves.

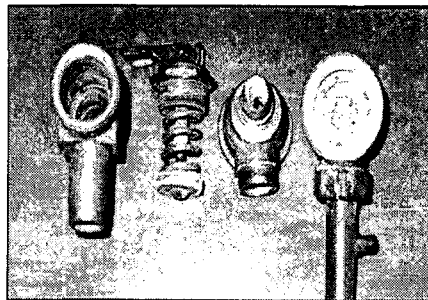


Fig. 2 Photograph of failed relief valves.

Table 1. Accident analysis related to relief valves.

구 분		'95	'96	'97	'98	'99	계
사고원인	제품불량	3	10	6	5	1	25
	시설미비	1					1
	취급부주의						
사고형태	폭발						
	파열	4	9	6	5	1	25
	화재		1				1
사 용 처	단독주택		1	1	2		4
	공동주택	4	9	5	3	1	22
	요식업소						
사용가스	LPG	1	3	2			6
	LNG		2	2	5	1	10
	LPG+Air	3	5	2			10
연도별 사고 소계		4	10	6	5	1	26

3. 가스보일러 릴리프 밸브

3.1 릴리프 밸브의 개요

대기차단식 가스보일러의 경우 난방순환수 온도가 상승하면 배관내의 난방순환수 체적이 늘어나고 압력도 상승된다. 따라서 보일러의 안정적인 상태를 유지하기 위해서는 상승하는 압력과 체적을 흡수하거나 방출할 수 있는 장치가 필요한데, 이러한 역할을 수행하는 것이 과압방지장치이다. 보일러에서 약간의 압력 상승은 팽창탱크에서 흡수하여 조절하고 있으나 과도한 압력상승이 발생하면 릴리프 밸브가 자동적으로 작동하면서 외부로 방출되게 한다[3].

릴리프 밸브는 통상적으로 스프링 힘에 의해 디스크가 시트에 밀착되어 있다. 난방순환수가 맞는 디스크에 과압이 걸리면 시트에서 떨어지도록 설계되었다[6,7]. 특히 시트에 전달되는 스프링 하중은 중심축 선상에 오도록 설계·제작하여 밸브 디스크의 비균일 접촉에 의한 난방순환수의 누설을 방지할 수 있게 하였다.

3.2 릴리프 밸브의 이점

본 연구에서 고안된 릴리프 밸브를 적용할 경우 다음과 같은 이점이 기대되며, 제품의 신뢰성 확보와 안전성 향상을 가져올 것으로 추측된다.

- 보일러 제조사별로 상이한 외관형상, 접속방법, 설정압력 등이 표준화되어 부

품호환이 가능하며, 유지보수와 관리 등이 용이하다.

- 릴리프 밸브의 제조·기술에 대한 검사기준의 확립과 품질향상으로 기술경쟁력 확보의 효과가 있다.

3.3 릴리프 밸브의 작동절차

난방순환수의 과압을 방출하는 릴리프 밸브의 기본적인 작동절차는 다음과 같다.

- 절차 1: 난방순환수의 압력이 밸브 디스크의 밀면에 작용.
- 절차 2: 난방순환수의 작용압력과 밸브의 설정압력과의 비교.
 - ① 설정압력 이상
 - 밸브 디스크에 작용하는 스프링하중 보다 난방순환수의 압력이 크므로 디스크는 시트에서 이탈되어 난방순환수가 방출됨.
 - ② 설정압력 미만
 - 밸브 디스크에 작용하는 스프링하중 보다 난방순환수의 압력이 작으므로 디스크는 시트와 밀착되어 난방순환수의 방출이 없음.

4. 릴리프 밸브의 시작품

4.1. 시작품의 검토

시작품은 현행의 릴리프 밸브와 비교하여 구조적인 설계를 다시 한 것이다. 현행 릴리프 밸브는 스프링이 난방순환수와 접촉하는 구조였으나 본 시작품의 경우 이를 차단하는 고무실이 내재된 밀봉방식이다. 또한 이물질의 고착과 막힘 현상, 난방순환수의 배출용량을 충분히 고려하여 현행 릴리프 밸브의 입·출구 구경, 시트 구경에 대해서도 검토하였다.

4.2 시작품의 사양

- 설정압력
설계상 규정한 분출개시압력을 말한다. 설정압력은 3.0kg/cm^2 일 것.
- 분출개시압력
밸브가 작동하여 출구쪽에서 물이 방출되기 시작할 때의 압력을 말한다. 난방순환수 방출시 분출압력의 허용차는 설정압력의 $\pm 0.2\text{kg/cm}^2$ 이내 일 것.
- 분출정지압력
압력이 방출된 후 밸브가 폐쇄되어 유체의 흐름이 실질적으로 정지되었을 때

입구쪽에 있어서의 압력을 말한다. 난방순환수 방출정지시 분출정지압력의 허용차는 설정압력의 -0.3kg/cm^2 이내 일 것.

