

과류차단형 LPG용기용 밸브의 차단성능에 관한 실험적 연구

A Experiment Study of Cut-off Capability for L.P Gas Cylinder Cut-off Type Over-flow Valve

김진구*, 노국장*, 허문희*, 이성일*, 임종국*, 이인찬**

요 약

본 연구에서는 현재 일반가정이나 영업소에서 사용중인 액화석유가스 용기용밸브의 문제점을 제시하고, L.P 가스사고를 예방할 수 있는 LPG용 과류밸브의 과류차단장치를 개발·제작함에 있어 고압가스 안전관리기준 통합고시 「제12장 4절 과류차단형 액화석유가스 용기용밸브」에서 규정한 과류차단 성능시험을 실시하는데 필요한 여러 가지 변수를 선정하여 차단장치의 형상에 따른 최적의 차단 유량 범위를 찾고자 실험을 실시하였으며, 보다 궁극적으로는 일반 용기용밸브가 가진 문제점을 조속히 해결하고 진정한 의미의 안전밸브를 개발하는데 목적이 있다.

1. 서 론

LPG산업은 경제산업의 발전과 국민의 소득향상 및 환경공해에 관한 의식수준의 향상 등으로 질적·양적인 발전을 하였다. 또한 LPG는 우리나라의 대표적인 에너지로서 그 중요성 또한 매우 높다고 할 수 있으며, 국민소득 증대와 사용의 편리성 그리고 청정연료 등의 장점 때문에 취사와 난방, 기타 등의 목적으로 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 하지만 이러한 편리함 뒤에는 항상 사고의 위험이 도사리고 있어 언제 어떠한 사고가 발생할지 모르는 상황이다. 현재 시중에 가스 누출시 이를 감지하여 사용자에게 알려주는 가스경보기나 차단기등의 제품은 상용화 되고 있으나, 이들 제품들 만으로는 가스사고를 미연에 방지하기에는 무리가 있다. 또한 LP가스는 용기에 담겨 운반되므로 LP가스용기 자체가 위험요인이 될 수 있고, 자살이나 대규모 시위현장등에서 불순한 목적으로 가스용기를 사용하는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 현재 사용되고 있는 용기밸브는 과류차단장치가 내장되어있지 않아 밸브 개방시 무한정 가스가 누출되는 문제점이 있어 이를 대체할 수 있는 밸브의 개발이 시급하다고 할 수 있다.

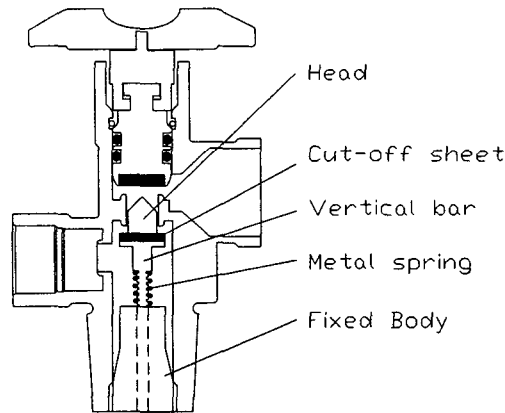
본 연구에서는 이러한 가스사고를 예방할 수 있는 과류차단형 LPG용기용 밸브의 과류차단장치를 개발함에 있어 차단 성능시험을 실시하는데 필요한 차단장치의 형상 및 조건에 따른 여러 가지 변수를 선정하여 최적의 차단 유량 범위를 찾고자 한다.

* 충주대학교 안전공학과

** (주)HUCONS Tec. 개발이사

2. 과류차단형 밸브의 형상 및 작동원리

본 논문에서 사용한 과류차단형 밸브의 구조를 보면, 현재 시중에서 사용되고있는 LP가스 용기용 밸브 내부에 Fig 2.와 같이 차단장치를 내장하였다. 아래 그림은 과류차단형 용기밸브의 전체적인 형상을 나타낸 것이다.



<그림 1.> 과류차단형 LPG용기용 밸브

주요 구성물은 그림을 참조하며 각 부의 기능은 다음과 같다. 고정체는 과류차단장치를 스프링을 통해 지지하며 잔가스 회수시 사용된다. 과류차단장치는 과류차단유량을 조절하는 헤드와 차단시트 등으로 이뤄지며 과류를 감지하는데 있어가장 핵심적인 역할을 수행한다. 이는 조정기와 고무호스등 정상적으로 사용하지 않고 고의로 밸브의 핸들을 개방하거나 정상 사용시 규정량 이상의 가스가 흐르게 되면 내부에 삽입된 모듈이 가스의 통로를 폐쇄하여 가스의 흐름을 차단 함으로써 가스의 방출을 제어하는 구조로 되어있다.

