論 文 13-2-12

도시가스시설에서 안전밸브의 분출성능에 관한 평가 연구

Evaluation of Popping Performance of Safety Valves in City Gas Facilities

김 영 규*·김 청 균**
Young-Gyu Kim · Chung-Kyun Kim
(1998년 2월 4일 접수, 1998년 5월 2일 채택)

ABSTRACT

In order to evaluate the performances of safety valves for low pressure, the popping pressure and flow rate of the natural gas have been investigated. The measured results of the popping pressure show that there is a big scattering depending on the manufacture year of a safety valve. And sample A showed the ideal popping pressure mode compared to other B and C samples. The popping flow rate of the safety valve is proportional to the seat size as the inlet pressure increases. These results may be used as a guideline for a design and diagnosis of the safety valve.

1. 서 론

도시가스는 전국 배관망의 확충과 더불어 그 사용량이 급성장하여 97년도 국내 천연가스 수요는 총 1,134만톤으로 96년도에 비해 약 23.2% 증가하였고, 그 중에서 주택용은 전체 수요량중에서 65%를 차지할 정도로 비중이 크다[1]. 고압으로 이송된 도시가스는 지역 정압기를 거치면서 저압으로 강하되어 일반 가정에 공급된다.

도시가스 정압기 시설에는 안전장치로서 안전밸브(safety valve)가 설치[2]되어 있고, 설비내에 가스압력이 비정상적으로 상승하여 설정된 압력값을 초과하면 안전밸브가 작동되면서 가스압력을 방출시키는 기능을 한다. 즉, 안전밸브는 정압기의 2차측 압력이 정압기의 고장이나 온도 팽창, 기압의 변화 등으로 이상 승압한 경우에 대기중으로 가스를 방출하여 승압을 방지하는데 사용된다. 따라서 안전밸브에서 디스크나 시트

* 한국가스안전공사 가스안전기술연구센터
** 홍익대학교 기계공학과

의 형상은 가스가 유출되는 유동현상을 최대한 고려하여 설계하여야 하고, 특히 시트와 디스크는 항상 균일한 접촉이 이루어지도록 하여야 한다[3~5].

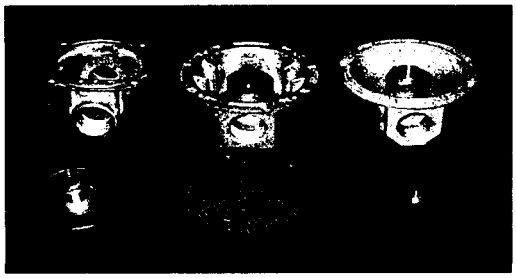
가스가 개방된 밸브를 통하여 방출되면 내부압력은 설정압력 이하로 떨어지게 되고, 더 이상의 가스방출이 없도록 디스크와 시트는 다시 접촉하게 된다[6~8]. 이러한 기능을 갖는 안전밸브는 설비의 안전성 확보뿐만 아니라 사용자의 안전과 재산보호 측면에서도 대단히 중요하다. 최근 들어 정압기 시설 관련 사고[9]가 빈번하게 발생되면서 가스압력이 상승하였을 때 안전밸브의 정상적인 작동성과 방출성능이 적정하게 설계되었는지가 중요한 문제점으로 대두되고 있다.

본 연구에서는 도시가스 정압기 시설에 널리 설치된 안전밸브 시료에 대한 작동실험을 통하여 그 특성을 비교·평가하고자 한다. 본 연구에서 획득한 실험적 결과는 안전밸브에 대한 검사나 점검을 실시할 때 기술자료로 응용될 수 있을 뿐만 아니라 향후 국산화 기술개발의 설계 데이터로 활용하고자 한다.

2. 실 험

2.1 실험시료

현재 도시가스 각사에서 사용하고 있는 대표적인 저압용 안전밸브 세 가지를 실험모델로 선정하였고, 이들을 각각 시료 A, B, C로 구분하였다. 안전밸브는 내부식성이 강한 알루미늄 합금 다이캐스팅으로 제조되었고, 스프링과 다이어프램이 내장된 설계구조로 압력설정이나 변경이 용이하다. 디스크는 고무제 다이어프램에 수압판으로 고정되어 있어서 스프링 힘이 작용하면 알루미늄제 시트와는 선접촉(line contact)을 하게 된다. 가스가 방출되는 입구유로와 출구유로의 방향성은 시료 A는 수평방향, 시료 B와 시료 C는 직각방향의 구조로 Fig. 1에서 보여주고 있다. 각 시료에 대한 시트구경은 시료 A가 20mm, 시료 B는 24mm, 시료 C는 27mm이며, 주요 사양은 Table 1에 제시하였다.



