

가스누출확인형 퓨즈콕 및 저압전용 배관용밸브의 사용안전성 평가

김필중, 박장식, 임형규*, 정수환*
가스안전연구원 *(주)이지CnE

Safety Evaluation of a Fuse-Cock and Low Pressure Valve with Leak Detecting Function

Pil-jong Kim, Jang-sik Park, Hyeong-gyu Lim*, Soo-hwan Jeong*
Institute of Gas Safety R&D, *EGCnE Co., LTD.

1. 서론

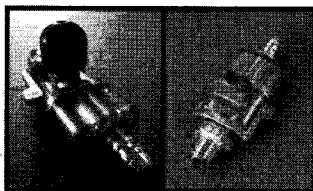
국내의 가스사용량은 꾸준히 늘어 2006년 12월말을 기준으로 총 1927만 가구(국내 총 가구의 98%)가 가스를 사용하고 있었으며, 그 중 도시가스 사용가구가 약 63%, LP가스 사용가구가 약 37%였다. 또한 2006년 12월말을 기준으로 최근 5년간의 가스사고를 조사하여 본 결과, 전체 사고는 총 569건이 발생하였으며, 이 중 가스누출에 의한 화재 및 폭발사고는 총 365건(64.1%)으로 나타났다. 또한 가스사고를 장소별로 구분하여 보았을 때 가정집에서 발생한 사고는 총 215건(37.8%), 요식업소에서 발생한 사고는 총 89건(15.6%)을 차지하였다. 이러한 가스누출사고의 원인으로는 호스파손 중간밸브의 노후와 연소기에 의한 조리기구 과열 등을 들 수 있다. 이렇듯 중간밸브의 후단부에서 누출된 가스가 체류되어 사고가 발생할 경우 재산피해 및 인명피해가 발생할 수 있으며 사전에 가스누출 여부를 확인하는 것이 매우 중요하다.

2006년에 (주)이지씨엔이에서 개발한 가스누출확인이 가능한 퓨즈콕과 배관용밸브이하 "가스누출확인형 퓨즈콕", "가스누출확인형 배관용밸브")는 퓨즈콕과 연소기 사이 또는 가스계량기와 중간밸브 사이에 설치되어 기기의 후단에서 발생할 수 있는 가스누출에 대한 확인기능을 갖고 있다. 본 연구에서는 개발된 제품에 대해 시제품을 제작하고 사용안전성 평가를 수행하였다.

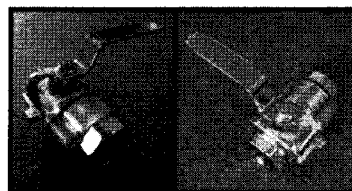
2. 가스누출확인형 퓨즈콕, 배관용밸브

2-1. 시제품 설계 및 제작

그림 1은 이번에 개발한 퓨즈콕과 후단의 연소기 사이에서의 가스누출을 수시로 확인할 수 있는 기능을 갖는 가스누출확인형 퓨즈콕과 배관용밸브와 중간밸브 사이에서의 가스누출을 확인할 수 있는 기능을 갖는 가스누출확인형 저압전용 배관용밸브의 시제품을 나타낸 그림이다.



(a) 가스누출확인형 퓨즈콕



(b) 가스누출확인형 배관용밸브

그림 1 가스누출확인형 퓨즈콕 및 배관용밸브 개발 시제품

기존의 퓨즈콕은 퓨즈콕의 후단 또는 퓨즈콕 밸브스템부에서의 누출을 확인하기 위해 비눗물을 사용하여 점검을 하도록 되어 있지만, 이러한 제품은 누출확인을 하고자 할 경우 점검버튼을 간단하게 조작함으로써 쉽게 가스누출을 확인할 수 있다. 가스가 개폐되는 원리와 기본적인 성능은 기존의 퓨즈콕 또는 저압전용 배관용밸브와 크게 다른 점은 없으나, 가스누출의 점검을 위해, 호스파손, 스템부 불량으로 발생하는 차압을 확인하기 위한 점검통과 점검액이 구성품으로서 추가되었다. 만약 스템부 또는 가스호스에서 차압이 발생한다면, 점검유로가 개방될 시 차압이 발생하여 점검통 내부의 점검액에 방울이 발생되어 사용자가 쉽게 누출을 확인할 수 있는 구조로 되어 있다.

2.2. 시제품 구성 및 점검 작동원리

그림 2는 가스누출확인형 퓨즈콕의 부품구성 및 저압전용 배관용밸브의 점검 작동원리에 대해 개략적으로 나타낸 그림이다. 그림에서 보이는 바와 같이, 가스누출확인형 퓨즈콕과 저압전용 배관용밸브는 내부구조가 같기 때문에 그림2 (b)에서 나타낸 것과 같은 원리로 점검이 가능하다.

