

LP 가스 용기용 안전 밸브 개발

임종국 · 허문희

충주대학교 안전공학과 · 충주대학교 방재기술연구소

I. 서론

LP가스는 사용의 편리성 때문에 현재 산업용 및 가정용으로 전세계적으로 널리 사용되고 있다. 특히 가정용 LP가스는 소량용기에 담겨져서 운반되기 때문에 이에 따른 안전사고의 발생위험을 항상 안고 있다.^{1,2,3)} 그렇기 때문에 시위도구로 이용되기도 하며, 때로는 남을 해할 목적으로 인위적인 사고가 유발되며, 때로는 자해를 위한 수단으로 사용되기도 한다. 한국의 경우 사용상의 부주의나 인위적 사고 유발로 인하여, 매년 수많은 사고가 발생되고 있으며 때로는 대형사고로 유발되는 경우도 있다. 이에 따라 정부에서는 법 제정^{4,5,6)}을 통하여 LP가스 용기의 사고 발생을 줄이기 위하여 노력하고 있으나, 제품 개발이 뒤따르지 못하고 있는 실정이다. LP가스 용기 과류밸브의 경우 1998년 법 제정^{4,5)}이 이루어짐에 따라 제품개발을 위한 많은 시도^{7,8,9)}가 있었으나 아직까지 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다. 또한 이 법 자체가 의무화 규정⁶⁾임에도 불구하고, 완전한 사고 방지에는 다소 부족하다고 사려된다. 따라서 본 연구에서는 완벽한 사고 방지 개념의 안전 밸브를 제안하며, 이에 대한 연구 결과를 밝히고자 한다.

II. 연구내용 및 고찰

1. 과류차단원리 및 작동

그림 1은 현재 사용되고 있는 일반 밸브의 개략을 보였다. 그림에서 보는바와같이 상단에 부착된 밸브핸들을 회전시키면 스프링들과 연결된 스템이 밸브 본체의 돌출부와 이격되어 가스의 통로가 확보되고 가스가 흐르는 구조로 되어있다. 따라서 호스나 조정기의 장착과 상관없이 밸브 핸들의 단순 조작으로 가스의 유출을 만들 수 있는 구조로 되어있다. 그림2는 본 연구에서 개발된 과류밸브로서 기존의 일반밸브에 비해 안전변의 위치를 하단으로 이동시키고, 충전구와 차단변 사이에 돌출구를 만들었다. 이 돌출구에 차단변이 설치되어 과류가 발생되면, 삽입된 모듈로 인하여 압력의 변화가 발생되고, 이 구동력으로 인하여 모듈이 위로 상승하게 된다. 이때 모듈의 상단에 부착된 차단변이 돌출구와 접촉되어 밸브내의 가스 통로를 폐쇄함으로써 가스의 흐름이 정지하게 된다. 이 구동력은 Bernoulli's equation 과 Newton's law으로부터 구할 수 있고, 이것에 대해서는 이미 발표한바 있다^{13,14,15)}. 삽입된 모듈은 3개의 부분으로 분류되는데, 헤드와 수직봉, 그리고 고정체로 나눌수 있다. 헤드부위의 직경과 밸브 몸체 내경으로 형성되는 통로부위의 급격한 체적변화는 압력의 저하를 가져오고, 이것이 구동력으로

작용되어 모듈의 상승작용을 일으키는 것이다. 이 부분의 확대된 그림을 그림 3에 보였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 모듈이 상승하게 되면 헤드의 하단에 장착된 차단편과 밸브 몸체 내부의 하단에 형성시킨 돌출부가 서로 밀착되어 가스의 흐름이 정지하게 되고, 차후에는 용기의 내압이 2차적으로 차단편을 밀착시켜 줌으로서 가스의 흐름을 완벽하게 차단시켜 준다. 따라서 고압가스 안전관리기준통합고시⁵⁾에서 규정해 놓은 용기밸브 차단규정을 헤드의 직경과 밸브몸체의 내경을 조정함으로써 인위적으로 조절할 수 있다.

