

LP가스 용기용 안전밸브개발에 관한 연구

임종국, 이인찬*

충주대학교 안전공학과, 휴콘스테크놀로지(주) 개발부*

A Study of Development for Safety Valve for Liquid Petroleum Gas Bombe

Jong-Kuk Rhim, In-Chan Lee*

Department of Safety Engineering, Chungju National University, *R&D Division, Huconstechnology Co., Ltd.

1. 서론

최근 가정 연료로 가스사용이 증가하게 됨에 따라 사고의 발생 횟수도 많이 증가되고 있다. 특히 도시가스에 비해 공기보다 비중이 큰 액화석유가스(LPG)에 의한 사고가 많이 발생하고 있다. 또한 사용의 편리성을 위해 용기에 담겨 운반되어 사용되므로 LP가스 용기가 자해나 시위 또는 테러의 도구로 이용되기도 한다. 이에 따라 정부에서는 고압가스 안전관리법 시행규칙을 개정하여 LP가스용 기용 밸브를 과류차단형으로 사용할 것을 의무화 하고 있다.¹⁾ 또한 일본에서도 LP가스용 가스방출방지형 용기밸브에 관한 많은 연구가 이루어 지고 있다.²⁾

그러나 이와같은 의무화 법이 시행된 이후에도 아직까지 과류차단형 LP가스 용기용 밸브(이하 과류밸브로 칭함)가 개발되지 않아 법 시행이 유보되어 있다. 본 연구자는 고압가스안전관리통합고시 「제4절 과류차단형액화석유가스용기용 밸브」에서 규정한 과류밸브를 발명하여 규정에 의거해 여러 실험을 한 결과 문제가 있음을 지적하고 대안으로 새로운 밸브를 개발하여 이에대한 결과를 발표하고자 한다.

2. 연구내용

2-1. 고압가스안전관리통합고시 내용에 관한 고찰

고압가스안전관리통합고시 「제4절 과류차단형액화석유가스용기용밸브」 제 12-4-2조 3.성능 가.항목에 과류차단 성능시험에 대한 조건이 정의되어 있다. 그러나 이 조건은 가스사용과는 연관성이 없는 조건일 뿐만 아니라, 아무 의미가 없다. 구체적으로 살펴보면 용기내의 압력이 1kgf/cm²일때 과류작동범위는 2 ~

2.7m³/h 이고, 10kgf/cm²일때 과류작동범위는 4.3 ~ 6.3 m³/h 이다. 또한 과류작동 후의 누설량은 5ℓ/h이하이다. 4.구조항목에서는 「완전닫힘으로부터 1회전 돌리는 범위내에서는 작동하지 않을 것」 이라고 규정되어 있다. 즉 밸브개방이 1회전을 넘지 않으면 가스는 계속하여 방출 됨으로서, 과류밸브 의무화의 목적인 위험을 방지하고 안전을 확보하기 위한 법 제정 취지와는 전혀 맞지 않게 되는 것이다.³⁾

또한 본 통합고시에는 언급이 전혀 없는 조정기 후단에서 발생하는 과류에 대한 부분이다. 용기 단독의 과류는 용기밸브에서 감지하고 차단하는 것은 얼마든지 가능하다. 그러나 조정기를 통하여 280mmH₂O로 감압된 조정기 후단에서 발생하는 과류가스를 조정기 선단에서는 전혀 감지되지 않고 감지할 수도 없다. 따라서 본 연구에서는 조정기에 과류차단장치(이하 조정기과류장치)를 설치함으로써 조정기 후단에서 발생하는 과류를 차단할 수 있다.

따라서 고압가스안전관리통합고시의 「제4절 과류차단형액화석유가스용기용 밸브」에 관한 내용은 조속히 개정되어야 할 것으로 제안한다.

2-2. 용기용밸브개발

2-1.에서 검토한 바와 같이 고압가스안전관리통합고시에서 규정된 과류밸브는 위험을 방지하고 안전을 확보하는 수단으로는 전혀 이용가치가 없다고 판단되어 본 연구에서는 실질적으로 이용가치가 있는 밸브를 개발하였다.⁴⁾⁵⁾⁶⁾ 본 밸브의 기본작동 원리는 베르누이방정식과 뉴턴의 운동방정식으로부터 가스통로의 체적을 변화시켜 이로부터 얻은 에너지로 삼입시킨 모듈을 움직이게 하고 이 모듈에 의해 가스통로가 폐쇄되는 원리로 구현시켰다.⁷⁾ 그러나 본 개발품은 밸브에 조정기나 고압고무호스가 체결되지 않은 상태에서는 모듈이 상부에 밀착되어 가스통로가 확보되지 않으므로 가스의 흐름이 전혀 일어나지 않는다. 그림1에서와 같이