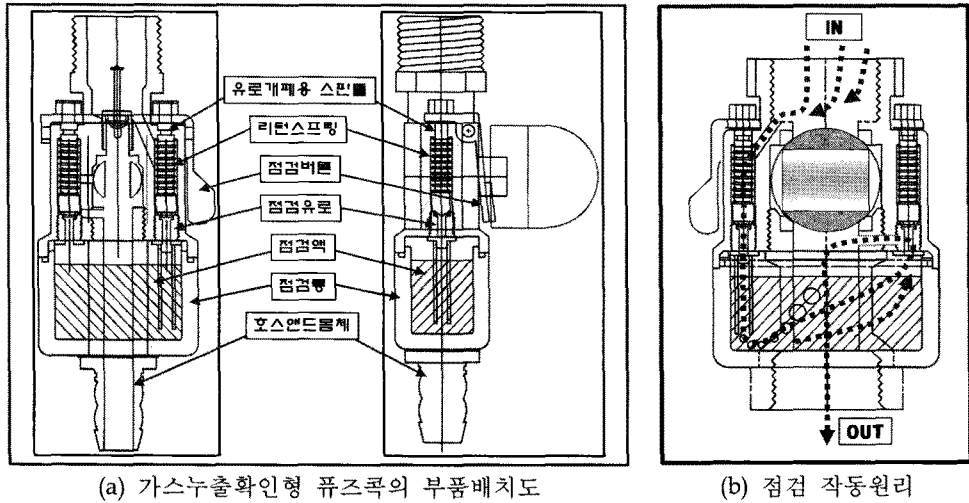


그림 2 가스누출확인형퓨즈콕의 구성 및 시제품 점검 작동원리

가스유로의 개폐는 기존의 콕, 밸브와 같이 핸들을 조작하도록 되어 있다. 사용자가 점검을 위해 볼밸브가 닫힌 상태에서 점검버튼을 누르게 되면 점검액쪽으로 흐르는 점검유로가 열리게 된다. 또한 이 유로는 점검액의 반대편 부분에 있는 유로를 통해 볼밸브 후단의 유로와 만나게 된다. 따라서 만약 출구측에서 누출이 발생할 경우 유로의 전단과 후단에 차압이 발생하게 되고, 점검액을 통과하는 가스방울이 형성된다. 누출이 없을 경우, 차압이 발생하지 않으므로 점검액을 통과하는 가스방울이 형성되지 않는다.

3. 시제품 안전성 평가 실험

3-1. 실험방법

가스누출확인형 퓨즈콕과 저압전용 밸브는 기존의 누출확인 기능이 없는 퓨즈콕, 저압전용 밸브와 기능은 동일하게 수행하며, 가스누출 점검기능이 추가되었다. 이러한 점검기능의 추가에 의해 구조가 다소 상이하고, 점검통과 점검버튼 등의 구성부품이 많이 추가되었는데,

이러한 부품들의 추가와 구조의 변경으로 인해 현재 적용되고 있는 액화석유가스안전관리법의 기준에 맞지 않는다. 따라서 이러한 제품이 기존의 퓨즈콕 및 저압전용 배관용밸브와 동등한 사용안전성을 확보하기 위해서는 기존의 법규를 만족하고, 그 외에 추가적인 시험을 필요로 한다. 이러한 사용안전성 확보를 위해 다음과 같은 실험을 시제품에 적용하였다.

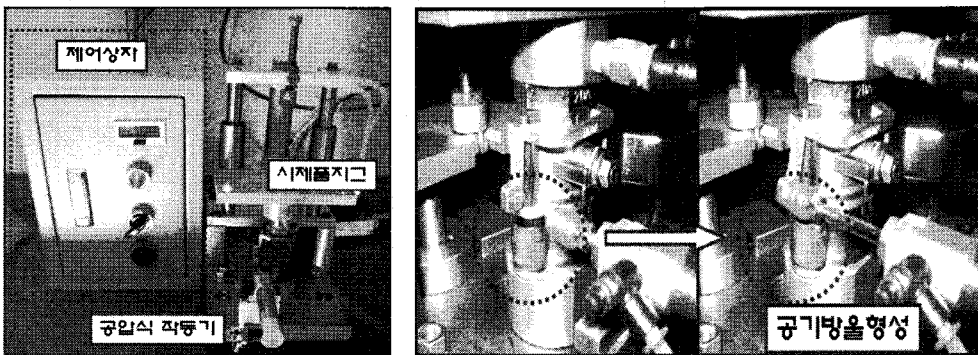
표 1 가스누출확인형 퓨즈콕 및 저압전용 배관용밸브의 사용안전성 평가 시험항목