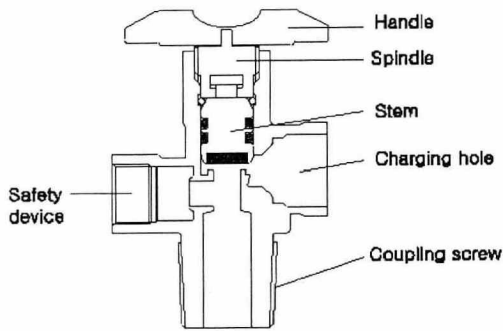


Fig 1. LP Gases cylinder valve of present use

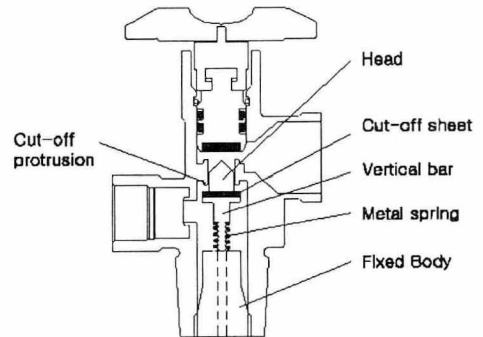


Fig 2. The overuse cutoff valve for this study

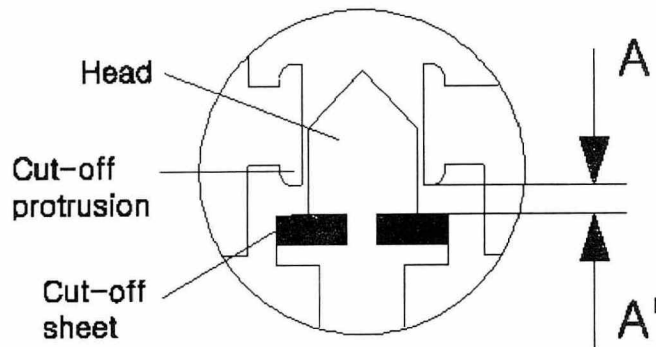


Fig.3 The intervals of cutoff protrusion and cutoff sheet (A-A' showed head height)

그림4는 밸브핸들의 개폐에 따르는 밸브의 작동을 보여주고 있다. (1)의 경우는 밸브 핸들을 잠근경우로 가스의 흐름이 완전히 차단된 상태를 보여주고 있다. (2)의 경우는 비록 밸브 핸들을 오픈하여 밸브는 열려 있지만 과류가 발생되어 삽입모듈의 헤드에 장착된 차단편에 의하여 가스의 흐름이 정지된 상태를 보여주고 있다. 이와 같이 가스의 흐름이 차단된 경우에 밸브 핸들을 닫은 후 다시 개방해 줌으로서, 밸브의 작동은

자연스럽게 원상태로 되돌릴 수 있다. 그러나 또 다시 과류가 발생되면 역시 밸브는 자동적으로 다시 차단되는 구조로 되어 있다.^{10,11,12)}