<시료 A> <시료 B> <시료 C>

Fig. 1 Photo of safety valves

Table 1 Specifications of safety valves

구 분	Sample A	Sample B	Sample C
압력설정	스프링식	스프링식	스프링식
몸체재질	알루미늄	알루미늄	알루미늄
나사규격	NPT	NPT	NPT
디스크 형상	원형	원형	원형
시트구경(mm)	20	24	27
유로방향	수평유로	직각유로	직각유로

2.2 실험장치 및 방법

기존에 사용하였던 안전밸브 시료('90년~'96년)와 사용하지 않은 시료('97년)에 대한 작동실험은 Fig. 2와 같이 가압부, 제어부, 기록부로 구성된 실험장치를 이용하였으며, 안정적인 공급압력을 고려하여 장치내부에는 홀더(holder)가 설치되었다. 실험은 안전밸브 시료를 지그에 고정한 후 제어패널에서 가스압력과 측정시간을 설정하여 작동시키면 안전밸브의 분출압력이 지시되면서 그래프로 출력된다.

안전밸브 시료의 출구쪽에서 방출되는 유량은 입구의 압력을 변화시켜 가면서 연도별로 각사의 시료 2개씩에 대하여 터빈 유량계(Model ET3, EMO)로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 분출압력

안전밸브에 대한 분출압력(popping pressure) 실험을 실시하여 그 결과를 Fig. 3에 제시하였다. 시료별 분출압력은 사용연도에 관계없이 매

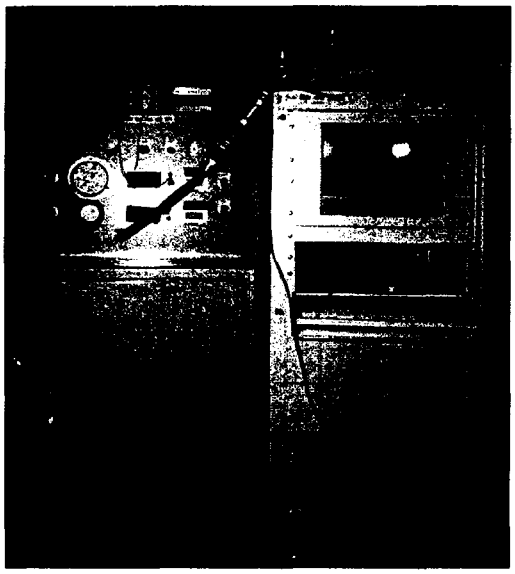


Fig. 2 Performance tester of the safety valve

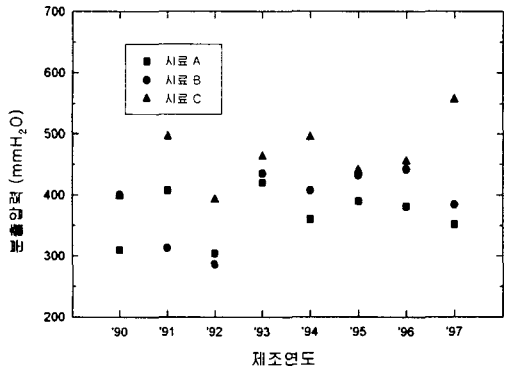


Fig. 3 Popping pressure distributions of safety valves as a function of a manufacture year

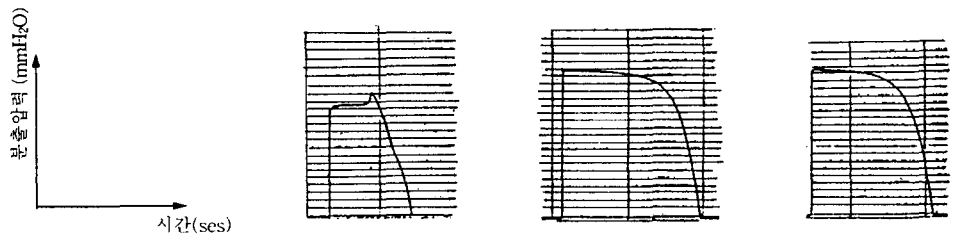
우 불규칙적인 압력 특성치를 보여주고 있다. 실험결과에 의하면 분출압력의 크기는 시료 C가 가장 높게 나타났고, 그 다음이 시료 B, 시료 A 순으로 나타났다. 이와 같이 분출압력이 전반적으로 매우 불안정하게 나타난 원인에는 현장에서의 부적절한 압력설정 또는 안전밸브의 설치연도가 오래됨에 따라 스프링이나 다이어프램에 경년변화와 부식현상이 초래되어 탄성력이 저하되었기 때문이다.