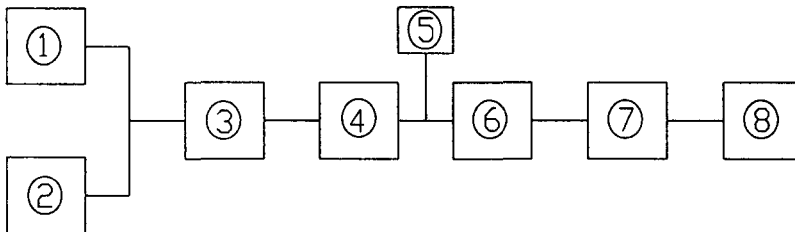
3. 실험장치 및 실험방법

3-1. 실험장치

본 연구에서 실험에 사용한 기기는 표 1.과 같으며, 연결구성은 그림 1.과 같다.

<표 1.> 실험장치 및 모델

Test Equipment	Making CO.	Model	Range
Pressure gauge	Honeywell, U.S.A	STG94L-E1G-00000	-14~500 (PSig)
Mass flow-meter	M.W, Germany	D-6250	10~200 (ℓ/min)
Pressure Regulator	S.M.C, Japan	IR2010-02BG	0.005~0.4 (MPa)
	千代田精機, Japan	TKR-50K	0.1~5.0 (MPa)
Thermometer	Dae Han Instrument, Korea	64X50L	℃
Air compressor	Air TECH, Japan	AT2025D	8 (kgf/cm ²)
Electronic balance	Sartorius, Germany	MC1	0.0001~210(g)
Cut-off type over-flow valve	HUCONS Tec, Korea	-	-
N ₂ bombe	-	-	-
Ball valve	-	-	-



- ①Air compressor ②N₂ Bombe ③Pressure regulator ④Pressure gauge ⑤Thermometer
 ⑥Cut-off type over-flow valve ⑦Mass flow-meter ⑧Ball valve

<그림 2.> 실험 개략도

3-2. 실험방법

과류차단형 LPG용기용 밸브의 시험규정에 따라 시험시 사용되는 유체는 LP가스를 사용하여 실험을 행할 경우 여러 가지 어려움이 있으므로 LP가스 대신 저압에서는 Air compressor를 통한 공기를 사용하고 중·고압영역에서는 공기와 물리적 성질이 비슷한 질소 가스를 사용하여 실험을 실시하였다.

용기내의 차단장치가 작동되는 유량값을 확인하기 위해 다음과 같이 실험장치를 작동시킨다.

- 1단계 : Air Compressor 또는 N₂ Bombe 의 밸브를 개방한다.
- 2단계 : 압력 조정기를 이용하여 원하는 설정압력에 세팅한다.

3단계 : 과류차단형 용기용밸브의 핸들을 개방하여 실험장치의 이상유무를 확인한다.

4단계 : Ball valve를 서서히 개방한다.

5단계 : Mass flow-meter의 지시계를 통해 최고통과 유량을 측정한다.

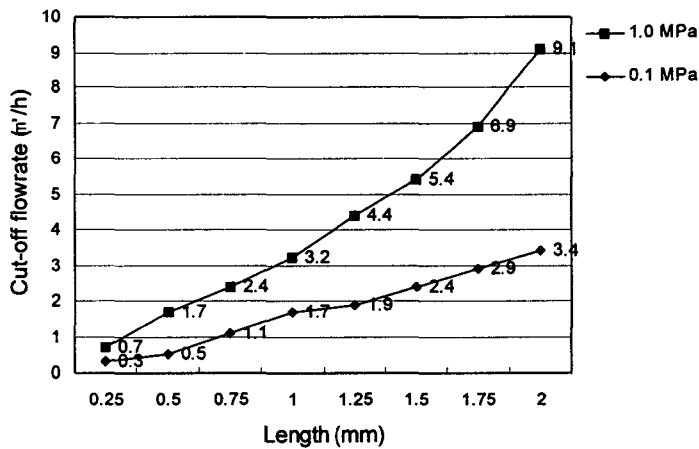
6단계 : 측정된 온도와 압력값을 20℃ 1기압의 값으로 환산한다.