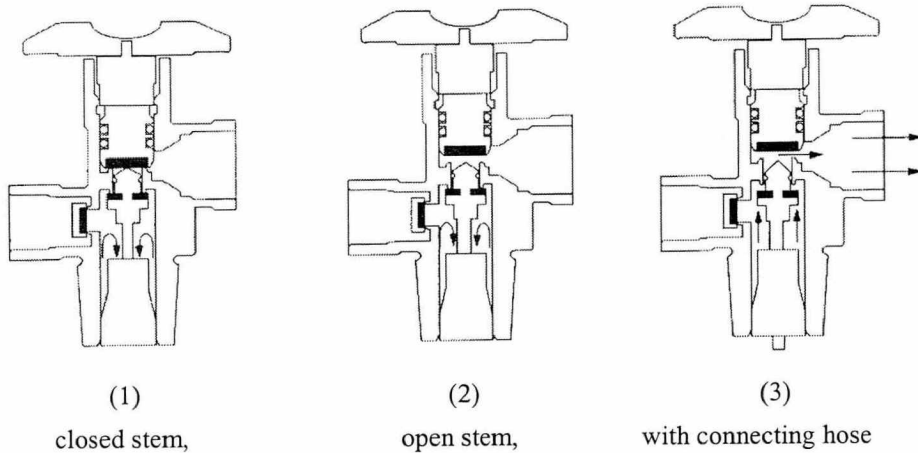
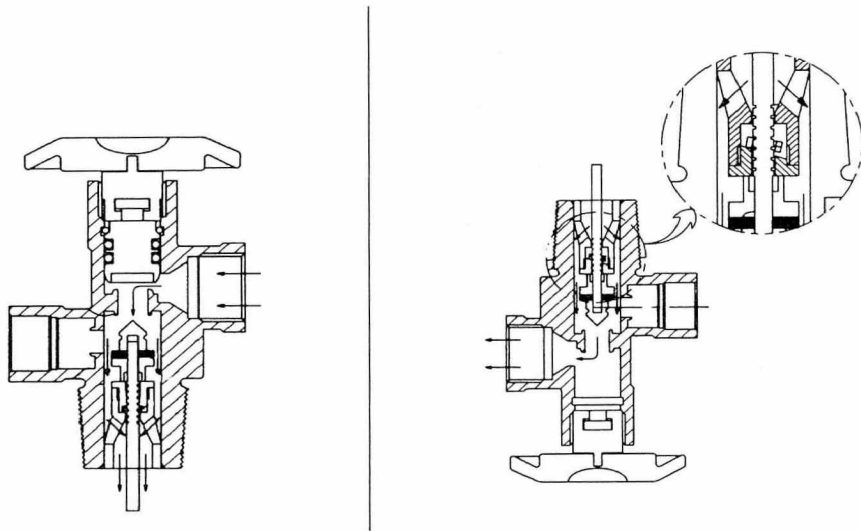


Fig.4 Operation of overuse cut off valve of LP gases cylinders.



(1) Showing the gas charging (2) Showing the gas discharging
Fig.5 Showing the gas charging and discharging, when discharging, gas cylinder puts reverse.

2.가스회수장치

그림 5는 가스의 충전과 회수시의 밸브의 작동을 보여주고 있다. (1)의 경우는 가스 충전시의 그림으로서 충전구를 통하여 가스가 흡입될때 삽입된 모듈을 아래로 밀어 줌으로써 가스의 통로가 확보되는 구조로 되어 있다. 따라서 고압가스안전관리기준통합고

시⁵⁾에 규정된 10%이내의 규정내에서 충전이 이루어질 수 있다. 충전이 완료된 후에는 수직봉에 삽입된 스프링의 복원력으로 원래의 위치로 되돌려진다. 그림(2)의 경우는 가스 회수시의 그림을 보여주고 있다. 통상 용기재검업소에서 가스 회수가 이루어지고 있으며, 이 경우 액상으로 LPG를 회수하기 위하여 용기를 뒤집어 놓는다. 본 연구는 여기에 착안하여 가스 회수시에는 용기를 거꾸로 위치시켜야 가능한 구조로 만들어져 있다. 용기를 거꾸로 위치시킨후 질소가스를 불어넣어 삽입모듈을 밀어넣는다. 이때 고정체의 위부분에 삽입시킨 고정링이 수직봉의 표면에 만들어진 돌기에 걸려 헤드의 움직임을 정지 시킴으로 가스의 방출이 가능하게 되는 구조로 되어있다. 가스를 회수한 후에는 용기의 밸브를 제거하여, 용기 재검에 이용할 수도 있고, 또한 용기를 바로 세운후 재충전에 의해 밸브의 작동은 정상으로 되돌아 온다.^{13,14,15)}