시험명	시험기준	비고	
완제품	기밀시험	35kPa의 공기압을 1분 이상 가했을 때 누출이 없을 것	기밀성
	내압시험	0.4MPa 이상의 수압을 3분 이상 가하여 이상 없을 것	내압강도
	내구성	점검버튼 1,200회 반복 개폐조작 후 기밀시험	(300회/년×4년)
	내충격성	점검통, 호스엔드에 2.94 N·m의 충격력을 가하여 균열, 파손 또는 현저한 변형이 없고, 기밀시험에서 누출이 없을 것	점검통, 호스엔드
	역류시험	4.2kPa 이상의 공기압을 1분간 가했을 때 외부누출이 없고, 1시간당 누출량은 0.5% 이하일 것	역류차단기능 확인
구성 부품	내열성	-10±2℃ 및 120±2℃에서 각각 30분간 방치 후 이상이 없을 것	점검통, O-링
	내가스성	-20℃의 액화석유가스액, 40℃ 액화석유가스액 및 -25℃의 공기중에서 각각 24시간 이상 방치한 후 이상이 없을 것	점검통, O-링
	내자외선	KS M ISO 4892-2(플라스틱-실험실 광원에 의한 폭로시험 방법 - 제2부 : 제논-아크 광원)의 기준에 적합할 것	저압전용 밸브 점검통

표 1의 사용안전성 확인 시험 진행을 위하여 5개의 시제품이 사용되었으며, 실험의 순서는 기밀시험을 실시한 후 내구성시험을 실시하였다. 내구성시험이 끝난 시제품에 대해 충격시험과 내압시험을 실시하였다. 역류시험은 역류확인을 위해 점검통에 홀가공을 하여야 하므로, 새로운 시제품 5개가 사용되었다. 또한 내열성, 내가스성, 내자외선 시험은 부품에 대한 시험이므로 각 부품을 5개 이상 사용하여 진행하였다.

3-2. 완제품 실험결과 및 고찰

35kPa 압력의 공기를 사용한 기밀시험은 각 5개의 가스누출확인형 퓨즈콕 및 저압전용 배관용밸브 시제품이 모두 매우 안정적인 성능을 보였다. 이러한 시제품에 대해 그림 3에 나타난 내구성시험기를 사용하여 내구성시험을 실시하였다.



(a) 내구성시험기

(b) 시험과정 및 작동유무 확인

그림 3 내구성시험기 및 시험방법

내구성시험은 가스누출확인형 퓨즈콕과 저압전용 배관용밸브에 동일한 방법을 적용하였다. 점검버튼을 치구를 사용하여 1200회 반복작동하는 것으로 수행하였으며, 이는 사용자가 1년에 300회씩 약 4년간 사용하는 것을 고려한 수치이다. 이렇게 1200회의 내구성시험이 끝난 제품에 대해 먼저 수행한 방식과 동일하게 기밀시험을 실시하여 본 결과 시제품은 1200

회의 점검버튼 반복동작에 대해 안전한 것으로 나타났다. 점검버튼 반복시험은 점검유로 개폐용 스프링들과 리턴스프링 그리고 스프링들에 사용한 O-링 등에 문제가 없음을 나타낸다.

충격시험은 샤프트충격시험기를 사용하여 수행하였다. 타격지점은 기존의 퓨즈콕의 충격시험 기준에 적용하고 있는 호스엔드부와 개발시제품에 추가된 부품인 폴리카보네이트로 제작된 점검통으로 정하였다. 이는 기존 퓨즈콕에 비해 시제품이 호스엔드를 포함한 볼밸브 후단의 황동관의 길이가 약 2배가량 증가하였기 때문에 충격에 매우 약한 구조를 갖기 때문이다. 또한 시제품에 사용한 폴리카보네이트 구조물의 형상과 두께가 기존 퓨즈콕 제품에 맞는 충격하중을 견딜 수 있는 지 확인하기 위해서 점검통도 시험하였다.

