



LP가스용 차단기능형 수평식 용기밸브에 대한 설계연구

†김청균

홍익대학교 트리보, 메카·에너지기술 연구센터
(2015년 11월 5일 접수, 2015년 12월 23일 수정, 2015년 12월 24일 채택)

Design Study of Automatic Cut-off Horizontal Valve for a LPG Cylinder

†Chung Kyun Kim

Research Center for Tribology, Mechatronics and Energy Technology
Hongik University, Seoul 121-791, Korea
(Received November 5, 2015; Revised December 23, 2015; Accepted December 24, 2015)

요약

본 연구에서는 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브와 새로이 개발된 수평식 용기밸브의 몸체전고와 중량에 대한 설계 데이터를 고찰하였다. 차단기능형 수평식 용기밸브의 전고는 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브에 비해 41~42%나 획기적으로 줄어들었다. 또한, 수평식 밸브의 몸체 무게는 기존의 차단기능형 수직식 밸브에 비해 29~40%나 줄어든 결과를 얻었다. 이러한 결과는 단지 기존의 수직식 밸브에서 밸브의 여러 가지 구성요소를 수평식으로 배열을 바꾼 구조변경 설계를 통해 확보한 것이다.

Abstract - In this paper, the valves for a LPG gas cylinder have been investigated on the body height and weight by comparing design data between typical automatic shut-off vertical and newly developed horizontal valves. The height of an automatic shut-off horizontal valve is radically reduced by 41~42% compared with that of a typical automatic shut-off vertical valve. And, the body weight of a horizontal valve is also reduced by 29~40% compared with that of a vertical shut-off valve. This result is just achieved by a structural design modification from typical vertical valve to horizontal arrangement of various valve components.

Key words : automatic shut-off valve, LP gas cylinder, vertical valve, horizontal valve

1. 서론

차단기능형 용기밸브(automatic shut-off valve)는 LPG 용기에 설치되어 연소기기로 공급되는 LP 가스의 유입과 유출을 담당하는 가스용품이다. 용기 밸브는 3~50kg의 저장용량을 갖는 LPG 용기에 장착하여 사용하는 개폐식 차단밸브이다.

외국에서 사용하는 LPG 용기용 밸브와 국내에서 유통되는 차단기능형 용기밸브 모두는 핸들과 PT나 사를 일직선으로 배열한 수직식 타입으로 전고가 높다. 이러한 수직식 밸브는 LPG 용기가 넘어지거나

외부의 물체와 충돌할 경우 장착된 밸브가 먼저 파손되기 때문에 가스유출로 인한 화재나 폭발사고가 발생하기도 한다.

기존 LPG 용기용 밸브는 밸브를 열어 놓은 상태에서 고의 또는 부주의로 고무호스를 분리할 경우는 가스누출로 인한 폭발사고가 발생한다. 반면에 차단기능형 수직식 용기밸브는 고무호스를 입의로 분리해도 가스 유출구에 설치된 원통형의 슬라이더가 자동으로 폐쇄되기 때문에 가스유출로 인한 가스폭발이나 화재가 발생할 수 없는 구조이다. 그러나 기존의 용기용 밸브에 차단기능을 갖춘 안전장치를 추가로 장착하였기 때문에 가스유출 차단 안전성은 향상되었지만, 가스 방출구의 길이가 12mm 정도 증가하여 상대적으로 무거워졌다.

†Corresponding author:ychoi@kimm.re.kr
Copyright © 2015 by The Korean Institute of Gas

그동안 LP가스 용기나 용기용 밸브에 대한 기초 연구[1,2]가 없었던 것은 가스안전기준[3,4]에 의해 제작되고, 너무 오래된 기계식 가스용품으로 부가가치가 없기 때문이다. 하지만, 용기용 밸브를 장착한 LP가스 용기에서 종종 사고가 발생하고 있다는 점을 고려하면 제품개발 연구가 진행되어야 가스사고를 예방할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브의 문제점을 해결할 수 있도록 용기밸브의 전고와 중량을 줄이는 구조변경 설계연구를 수행하고자 한다. 즉, 용기밸브의 전고를 낮출 수 있도록 수직식 용기밸브 대신에 수평식의 용기밸브로 구조를 변경하는 것이다. 또한, 차단기능형 용기밸브의 중량을 구조적으로 줄이기 위해서는 기존의 용기밸브에서 2개의 오링을 상하로 설치한 밀봉구조 대신에 한 개의 더블립 패킹을 사용하고, 용기밸브의 구성부품에 대한 구조변경 설계를 통해 전고와 중량문제를 함께 해결하고자 한다.