3. 안전밸브개발

과류밸브는 일정량 이상의 가스가 흐를 경우에만 밸브가 작동하는 구조로 되어있다. 고압가스안전관리기준통합고시 제12장 4절 과류차단의 성능시험에 의하면 「용기내의 압력이 1kg/cm²일 때, 2m³/h이상 2.7m³/h이하에서 용기밸브차단, 용기내의 압력이 10kg/cm²일 때, 용기밸브를 통과하는 공기유량이 4.3m³/h이상 6.3m³/h이하에서 용기밸브 차단」의 규정으로 되어 있다. 또한 4.구조항목에 따르면 「과류차단기구의 작동은 (1)완전 닫힘으로부터 밸브 핸들을 1회전 돌리는 범위내에서는 작동하지 않을것, 완전열림으로부터 밸브 핸들을 마이너스 1회전 이상 돌리는 상태에서 정상적으로 작동할 것」으로 되어 있다.

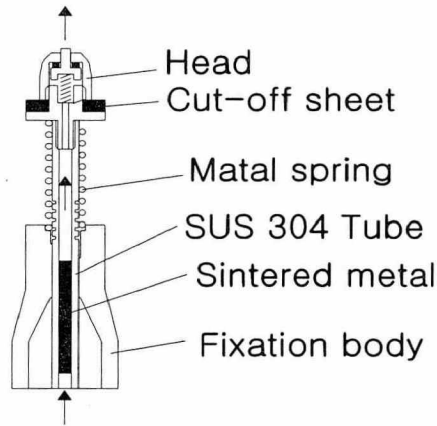


Fig.6 Showing the modified module for safety valve

본 연구자는 보다 근원적인 사고 방지를 위하여, 본 연구에서 안전밸브의 개념을 발표하고자 한다. 즉 과류 밸브는 일정량이상인 흐를 경우에만 차단 되는 구조로 되어 있어, 공기중에 7%만 함유되어도 폭발이 발생하는 가스의 특성상 항상 가스의 공포로부터 벗어날 수가 없다. 따라서 정상상태가 아닌 가스의 흐름은 완벽하게 차단해 주는 구

조의 밸브개념을 설명하고자 한다.

그림 6은 앞에서 설명한 모듈을 수정한 그림이다. 다소 복잡한 형상을 하고 있지만 기본 작동 원리는 앞에서 설명한 것과 유사하다. 단지 수직봉의 내부에 구멍을 형성시키고 소결 금속을 이용하여 가스의 미세한 양이 흐르도록 조절하였다. 이 모듈은 스템 상부에 삽입된 자석의 힘에 의해 차단 시트가 밀착되어 밸브 핸들을 열더라도 가스의 흐름은 일어나지 않는다. 만약 밸브의 핸들을 살짝 열어주면 헤드내부에 위치시킨 핀을 스템이 눌러 줌으로서 소결 금속을 통하여 소량의 가스가 가스 공급 배관에 채워지게 되고 이 압력의 힘으로 모듈은 자석의 힘을 이기고 밑으로 떨어지게 된다. 이때 밸브를 개방함으로써 가스의 정상상태 사용이 가능해 지게 되는 것이다. 그러나 가스 용기에 배관이나 조정기가 설치 되지 않은 상태에서는 용기 외부 쪽에 압력이 증가 되지 않으므로 모듈이 움직이지 않으므로 밸브를 열린 상태에서도 시간이 아무리 흘러도 가스의 흐름은 전혀 이루어지지 않는다.

본 연구에서는 밸브 개방후 30초 내에 정상화가 이루어지도록 소결금속을 만들었다. 이 경우 스템리스 스틸 분말 100mesh를 사용하여 1150℃에서 1시간 소결 할 경우 최적의 조건을 얻을 수 있었으며, 이때 가스 유량을 측정한 결과 70l/h ~100l/h 이었다. 배관의 길이 20m를 기준으로 할 경우 대략 30초의 시간이 경과 된후 정상화 되었으나, 가스의 압력이 낮을 경우 시간이 다소 지연 될 수도 있다.