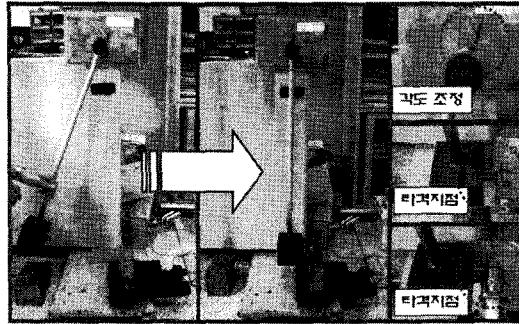


그림 4 충격시험 방법 및 시제품 별 타격지점

내충격시험의 충격치는 약 $2.94\text{N} \cdot \text{m}$ 의 힘으로 수행하였으며, 이 수치는 기존 퓨즈콕의 9.5mm 규격 제품에 사용하던 충격량과 같은 크기이다. $2.94\text{N} \cdot \text{m}$ 의 힘으로 충격시험을 실시하여 본 결과, 모든 시제품의 호스엔드와 점검통에서 균열이나 휘어짐 등이 발생하지 않았다. 시제품이 견딜 수 있는 극한 충격값을 구하기 위해 충격량을 높여 시험해 본 결과 시제품은 약 $4.9\text{N} \cdot \text{m}$ 의 충격량에서 파손되는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 13mm규격의 호스엔드에 적용하고 있는 하중이다. 또한 폴리카보네이트 사출품의 가장 취약한 부위로 예상되는 접합면(금형결합부)를 따라 균열이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

내압시험은 펌프식 수압시험기를 사용하여 실시하였다. 가스누출확인형 퓨즈콕의 경우 기준압력인 0.4MPa의 압력에서 이상이 없었으며, 극한내압을 확인하기 위해 꾸준히 압력을 상승시켜본 결과 약 3.2MPa에서 그림 5와 같이 O-링이 이탈하는 것을 확인할 수 있었다. 폴리카보네이트로 제작된 점검통은 3.0MPa 이상의 압력에서도 변형이나 균열이 발생하지 않고 잘 견디고 있음을 확인할 수 있었다. 저압전용 배관용밸브도 기준 압력인 0.4MPa에서 큰 이상이 발생하지 않았으며, 시제품 1개에서 약 1.0MPa에 도달하였을 때 점검버튼의 조립부에서 누수가 발생하였다. 이는 조립불량 및 시제품의 점검스핀들의 스트로크에 대한 치수관리가 제대로 되지 않아 점검스핀들이 내압에 의해 외부로 밀려나온 현상인 것으로 나타났다. 나머지 4개의 시제품에서는 동일한 문제가 발생하지 않았다.

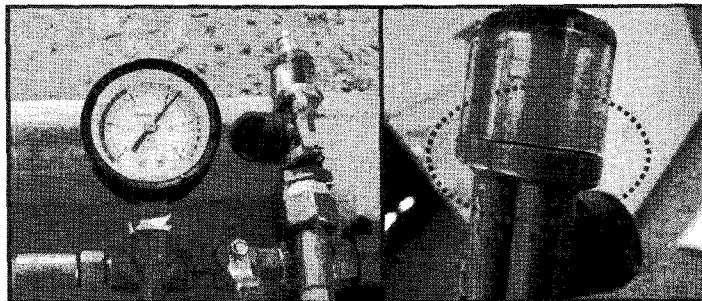


그림 5 약 3.2 MPa에서 O-링 상태(퓨즈콕)

3-2. 구성부품 실험결과 및 고찰

구성부품은 내열성, 내가스성, 내자외선 성능에 대해 시험하여보았다. 이 중 내자외선은 시제품의 폴리카보네이트 점검통에 대한 자외선 영향을 확인하는 것으로서 외부에 설치될 가능성이 있는 저압전용 배관용밸브에 대해 실시하였다.

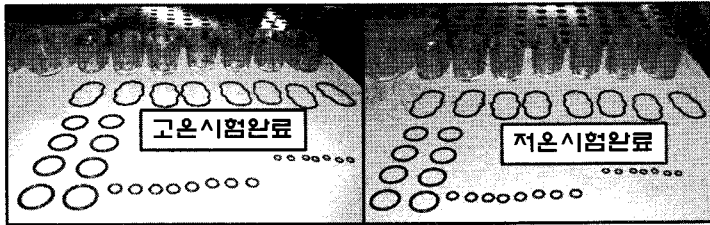


그림 6 고온, 저온 시험이 완료된 후의 부품시료 사진

그림 6은 내열시험 결과를 나타내고 있다. 점검통과 O-링 모두 고온과 저온상태에서 잘 형상의 변화 없이 잘 유지되었으며, 실험 후 고무부품의 복원력도 잘 유지하고 있음을 확인하였다.