II. 기존 차단기능형 수직식 용기밸브

기존의 LP가스용 용기밸브에서는 Fig. 1에서 보여준 것처럼 가스 방출구와 안전장치, 2개의 오링에 의해 축방향의 가스누출을 차단하도록 구성되어 있다. 또한, LP가스를 고압용기에 안전하게 저장하기 위해서는 스템의 하단부에 접합된 디스크 패킹과 밸브 몸체에 형성된 밸브시트(valve seat)에 의해 밀봉작용을 하도록 설계되어 있다.

반면에 Fig. 2에서 보여준 차단기능형의 수직식 용기밸브에서는 가스의 유출입을 담당하는 가스 방출구의 내경부에 스프링 탄성력에 의해 가스방출을 차단하는 차단기능형 안전장치를 설치함으로써 고무호스를 분리해도 가스방출이 자동으로 차단되는 구조이다. 외형적으로 볼 때 차단기능형 용기밸브는 기존의 LP가스용 용기밸브에 비해 가스 방출구의 길이가 긴 것 이외는 구조와 기능이 모두 동일하다.

우리나라에서는 2007년 6월 1일 정부에서 고시한 “고압가스안전관리법 시행규칙 제43호”에 의해 모든 LP가스 용기에 차단기능형 용기밸브를 장착하도록 의무화하였다.

차단기능형 용기밸브는 고의적인 고무호스 손상으로 발생하는 가스방출 사고에 안전한 밸브이다. 그러나 가스 방출구에 안전장치를 추가로 설치하기 때문에 LP가스 방출구의 길이는 12mm 정도 더 늘어나고, 중량이 증가하는 문제점이 있다. 또한, 가스 방출구의 내경이 상대적으로 좁아져 유동손실에 따른 압력저하와 충전시간이 증가하는 문제점이 있다.

기존의 LP가스용 용기밸브와 차단기능형 용기밸브는 핸들을 상부에서 조이는 방식, 즉 수직식 개폐 밸브이므로 전고가 높다. 특히, 수직식의 밸브에서는 핸들과 스프링들을 나사로 체결하고, 스프링들과 스템을 현수하는 메커니즘으로 체결한 환형의 연결고리 구조이기 때문에 전고가 높다.

또한, 스템의 원주면에는 축방향으로 누출하려는 가스를 차단하기 위해 2개의 오링을 상하로 이어서 사용하는 스프링들 구조는 밸브의 전고를 높이는 또 다른 요인이다.

또한, LPG 용기의 가스압력을 방출하기 위한 안전장치를 밸브시트와 PT나사의 연결부에 위치하도록 설계한 기존의 구조도 밸브의 높이를 높이는 요인이다.



Fig. 1. Typical LP gas cylinder valve.

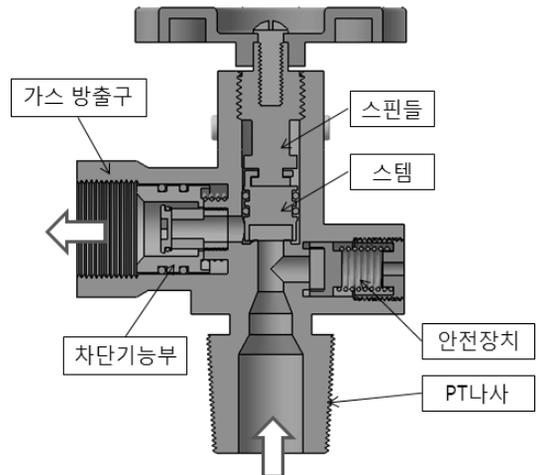


Fig. 2. Vertical automatic shut-off valve for a LP gas cylinder.

III. 차단기능형 수평식 용기밸브

LP가스용 차단기능형 수평식 용기밸브는 Fig. 3에서 보여준 것처럼 기존의 수직식 용기밸브(Fig. 2 참조)와 외형적으로 큰 차이를 보여준다.

그렇지만, LP가스를 안전하게 공급하고, 가스누출을 차단한다는 기능은 동일하다. LP가스 용기밸브의 구성부품을 수평식으로 설계하여 전고를 크게 낮추고, 개폐작용을 담당하는 핸들을 수평방향에 위치하도록 설계한 점이 구조적으로 큰 변화이다.

또한, 용기밸브의 중량을 줄이기 위해 핸들과 스펀들, 스템, 가스 방출구를 수평방향을 따라 일체형으로 배열하였다. LP가스 압력용기에 체결되는 PT나사는 밸브 몸체의 중심부에, 그리고 안전밸브는 중간부의 측면에 설치한 것이 특징적으로 다른 형태의 수평식 용기밸브이다.