Fig. 4에서는 사용연수가 가장 오래된 '90년 시료의 분출모드(popping mode)를 보여주고 있다. 그림에서 x축과 y축은 각각 가압되는 시간과 분출압력을 의미한다. 시료 A의 경우에는 압력상승에 따른 압력방출 때 분출개시 압력이 비교적 명확하게 나타나고 있는 반면에 시료 B와 시료 C 안전밸브의 경우는 그림에서 보듯이 시간에 따른 분출개시 압력이 불분명하게 나타나고 있다.

안전밸브의 이상적인 분출모드는 압력이 안전밸브 입구측을 통하여 디스크에 가해지면 일정한 압력까지는 시트에서의 가스방출이 없다가 순간적으로 방출이 일어나고, 그 후 안정적인 분출압력 수준을 나타내어야 한다. 시료 A의 제품에서는 이와 같은 전형적인 분출모드를 잘 보여주고 있다.

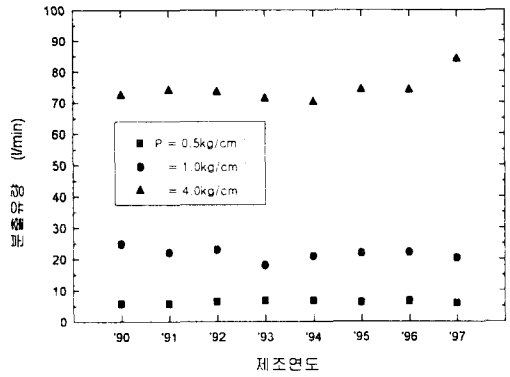
3.2 분출유량

안전밸브를 연도별 시료에 대하여 입구압력을 0.5kg/cm^2, 1.0kg/cm^2, 4.0kg/cm^{2}로 각각 증가시켜 가면서 측정한 분출유량(popping flow rate)을 Fig. 5에 제시하였다.

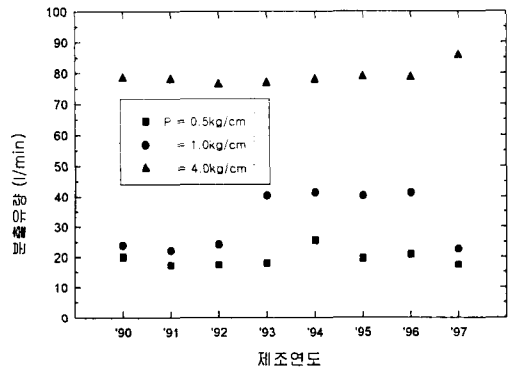


(a) 시료 A('90년) (b) 시료 B('90년) (c) 시료 C('90년)

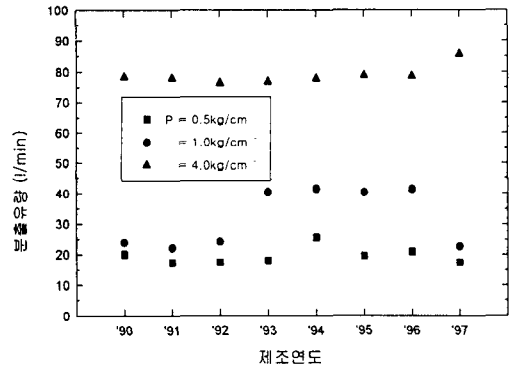
Fig. 4 Measurement of popping modes in safety valves



(a) 시료 A



(b) 시료 B



(c) 시료 C

Fig. 5 Flow rate according to various inlet pressure

Fig. 5(a)의 결과에 의하면 시료 A의 경우 입

분출유량이 비교적 완만하게 변화하는 특성을 보여주고 있는 반면에 Fig. 5(b)의 시료 B는 입구압력 4.0kg/cm^{2}에서, 그리고 Fig. 5(c)의 시료 C는 입구압력 1.0kg/cm^{2}에서만 완만한 유량특성을 나타내었다. 따라서 '90년부터 '97년 시료에 이르기까지 비교적 안정적인 유량특성을 보여주고 있는 시료 A가 시료 B나 시료 C보다는 성능이 양호한 것으로 평가된다.

