

## 가정용 LP가스 저압조정기의 성능 및 수명 평가

김영규<sup>†</sup> · 조석범 · 김필종

한국가스안전공사, 가스안전연구개발원

(2005년 9월 5일 접수, 2005년 12월 2일 채택)

### Evaluation of Performance and Service Life of Low Pressure LPG Regulators for Home Use

Young-Gyu Kim<sup>†</sup>, Seok-Beom Cho and Pil-Jong Kim

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

(Received 5 September 2005, Accepted 2 December 2005)

#### 요 약

가정용 LPG(Liquefied petroleum gas) 저압조정기의 성능 및 수명평가를 위하여, 저압조정기의 사용경과에 대한 안전장치의 성능, 조정압력 및 폐쇄압력, 조정 스프링 및 다이어프램의 기계적 물성을 분석하였다. 실험결과, 사용시간의 경과에 따른 조정성능 및 물성저하가 관찰되었으며, 사용시간 6년 이상의 조정기는 성능 저하가 매우 심각한 것으로 분석되었다.

**주요어** : LPG 조정기, 조정압력, 폐쇄압력

**Abstract** — This paper presents the evaluation of LPG (Liquefied petroleum gas) regulators for home use. For the evaluation, several properties of the regulators were experimentally analyzed, such as the operation of safety device, the adjusting and lock-up pressure, the adjusting spring and the diaphragm, with respect to the used time of the regulators. Experimental results showed that the initial operation performance of regulators were degraded with increase of the service time and also showed that the degradation of the performance and material property could become serious after six-year-use of the regulator.

**Key words** : LPG regulator, Adjusting pressure, Lock-up pressure

#### 1. 서 론

액화석유가스(LPG : Liquefied petroleum gas)는 1960년대 초 국내에서 사용되기 시작한 이래로 지속적인 증가추세를 보이고 있다. LPG는 청정성과 편리성 등의 장점으로 인하여 가정용 연료의 높은 비중을 차지하고 있으며, 그에 따른 다양한 가스기기가 개발되어 왔다. 일반적으로, LPG는 소형 용기에 액체상태로 저장되어 가정집에 운송된다. 액체상태의 LPG는 용기 내에서 기화된 후에 용기밸브 및 압력조정기를 통하여 가스 레인지,

순간온수기 및 가스난로 등의 가스 연소기로 공급된다. LPG 용기 내의 압력은 약 2~10 kg/cm<sup>2</sup>로서 가정용 연소기로 바로 공급되기에는 너무 높기 때문에, 연소기에 적당한 압력으로 감압시키기 위한 압력 조정기가 필수적이다<sup>[1,4]</sup>. 이러한 LPG 저압조정기(Low pressure LPG regulator)는 용기 내의 압력변동에 관계없이, 안정적인 압력의 가스를 연소기에 공급할 수 있도록 설계·제작되는 가스기기로서 LPG 공급에 있어서 매우 중요한 역할을 한다<sup>[4]</sup>. 하지만, 장기간 사용된 저압조정기는 조정기를 이루고 있는 각 부품의 노화 및 특성변화로 인하여 압력조정 성능의 저하를 초래할 수 있으며, 이러한 압력조정의 성능 저하는 가스유로에서의 과도한 압력 및 연소기의 불안정한 연소현상 등으로 인한 가스사고의 위험성을 증가시키게 된다. 실제로, 국내의 경우, LPG 저

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
Products R&D Division, Korea Gas Safety Corporation  
Tel: 031-310-1431  
E-mail: ygkim@kgs.or.kr

압조정기와 관련된 사고는 매년 수 천씩 발생되고 있으며<sup>[1]</sup>, 이에 대한 조정기의 신뢰성 및 안전성 확보가 필요한 실정이다.

그러나, 이와 관련된 국내 및 국외의 연구사례는 찾아보기 힘든 실정이며, 일부 한국가스안전공사에서 조정기 제품 관련 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서는, 가정용으로 가장 많이 사용되고 있는 LPG 저압조정기의 경년변화에 대한 성능특성의 평가 및 조정기의 일반적인 수명평가를 수행하고자 한다. 이러한 평가를 통하여 저압조정기의 적정한 성능분석과 관련 데이터를 확보하여 사용수명을 제시하고자 한다.