IV. 설계 데이터에 대한 고찰

4-1. 용기밸브의 전고

1) 차단기능형 수직식 용기밸브

Fig. 2에서 보여준 것처럼 LP가스용 수직식 용기밸브는 개폐작용을 위해 핸들과 스크루로 체결한 스펀들을 디스크 패키징과 일체형으로 체결한 스템을 환형의 연결고리로 조립한 구조이다. 또한, 축방향의 가스누출을 차단하기 위해서는 2개의 오링을 스템의 외경면에 형성한 상하의 오링홈에 삽입하기 때문에 스템의 전체길이는 증가되는 수직식 구조이다.

또한, 디스크 패키징에 접촉되어 밀봉작용을 하는 밸브시트와 LP가스 압력용기에 체결하는 PT나사를 하나의 밸브 몸체로 수직방향을 따라 연결한 구조로 제작되기 때문에 축방향의 길이가 늘어나는 구조가 형성된다. 따라서, 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브의 전고는 불가피하게 높아지는 구조이다.

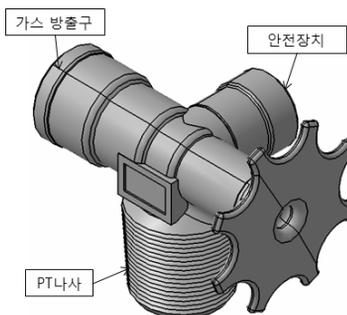


Fig. 3. Horizontal automatic shut-off valve for a LP gas cylinder.

Fig. 4(a)에서 보여준 것처럼 LPG 용기에 설치한 수직식 용기밸브를 보호하기 위해서는 원형의 프로텍터를 높게 설치해야 하므로 설치공간과 중량이 많이 나가는 구조이다. 또한, LPG 용기를 운반할 때는 적재공간을 많이 필요로 하고, 사용 중에는 용기밸브의 전고가 높아 키가 작은 사람이 사용할 경우는 개폐작용을 하기가 불편한 구조이다.

2) 차단기능형 수평식 용기밸브

본 연구에서 개발한 LP가스용 수평식 용기밸브는 개폐작용을 위한 핸들과 스펀들을 일체형으로 형성하고, 디스크 패키징을 하단부에 체결한 구조의 스템 외경부에는 한 개의 더블립 패키징을 설치하여 스템의 길이를 줄인 최적화 설계를 실시하였다. 또한, 디스크 패키징에 접촉하여 밀봉작용을 하는 밸브시트의 하단부에는 차단기능형 가스 방출구를 하나의 몸체로 설계하여 가스의 유출입이 가능한 구조의 수평식 배열을 개발하였다. 따라서 수평식 밸브의 상단부 높이는 가스 방출구의 직경과 디스크 패키징의 외경부에 해당하는 밸브 몸체의 직경 크기에 의해 결정된다.

또한, 디스크 패키징을 설치한 원통형의 스템 구조물과 밸브시트의 수직 하방향에는 PT나사를 일체형으로 설치하여 LPG 용기에 체결한 밸브 몸체의 하단부를 완성한다. 따라서, LP가스용 수평식 용기밸브의 전고는 PT나사의 길이와, 디스크 패키징이 위치한 직경을 고려하기 때문에 수평식 용기밸브의 전고는 Fig. 3과 4(b)에서 보여준 것처럼 크게 줄어든다.

Table 1에서는 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브

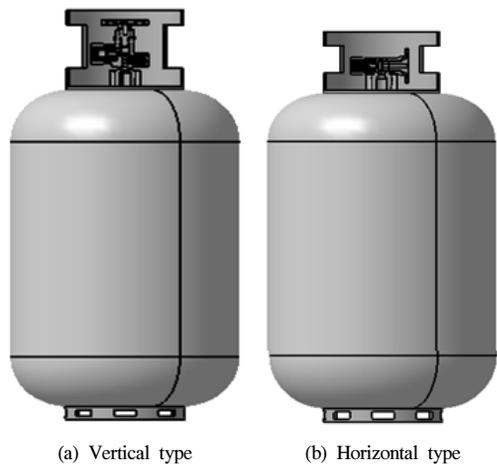


Fig. 4. LPG cylinder with an automatic shut-off gas valve.

Table 1. Body height of vertical and horizontal cylinder valve models for automatic shut-off functions

	Vertical Model 1	Vertical Model 2	Horizontal Model 3
Body Height mm	86	84.6	50

와 본 연구에서 개발한 수평식 용기밸브에 대한 전고 설계 데이터를 제시하고 있다. 밸브 몸체의 높이에 관련된 설계 데이터에 의하면, 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브에서 측정된 전고는 84.6~86mm이다. 반면에 본 연구에서 개발한 수평식 용기밸브의 높이는 50mm로 기존의 수직식 용기밸브 대비 41~42%나 줄어든 결과를 보여준다. 따라서 용기밸브의 전고가 41% 이상 낮아짐으로 인해 수평식 용기밸브는 개폐작동이 편리하고, Fig. 4에서 비교한 것처럼 LPG 용기의 전체높이를 낮추는 효과가 있다.