- 밀폐성시험

밸브입구에 설정압력의 90%를 가했을 때 디스크시트에서의 누설이 없을 것.

- 내압시험

밸브몸체는 최고사용압력의 2.2배의 수압을 1분간 가했을 때 변형, 누설 등이 없을 것.

4.3 시작품의 구성

시작품은 몸체, 스프링, 고무실, 디스크, 스펀들, 칩 등으로 구성되었으며, Fig. 3에서 보여주고 있다. Table 2에는 기본사양 이외의 개략적인 사양을 현행 릴리프 밸브와 비교하여 제시하였다.

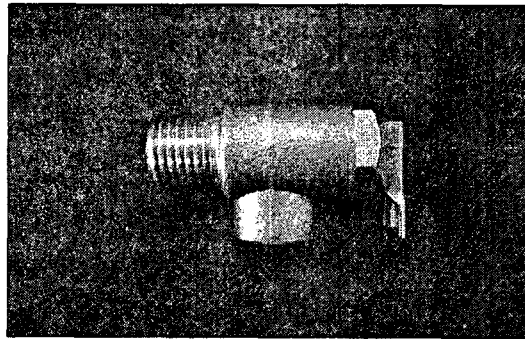


Fig. 3 Photograph of prototype relief valve.

Table 2. Comparison of current relief valve and prototype relief valve.

구분		현행품	시작품	비고
몸체	재료	황동	황동	* ; 보일러 제조사별 로 상이
	제조	봉,선삭	단조,선삭	
접속	방식	링이음	나사이음	
	구경	10A*	15A	
내경 (mm)	출구	6.3*	13.0	
	시트	6.9*	11.0	
고무실		무	유	
작동방식		스프링	스프링	
조작기구		레버식	레버식	

5. 시작품의 평가

5.1 평가방법

시작품의 평가[7-9]는 Fig. 4의 시험장치를 이용하여 분출개시압력, 분출정지압력, 밀폐성 시험에 대하여 실시하였고, 내압강도는 수압시험기를 이용하여 확인하였다. 각각의 평가시험은 다음과 같은 방법과 절차로 실시하였다.

- ① 시험장치에 설치된 압력조정밸브를 조정하여 압력을 서서히 증가시켜 가면서 밸브출구에서 물이 방출될 때의 압력을 측정한다.
- ② 압력조정밸브를 조정하여 압력을 서서히 감소시켜 가면서 밸브출구에서 방출이 정지되었을 때의 압력을 측정한다.
- ③ 밸브입구에 압력을 서서히 증가시켜 설정압력의 90%에 이를 때 밸브출구에서의 누수여부를 확인한다.
- ④ 밸브몸체에 압력을 서서히 증가시켜 최고사용압력의 2.2배 수압에서 1분간 유지한 후 변형이나 누설이 없는지를 확인한다.

5.2 평가결과

릴리프 밸브 시작품에 대한 시험결과 시작품의 사양을 모두 만족하였고, 성능이 양호한 것으로 평가되었다. 또한 본 시작품 개발은 기술적으로 가능함을 보여주었다. 본 시작품의 개발이 완료되면 가정용 가스보일러의 안전성 향상뿐만 아니라 동일사고의 재발방지에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

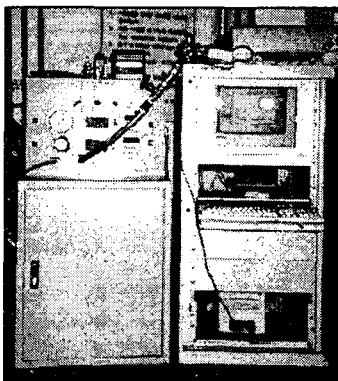


Fig. 4 Test apparatus.

Table 3. Test results of prototype relief valves.

평가시험구분 (단위:kg/cm ²)	시작품				
	#1	#2	#3	#4	#5
분출개시압력	3.0	3.05	3.05	2.95	3.05
분출정지압력	2.9	2.95	2.9	2.9	3.0
밀폐성시험	양호	양호	양호	양호	양호
내압시험	양호	양호	양호	양호	양호

6. 향후과제

본 연구에서는 가스보일러의 릴리프 밸브 시작품을 제작·평가하여 기술적 가능성을 검토하였다. 향후 본 시작품의 실용화를 위하여 보일러 적용시험과 내구성 시험을 실시하여야 하며, 실용상에서 나타날 수 있는 문제점을 해결하여야 할 것이다. 또한 가스보일러 제조사별로 상이한 현행 릴리프 밸브를 표준화하는 방안과 관련된 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. KS B 8109, "가스온수보일러", 1996.
2. 한국가스안전공사, "가스관계법령집", 1996.
3. 가스석유기기협회, "가스연소기기편람", 1994.
4. 한국가스안전공사, "가스사고편람", 1998.
5. 김영규, "가정용 가스보일러 팽창탱크의 파열원인 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.
9. 김영규, 권정락, 조지환, "스프링식 안전밸브의 성능특성에 관한 연구", 한국가스안전공사, 1997.