III.결 론

본 연구에서는 LP 가스 사고로부터 보다 근원적인 안전사고 방지를 위한 개념의 LP 가스 실린더 용 안전 밸브의 개념을 도입했다. 기존의 과류 밸브의 개념은 일본에서 잠시 도입되었다가, 사용상의 문제 때문에 현재는 사용하고 있지 않는다. 이때 우리나라에 도입된 과류차단형액화석유가스용기용밸브는 의무화 규정이 있음에도 불구하고 아직 채택되지 못하고 있다. 본 연구에서 소개된 안전밸브는 과류밸브에서 얻을 수 없는 보다 근원적 개념의 가스 안전 사고를 미연에 방지할 수 있는 LP가스 실린더용 안전 밸브이다.

본 밸브는 가스 용기 자체만으로 밸브를 개방할 경우 가스의 흐름을 완전 차단할 수 있다. 또한 가스나 조정기가 연결되어 정상 사용중이라도 과류가 발생하거나, 호수의 절단 혹은 호수의 이탈시 즉시 가스의 흐름이 차단 된다.

가스 회수시에는 용기를 전도시켜 질소가스의 흡입시켜 걸림링이 수직봉에 걸려 모듈의 상승작용을 억제시킴으로서 간단하게 가스를 회수 할 수 있다.

밸브의 차단장치가 작동되어 가스의 흐름이 정지된 경우에도, 밸브를 한번 여담음으로서 정상 상태로 쉽게 되돌릴 수 있다. 이 경우 다시 과류가 발생되어도 또 다시 즉시 차단된다. 따라서 본 안전밸브가 사용될 경우 액화가스 석유용기를 사용한 자해행위나, 남을 해하기 위한 인위적 사고등을 미연에 방지하고 더 이상 시위나 테러등의 목적

으로 사용되는 것을 막을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Yu.N. Shebeco, et al, "*BLEVE prevention using vent devices*", J. Hazard. Mater. 50, pp227-238, 1997.
2. V.P. Molchanov et al, "*Fire in the LPG storage*", Fire Explos. Saf. 6(2), pp31-37, 1977.
3. A.K. Kostyuhin et al, "*A study of the behaviour of a protected vessel containing LPG during pool fire engulfment*", J. of Hazard Mater., A77, pp43-56, 2000.
4. 고압가스안전관리법시행규칙 개정, "고압가스안전관리법시행규칙 별표 10 거목 머목", 통상산업부령 제 75호, 1998. 1.10
5. 고압가스안전관리기준통합고시 제정, "제12장 4절 과류차단형 액화석유가스 용기용밸브" 산업자원부고시 제1998-75호, 1998. 8.14
6. 고압가스안전관리법시행규칙 개정, "고압가스안전관리법시행규칙 별표 10 거목 머목", 산업자원부령 제 73호, 1999. 7. 1
7. Warren R. True, "*Monitoring, safety systems for LPG and LPG operators*", Oil & Gas J. pp49-51, 1998.
8. 赤塚廣隆, "액화석유가스용 가스방출방지형 용기용 밸브의 개발과 그 성능에 관한 검토", 일본 고압가스보안협회, Vol.26 No.11, pp42-49, 1989
9. 이진, "과류 차단형 액화 석유가스 용기용 밸브의 차단 성능 시험에 관한 실험적 연구", 공기조화 냉동공학 논문집, 제4권 제 2호, pp115-122, 1992
10. 박선만, 임종국, "액화석유가스용기밸브", 대한민국특허청 등록실용신안공보 등록제 0290742호, 2002
11. 박선만, 임종국, "액화석유가스용기밸브", 대한민국특허청 등록실용신안공보 등록제 0300560호, 2002
12. 박선만, "가정용 가스안전 밸브", 대한민국특허청 등록특허공보 등록번호 10-0191874, 1988
13. 임종국, 이인찬 "LP가스용기 과류차단밸브 개발", 한국산업안전학회 추계학술발표회, 2002
14. 임종국, 이인찬, "LP가스 용기용 안전밸브개발에 관한연구", 한국가스학회춘계 학술발표회, 2003
15. Rhim Jong Kuk et al, "*A Study of Development for Overuse Cutoff Valve for Liquefied Petroleum Gases Cylinder*" 2nd HNICEM International Conference, 2005. 3