4-2. 용기밸브의 중량

1) 차단기능형 수직식 용기밸브

LP가스용 수직식 용기밸브의 중량은 밸브의 전체 높이가 높기 때문에 더 많이 나간다. 본 연구에서는 Fig. 2에서 보여준 기존의 수직식 용기밸브와 본 연구에서 개발한 수평식 용기밸브의 중량을 Table 2에서 제시하고 있다. 여기서 기존 수직식 용기밸브의 몸체 무게는 상용화된 제품을 측정된 것이고, 수평식 용기밸브의 중량은 본 연구에서 개발한 Fig. 3의 설계모델을 기반으로 측정된 중량 데이터이다.

차단기능형 수직식 용기밸브의 치수는 KGS AA312와 AA331 기준[3,4]에 의해 설계되므로 전고에서 큰 차이를 기대할 수 없다. 따라서, 수직식 용기밸브의 중량에서는 용기밸브의 두께에 관련된 최적설계를 통해 약간의 차별화가 가능하다. 두께를 줄여서 경량화를 획기적으로 달성하기 어려운 점은 최고의 가스 압력에 충분히 안전하도록 설계해야 하기 때문이다.

2) 차단기능형 수평식 용기밸브

LP가스용 수평식 용기밸브에서는 가스 방출구와 스피들, 핸들을 일직선으로 연결하고, PT나사는 디스크 패키징을 설치한 원통 구조물에 일체형으로 설계하였기 때문에 강도 안전성은 높아지고, 중량이 줄어드는 효과가 있다.

또한, 스템의 외경부에는 축방향의 밀봉성을 확보하기 위해 특별한 밀봉기능을 갖는 한 개의 더블립 패키징을 설치하기 때문에 스템의 전체적인 밸브의

Table 2. Body weight of vertical and horizontal cylinder valve models for automatic shut-off functions.

		Body Weight, g
Vertical Type	Model 1	328
	Model 2	310
Horizontal Type	Model 3	197
	Model 4	220

길이를 줄일 수 있어 중량이 줄어드는 효과가 있다.

Table 2에서 제시한 중량 데이터에 의하면, 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브에서 설계한 중량은 310~328g 정도이다. 반면에 본 연구에서 개발한 차단기능형 수평식 용기밸브의 중량은 197~220g 정도로 기존의 수평식 용기밸브 대비 29~40% 정도 낮은 경량효과가 있다. Table 2에서 제시한 수평식의 용기밸브 중량 데이터는 해석적 방법에 의해 추정된 것으로 실제 제작과정에서 약간의 변동은 예상할 수 있다. 그러나, 수직식과 수평식의 구조변경 설계에 따른 중량차이는 대단히 큰 것으로 나타났다.

따라서 LP가스용 용기밸브 설계에서는 기존의 수직식 용기밸브보다는 수평식으로 구조를 변경하는 것이 전고와 경량화 측면에서 우수하다는 것이 설계 데이터를 통해 확인할 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브와 새로이 개발된 차단기능형 수평식 용기밸브에 대한 전고와 중량 데이터를 비교고찰하였다.

기존의 차단기능형 수직식 용기밸브 데이터는 상용화된 제품의 설계 자료를 사용하였고, 수평식 용기밸브에 대한 데이터는 구조변경을 통해 확보한 설계값이다. 본 연구에서 개발한 수평식 용기밸브는 개폐기능을 그대로 유지하면서 구조변경 설계를 통해 확보한 밸브 몸체의 전고는 41~42%를 줄일 수 있고, 몸체의 중량은 29~40% 낮은 결과를 얻을 수 있었다.

따라서 향후에는 기존의 차단기능형 수직식 용기밸브를 사용하기보다는 수평식을 사용하여 1차적으로 용기밸브의 전고와 중량을 줄이고, 2차적으로 용기밸브를 장착하는 LP가스 용기의 상단부에 위치한 밸브 프로텍터의 전고와 중량을 줄이는 설계를 추진하는 것이 바람직하다.

REFERENCES

- [1] Chung Kyun Kim, "Finite Element Analysis on the Sealing Behavior and Endurance Safety of O-rings with a V-groove", J. of the KIGAS, Vol. 17, No. 1, pp.73~80, (2013)
- [2] Chung Kyun Kim, "Experimental Study on the Safety of a Valve for a Special Gas Cylinder", J. of the KIGAS, Vol. 17, No. 3, pp.14~19, (2013)
- [3] KGS AA312, "Facilities, Technology, and Inspection Code for Manufacture of LP Gas Cylinder Valves with Cut-off Function", (2013)
- [4] KGS AA331, "Facilities, Technology, and Inspection Code for Manufacture of Valve for Pipes", (2010)