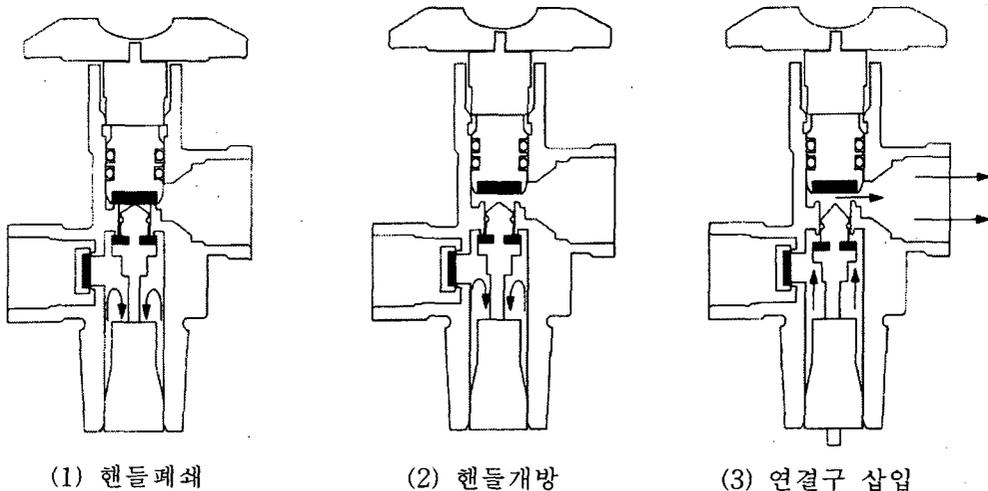


Fig.1 LP가스 용기용 안전밸브의 작동상태

(1)은 밸브핸들이 닫혀 있어 가스통로가 완전히 폐쇄되어 가스의 흐름이 전혀 이루어지지 않고 있으나 (2)의 경우는 핸들을 개방하여 가스 통로가 개방되어도 기존 밸브 패킹의 하단에 설치된 과류감지 패킹에 의하여 가스통로가 다시 차단되므로 가스의 흐름은 정지하게 된다. (3)의 경우는 고압고무호스나 조정기가 연결된 후 밸브 핸들을 개방하면 모듈의 중간통로에 설치된 소결금속을 통하여 미세 가스가 흐르게 되고, 이 가스의 압력으로 약 7초가 경과하면 과류감지 모듈이 자석의 힘을 이기지 못하고 밑으로 내려가게 된다. 이때 통로가 확보되고 과류발생이 생기지 않으면 과류감지 패킹도 역시 제자리에서 움직이지 않는다. 그러나 정상사용중이라도 호스의 절단 등 인위적 사고가 발생하면 과류 모듈은 위로 상승하게 되고 모듈에 끼워진 패킹에 의해 가스 통로가 폐쇄되어 가스흐름은 정지하게 된다. 그러나 사고의 발생을 제거한후 밸브핸들을 다시 닫았다가 열면 밸브는 정상적으로 가스의 통로를 확보하여 가스의 흐름이 일어나게 된다.

이와같이 가스용기에 연결구의 장착 없이는 가스의 흐름이 차단되므로 자해나 테러의 수단으로 사용할수 없다. 그러나 밸브를 완전 개방할 경우 아주 미세한 양은 계속 누출되는 단점이 있다. 이 양은 너무 미세하여 일반 유량계로는 측정이 거의 불가능하였고 용기내압이 8kgf/cm² 일 경우 15A관 20m를 채우는데 걸린 시간이 45초였고, 관의 내부 체적을 계산하면 0.004m³이므로 Table1과 같이 계산되었다. 즉 LPG의 폭발한계농도가 2.1% ~ 9.5% 이므로 이를 근거로 계산하면 5평의 공간에서 최소폭발한계인 2.1%의 가스농도에 도달되기 위하여 3시간 10분이 소요되었다. 따라서 본 연구에서 개발된 안전밸브는 위해나 테러의 방지역할은 충분하다고 판단한다.