한편, 안전밸브 '97년 시료는 입구압력 4.0kg/cm^{2}에서 분출유량이 여타 연도의 시료보다 높게 나타났는데, 이것은 스프링의 탄성력이 좋아서 리프팅이 높거나 또는 녹, 스케일과 같은 이물질에 의한 유동방해가 적기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 6에는 분출유량의 평균값을 나타내었는데, 입구압력의 증가에 따라 분출유량도 증가하는 양상을 보여준다. 입구압력이 0.5kg/cm^{2}일 때 시료 A의 평균 유량값은 6.3 ℓ/min, 시료 B는 19.5 ℓ/min, 시료 C는 16.7 ℓ/min로서 시료 A는 시료 B나 시료 C에 비하여 3.0배와 2.6배 정도 낮음을 보였다. 그러나 입구압력이 4.0kg/cm^{2}일 때는 시료 A가 74 ℓ/min, 시료 B는 78.7 ℓ/min, 시료 C는 95.7 ℓ/min로서 시료 A는 시료 B나 시료 C에 비하여 1.1배, 1.3배 정도 낮은 것으로 나타났다. 입구압력 0.5kg/cm^{2}에서는 시료 B의 시트구경이 시료 C보다 작음에도 불구하고 유량은 시료 B가 많음을 보였다.

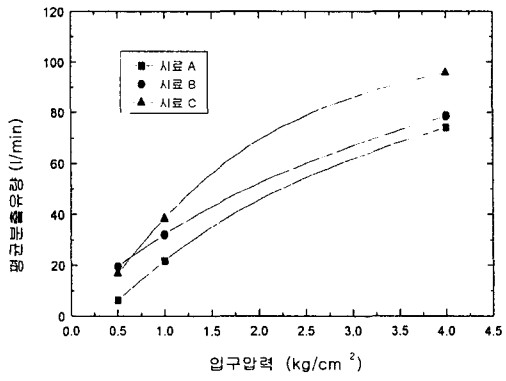


Fig. 6 Average flow rate of the safety valve

시험결 결과에 의하면 안전밸브가 작동할 때

방출되는 유량은 낮은 압력에서는 시트구경과 유로방향에 큰 영향을 받지 않았으나 입구압력이 높은 상태에서는 시트구경 크기와 유로방향에 관계있음을 알 수 있다. 즉, 고압에서의 분출유량은 시트구경이 크면서 유체저항이 없고, 디스크의 리프팅이 높을수록 안전밸브 출구측으로 방출되는 분출량은 많게 된다. 따라서 안전밸브를 설계하거나 현장시설에 설치할 때에는 입구압력을 고려한 적정한 밸브 취출부의 사이징 선택이 대단히 중요하다.

4. 결 론

도시가스 시설에서 저압용 안전밸브의 연도별 시료에 대한 분출압력과 분출유량에 대한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 안전밸브의 분출압력은 사용연수에 관계없이 불규칙적인 양상을 보였고, 그 크기는 시료 C, B, A 순으로 높음을 보여주었다.
2) 분출압력 모드는 시료 A가 시료 B나 C에 비하여 명확하게 나타나서 사용연수에 따른 작동 안전성과 내구성이 우수한 것으로 평가된다.
3) 분출유량은 입구압력이 낮은 상태에서는 시료 B, C, A 순으로 높았으나, 고압으로 가면서 시료 C, B, A 순으로 높게 나타났다.
4) 분출유량은 저압보다는 고압에서 시트구경의 크기와 유로방향에 큰 영향을 받음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1) 한국가스안전공사, 가스뉴스레터, 1998.
2) 한국가스안전공사, 가스관계법령집, 1996.
3) KS B 6216, 증기용 및 가스용 스프링 안전밸브, 1988.
4) ISO 4126-1, Safety Valves Part 1-General Requirements, 1991.
5) API RP 576, Inspection of Pressure-Relieving Devices, 1992.
6) API ST 527, Seat Tightness of Pressure Relief Valves, 1991.
7) Robert V. Brink, Fluid Sealing, McGraw-Hill, Inc., 1993.
8) Cyril F. Parry, Relief Systems Handbook, ICE, 1992.
9) 한국가스안전공사, 가스사고편람, 1997.