4. 연구 및 고찰

4-1. 차단변의 간격변화에 의한 차단유량 측정

이 실험에서는 용기밸브내의 차단돌기와 차단장치의 고무패킹 사이(이하 차단변의 간격 이라 칭함)의 거리별 차단유량 측정실험을 하였다. 이 실험의 목적은 차단변의 간격별 통과유량을 측정하는 실험으로서 다음과 같은 조건이 전제되어야 한다. 첫 번째, 차단체의 무게는 일정하게 유지되어야 한다. 두 번째, 순수하게 차단변에 의해 과류감지가 되어야 하므로 차단장치의 헤드를 제거한 상태에서 측정해야 한다. 세 번째, 차단변의 간격 조절은 차단장치를 지지하고 있는 금속 스프링의 길이조절을 통해 간격을 변화시킨다.

실험압력 및 용기밸브 통과 유량은 고압가스 안전관리기준 통합고시 제 12장 4절, 과류차단 성능시험에서 규정한 용기내의 압력 0.1MPa일 때 2m³/h~2.7m³/h, 1.0MPa일 때 4.3m³/h~6.3m³/h에서 용기밸브가 차단되어야 한다. 이 후 규정된 과류 차단 유량을 만족하는 차단변 간격의 범위를 산출하였다. 실험구간은 0.25mm에서 2mm까지이며 0.25mm간격으로 측정하였다.



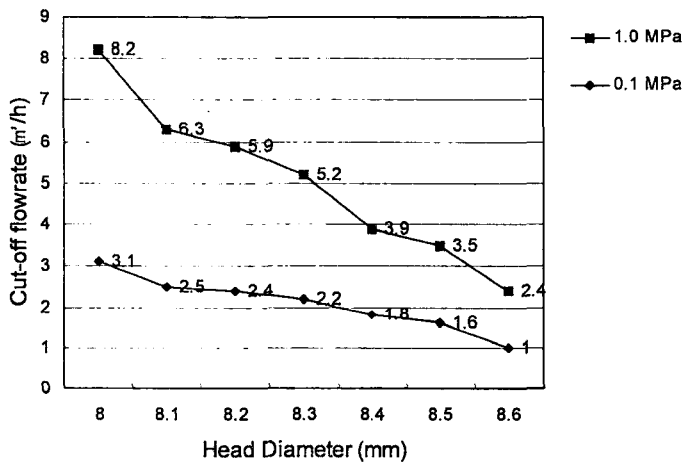
<그림 3.> 차단변의 간격에 의한 차단유량

실험결과 차단변의 간격이 1.5mm일 때 각각의 압력별로 용기밸브를 통과하는 공기의 유량이 규정된 과류차단 범위내에 들어옴을 확인하였다. 그러나 0.25mm라는 작은 거리변화에 따른 유량의 편차가 매우 컸으므로 차단변의 거리로 유량을 조절하는데에는 무리가 있다고 판단된다.

4-2. 헤드의 직경변화에 의한 유량 측정

이 실험에서는 차단장치 헤드(이하 헤드 라 칭함)의 직경이 변화함에 따라 유량에 미치는 영

향을 알아보기 위해 헤드의 직경을 일정하게 변화시키면서 차단유량을 측정하였다. 이 실험은 헤드의 직경별 통과 유량을 측정하는 실험으로서 다음과 같은 조건이 전제되어야 한다. 순수하게 헤드의 직경변화에 의한 유량을 측정하기 위해 차단변의 간격이 과류감지에 영향을 주지 않도록 2.5mm로 충분한 간격을 유지하였고, 헤드 부착후 각 압력별로 헤드 직경에 변화에 따른 과류차단 범위를 확인하였다. 헤드직경은 8mm에서 8.6mm까지 0.1mm 간격으로 실시하였다. 이때 헤드직경 변화에 따른 차단체 중량은 변화가 없어야 하지만 그 차이가 미미할것이라고 가정하여 이 부분에서는 언급하지 않았다. 실험압력 역시 0.1MPa과 1.0MPa일 때 용기밸브를 통과하는 공기의 유량을 측정하였다. 이 실험의 목적은 차단변 간격과 헤드직경의 두 변수중에서 단면적 변화를 이용한 더 쉬운 유량조절 방법을 찾기 위함이다.