Table1. 안전밸브의 누출로 인한 예상폭발시간 (대략적인 계산에 의함)

충진체적 조정기용량	1평 (1.8×1.8×3)	5평	10평	50평
R280 Q4	38 ~ 173분	3시간 10분 ~ 14시간 25분	6시간 20분 ~ 28시간 50분	31시간 40분 ~ 144시간 10분
R600 Q5	1시간 23분 ~ 6시간 17분	6시간 55분 ~ 31시간 42분	13시간 50분 ~ 62시간 50분	69시간 10분 ~ 317시간
R1500 Q5	2시간 58분 ~ 13시간 28분	14시간 50분 ~ 67시간 20분	29시간 40분 ~ 134시간 40분	148시간 20분 ~ 673시간 20분

아울러 본 연구에서는 완전한 안전밸브에 대하여 계속 연구하고 있으며, 초기에만 미세가스를 방출하는 타입과 초기 밸브핸들의 미세 작동시에만 미세가스를 방출하는 타입에 대하여 설계중에 있으며, 보다 근원적인 안전밸브가 바로 출현 될것으로 기대한다.

2-3. 조정기 후단의 과류차단

앞에서 언급한 바와 같이 조정기 후단에서의 가스압력은 280mmH₂O로 감압되기 때문에, 조정기 후단의 과류를 조정기 전단에서 감지하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서 조정기 후단의 과류를 방지하기 위해서는 조정기 내부나 혹은 조정기 바로 후단에 과류를 차단할 수 있는 과류차단장치의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 조정기에 장착되어 조정기 후단의 과류를 감지하여 차단되는 장치를 개발하였다. 이 장치의 개발로 인위적인 호스의 절단이나 이탈로 인한 가스사고를 완벽히 차단할 수 있다.

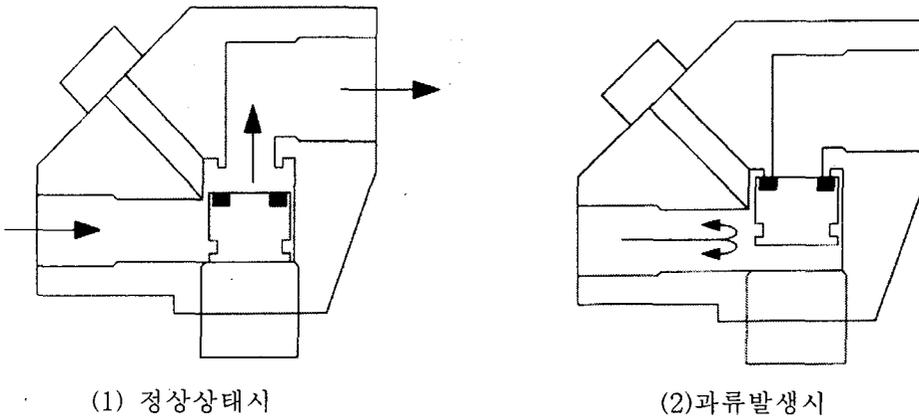


Fig.2 조정기과류장치의 개략도

3. 결론

상기와 같은 연구 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고압가스안전관리통합고시 「제4절 과류차단형액화석유가스용기용밸브」에 관한 내용중 압력변화에 따른 과류작동유량범위와, 밸브헨들의 1회전 이후 밸브 작동에 관한 내용은 개정되어야 할 것으로 판단된다.
2. 고압가스 안전관리통합고시 「제4절 과류차단형액화석유가스용기용밸브」에 추가로 조정기 후단의 과류발생을 차단하기 위한 내용이 삽입되어야 한다.

4. 참고문헌

1. 고압가스안전관리법시행규칙 별표10. 거목 산업자원부령 제 73호,(1999)
2. 赤塚廣隆, "액화석유가스용 가스방출방지형 용기용 밸브의 개발과 그 성능에 관한 검토", 일본 고압가스보안협회, Vol.26 No.11, 42-49, (1989)
3. 이진, "과류 차단형 액화 석유가스 용기용 밸브의 차단 성능 시험에 관한 실험적 연구", 공기조화 냉동공학 논문집, 제4권 제 2호, 115-122, (1992)
4. 박선만, 임종국, "액화석유가스용기밸브", 대한민국특허청 등록실용신안공보 등록제 0290742호, (2002)
5. 박선만, 임종국, "액화석유가스용기밸브", 대한민국특허청 등록실용신안공보 등록제 0300560호, (2002)
6. 박선만, "가정용 가스안전 밸브", 대한민국특허청 등록특허공보 등록번호 10-0191874 (1996)
7. 임종국, 이인찬 "LP가스용기 과류차단밸브 개발", 한국산업안전학회 추계학술발표대회, (2002)