그림 7 자외선 시험기 내에 점검통 시료를 장착한 모습

그림 7은 내자외선 시험에 사용한 시료와 내자외선 시험기를 나타내고 있으며, 이 시험은 FITI시험연구원에서 의뢰시험으로 진행하였으며, 모든 폴리카보네이트 점검통에서 균열이나 변색이 없는 것으로 나타났다.

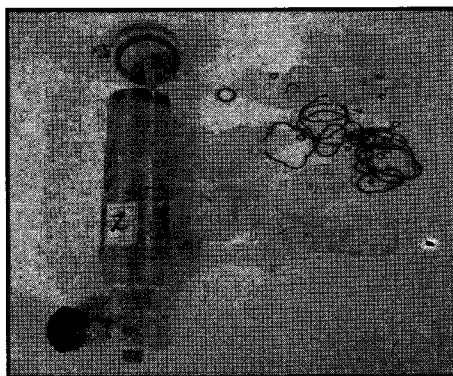


그림 8 내가스 시험 후 내가스시험기 및 부품 시료(-20 ℃, 가스 24시간)

그림 8은 가스누출확인형 퓨즈록과 저압전용 배관용밸브에 사용되는 부품에 대한 내가스성 시험 중 LPG액에 잠김 채로 영하 20℃에서 24시간 동안 방치한 후의 결과를 나타내고 있다. 내가스성 시험 동안 모든 부품의 질량변화율이 3% 내외로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 새로 개발한 가스누출확인형 퓨즈콕 및 저압전용 배관용밸브의 국내사용 및 국외수출에 대비하여 관련제도 구축을 위한 사용안전성 확인 시험과 개발제품에 대한 제조 및 검사기준(안)을 제시하였다. 본 연구의 수행을 통하여 얻은 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 가스누출확인형 퓨즈콕 사용안전성 시험 결과

시험 결과 소비자의 제품 사용에 위해되는 특이한 사항은 없었으며, 점검을 위해 외부에 노출된 점검통의 파손에 대한 충격안전성과, 파손시 가스가 누출되지 않는 역류안전성을 실험을 통해 확인하였다. 또한 점검통의 내부에 충전되는 점검액으로 사용한 차량용 부동액이 가스누출확인형 퓨즈콕의 각 부품에 미치는 영향에 대해 조사하였으며 큰 문제점이 없는 것으로 나타났다.

(2) 가스누출확인형 저압전용 배관용밸브 사용안전성 시험 결과

시험 결과 가스누출확인형 퓨즈콕과 동일한 구조를 가지고 있는 저압전용 배관용밸브에서도 사용에 위해되는 특이한 사항은 없었으며, 충격안전성과 역류안전성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 가스누출확인형 퓨즈콕과 동일한 재질로 이루어져 있으므로, 부동액 사용으로 인한 문제점은 없는 것으로 나타났다. 다만 점검버튼을 위한 기구 내부에 코일스프링이 자리하게 되므로 양산제품에서는 여과용 필터(Net)를 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 또한 내부압력에 대한 저항성을 증대시키기위해서 점검버튼 기구부의 스트로크에 대한 정밀한 치수관리가 필요한 것으로 판단된다.

(3) 검사특례 기준(안) 제시

가스누출확인형 퓨즈콕 및 저압전용 배관용밸브의 사용과 관련하여 액화석유가스안전관리법 시행규칙 별표 6 “가스용품 제조사업의 시설기준 및 기술기준” 사목 및 아목을 준용하여 『가스누출확인형 퓨즈콕의 제조 및 검사기준(안)』 및 『가스누출확인형 배관용밸브의 제조 및 검사기준(안)』을 작성하였다.

5. 참고문헌

1. 한국가스안전공사, “2007년 경영공시”, 2007
2. 한국가스안전공사, “액화석유가스의 안전관리 및 사업법”, 2006
3. 한국가스안전공사, “액화석유가스 안전관리기준 통합고시”, 2006
4. 한국가스안전공사, “고압가스통계”, 2006
5. 한국가스안전공사, “부품성능인증 검사기준 및 검사방법”, 1999
6. KS B 6029, “가스밸브”, 1999
7. KS M ISO 4892-2, “플라스틱-실험실 광원에 의한 폭로시험 방법 -제2부 : 제논-아크 광원”, 2002
8. <http://www.katri.re.kr/kor/>(한국의류시험연구원 신뢰성·기술연구센터), “가속내후성 시험장치의 종류와 차이점”
9. KS M 2142, “부동액”, 2004
10. SK(주), 물질안전보건자료(MSDS) - 3219, “SUPER-A GREEN”, 2000
11. 이덕인, “(유희연구) 부동액 관련 일반상식”, 유희유희회지, 제97호, pp.6-9, 2000