<그림 4.> 헤드의 직경변화에 의한 차단유량

실험결과 헤드의 직경이 8.1mm, 8.2mm, 8.3mm 일 때 각각의 압력별로 용기밸브를 통과하는 공기의 유량이 규정된 과류차단 범위내에 들어움을 확인하였다. 따라서 차단변의 간격을 이용하여 유량을 조절하는 것보다는 헤드의 직경변화를 통해 유량을 조절하는 것이 훨씬 효율적이라고 판단된다.

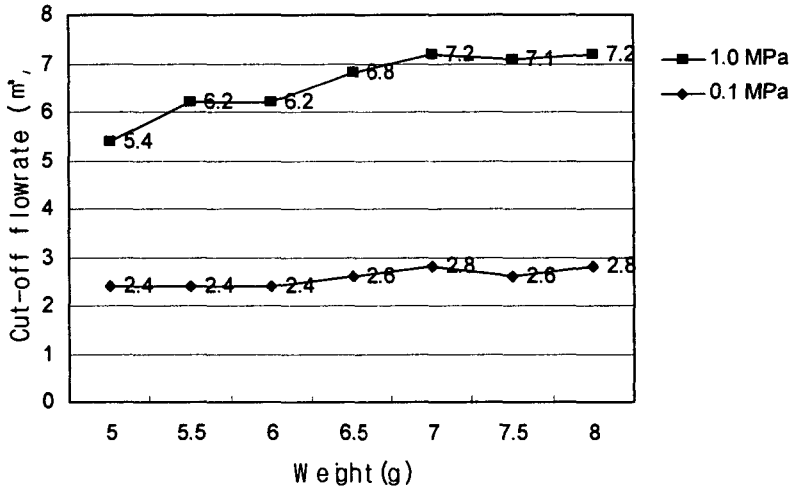
4-3. 차단체의 중량변화에 의한 유량 측정

이 실험에서는 차단체의 중량이 용기밸브를 통과하는 유량에 미치는 영향을 알아보기위해 다음과 같이 두가지 경우의 변수를 고려하여 차단유량을 측정하였다. 중량변화는 헤드와 고무패킹에 직접 연결되는 수직봉의 길이변화를 통해 중량을 변화시켰다.

1) 차단변 간격 고정시

차단변의 간격과 헤드의 직경이 각각 과류차단 범위에 설정되었을 때 수직봉 중량을 변화시켜 유량에 주는 영향을 확인하였다. 이 실험의 경우 다음과 같은 조건이 전제되어야 한다.첫 번째, 차단변의 간격은 일정하게 유지한다. 이 때 스프링의 압축력이 큰 것으로 선정해야 수직봉의 무게 증가로 인한 차단변 간격의 변동을 방지할 수 있다. 두 번째, 차단변 간격고정시 무게

변화 측정이므로 헤드를 제거한다. 세 번째, 수직봉의 중량은 5g에서 8g까지 0.5g씩 증가시켜 유량변화를 확인하였다.

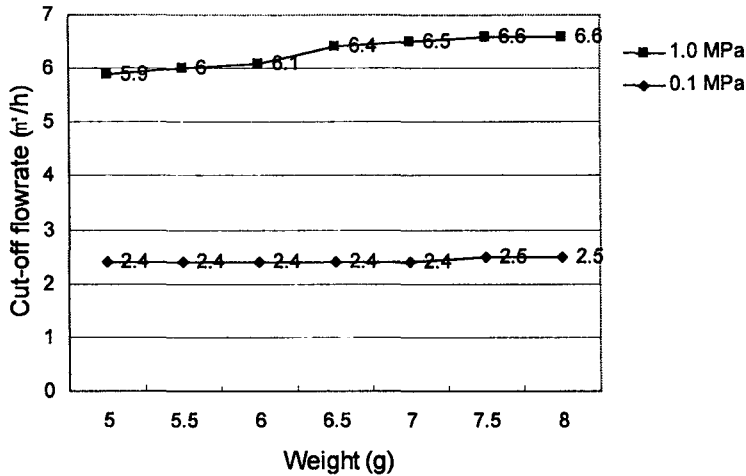


<그림 5.> 차단체의 중량별 차단유량(차단변의 간격 고정:1.5mm)

실험결과 저압(0.1MPa)에서는 중량변화에 의한 차단유량의 변화는 거의 일정하게 나타났으나 고압(1.0MPa)에서는 중량변화에 의한 차단유량의 폭이 좀더 크다는걸 알수 있었다. 따라서 차단체의 중량이 유량에 미치는 영향은 거의 없다고 판단되나 차단변의 간격을 고정했을때는 유량의 폭이 일정치 않으므로 차단변의 간격으로 유량을 조절하는데에는 어려움이 있다는 앞선 실험에서와 같은 결론이 나왔다.

2) 헤드의 직경 고정시

이 실험은 헤드의 직경을 고정했을 때 차단체의 중량이 유량에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험으로서 다음과 같은 조건이 전체되어야 한다. 첫 번째, 헤드의 직경을 고정한다. 두 번째, 차단변의 간격이 과류감지에 영향을 주지 않도록 2.5mm로 충분한 간격을 유지한다. 이 때도 역시 차단체의 중량변화에 의한 차단변의 간격변동 방지를 위해 스프링의 압축력이 큰 것을 사용한다. 세 번째, 앞서 실험과 마찬가지로 수직봉의 중량은 5g에서 8g까지 0.5g씩 증가시켜 유량변화를 확인하였다.



<그림 6.> 차단체의 무게별 차단유량(헤드의 직경 고정:8.2mm)

실험결과 저압(0.1MPa)과 고압(1.0MPa)에서 모두 중량변화에 의한 차단유량의 변화는 거의 변하지 않았다. 따라서 차단체의 중량이 유량에 미치는 영향은 거의 없다고 판단되었다. 결론적으로 과류차단장치의 차단유량을 조절하는데에는 차단변의 간격을 변화시켜 조절하는 것 보다는 헤드의 직경변화를 통한 가스통로의 단면적 변화를 이용하는 것이 차단유량을 조절하는데 효율적이다.

5. 결 론

본 연구에서는 과류차단형 LPG용기용 밸브의 차단성능 시험에 관한 구체적인 방안을 모색하였으며, 과류차단 성능 시험을 행함에 있어 차단체의 형상이 과류감지에 어떠한 영향을 주는지에 대해 분석하였고, 이를 규명하기 위해 여러 가지 변수를 선정하였다. 그 중 첫 번째로 차단돌기와 차단시트의 거리 즉, 차단변의 간격 변화에 따른 유량 측정을 하였고, 두 번째로 차단체 헤드의 직경변화를 통한 단면적 변화에 의한 유량 측정을 하였으며, 마지막으로 차단체의 중량이 과류감지 및 유량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 중량 변화별 과류차단 성능시험을 실시하였다.

그 결과 본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫 번째, 차단변의 간격이 1.5mm일 때 각각의 압력별로 용기밸브를 통과하는 공기의 유량이 규정된 과류차단 범위내에 들어옴을 확인하였다. 그러나 0.25mm라는 작은 거리변화에 따른 유량의 편차가 매우크므로 차단변의 거리로 유량을 조절하는데에는 무리가 있다.

두 번째, 차단변의 간격을 이용하여 유량을 조절하는 것보다는 헤드의 직경변화를 통해 유량을

조절하는 것이 훨씬 효율적이다.

세 번째, 차단체의 중량이 유량에 미치는 영향은 거의 없다.

따라서, 과류차단장치의 차단유량을 조절하는데에는 차단변의 간격을 변화시켜 조절하는 것 보다는 헤드의 직경변화를 통한 가스통로의 단면적 변화를 이용하는 것이 차단유량을 조절하는데 효율적이며, 차단체의 중량이 유량에 미치는 영향은 거의 없다는 결론이 나왔다.

5. 참고문헌

- [1] 임종국, 이인찬, “LP가스용기 과류차단밸브 개발”, 한국산업안전학회 추계학술발표대회, (2002)
- [2] 임종국, 이인찬, “LP가스 용기용 안전밸브개발에 관한 연구”, 한국가스학회 춘계학술발표회 논문집, (2003)
- [3] 고압가스안전관리법시행규칙 별표10. 거목 산업자원부령 제 73호, (1999)
- [4] 박선만, 임종국, “액화석유가스용기밸브”, 대한민국특허청 등록실용신안공보등록 제 0290742 호, (2002)
- [5] 박선만, 임종국, “액화석유가스용기밸브”, 대한민국특허청 등록실용신안공보등록 제 0300560 호, (2002)
- [6] 이진, “과류 차단형 액화 석유가스 용기용 밸브의 차단성능 시험에 관한 실험적 연구”, 공기조화 냉동공학 논문집, 제 4권 제 2호, 115-122, (1992)
- [7] Doebelin.E, “Measurement systems(Application and design) 3rd Ed., pp.492-499, Mcgraw Hill. (1985)