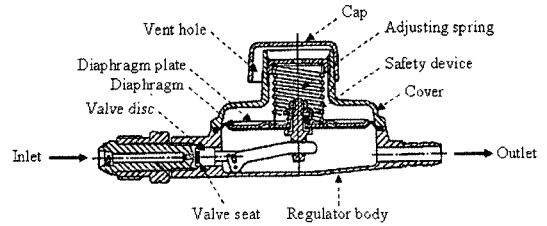
## 2. LPG 저압조정기

전형적인 가정용 LPG 저압조정기는 조정기 몸체(Regulator body), 덮개(Cap), 다이어프램(Diaphragm), 수압판(Diaphragm plate), 조정 스프링(Adjusting spring), 안전장치(Safety device) 및 밸브 몸체(Valve body) 등으로 구성되어 있다. 일반적으로 고압상태의 LP(Liquefied petroleum) 가스는 조정기 입구를 통하여 감압실 내로 유입된 후, 다이어프램 및 수압판과 연결되어 작동하는 레버(Lever) 및 밸브몸체에 의해 감압되어, 조정기 출구로 유출되어 연소기로 공급된다. 연소기에 공급되는 가스의 압력을 안정적으로 조정하기 위해, 조정 스프링 상부에는 조정 압력의 설정 값을 조절할 수 있는 스프링 조절기가 설치되어 있다. 저압조정기의 주요 사양 및 내부 구조는 Table 1 및 Fig. 1에 나타내었다.

본 연구에서는, 강원, 충북, 전남 및 제주의 4개 지역에서 채취한 사용 경과 1~10년에 해당하는 LPG 저압조정기 160개와 사용하지 않은 신품 조정기 6개를 대상으로 하였다. 여기서, 본 실험의 실효성과 기간단축을 고려, 사용경과 1년 단위로 시료를 채집하였으며, 이들

**Table 1. Specification of a low pressure LPG regulator.**

Inlet pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Upper	15.6	
	Lower	0.7	
	Standard	280	
Outlet pressure (mmH <sub>2</sub> O)	Adjusting pressure	Upper	330
		Lower	230
	Lock-up pressure	350	
Operating pressure of safety device (mmH <sub>2</sub> O)	Standard	700	
	Opening	560~840	
	Closing	504~840	
Rated capacity (kg/hr)		4.0	



**Fig. 1. Configuration of a low pressure LPG regulator.**

조정기 안전장치의 동작, 조정압력(Adjusting pressure), 폐쇄압력(Lock-up pressure)의 특성 및 조정 스프링과 다이어프램의 기계적 물성변화를 관찰하였다.

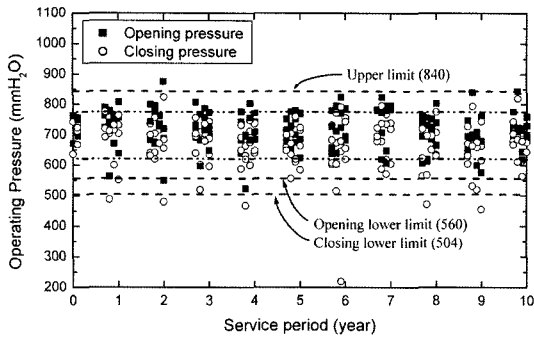
## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3-1. 안전장치

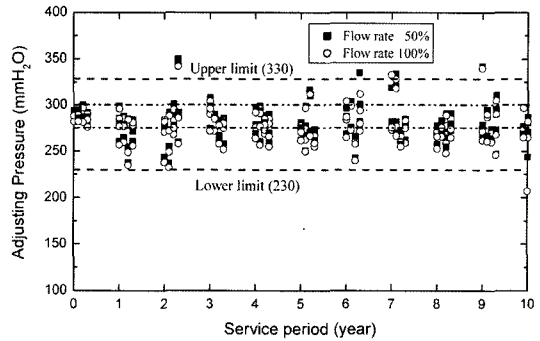
저압조정기의 안전장치는 조정기 내부에 과도한 압력 상승이 발생하지 않도록 하기 위한 장치이며, 연소기 사용 중 조정기 출구압력에 의한 조정기 내부의 압력이 특정 압력 이상이 될 경우, 별도로 설치된 안전장치용 스프링(Relief spring)의 동작으로, 안전장치와 연결된 분출구의 개폐를 통하여 조정기 내부를 감압한다. 여기서, 상승한 압력으로 인하여 가스분출구가 개방될 때의 압력을 분출개시압력(Opening pressure), 정상 압력 복귀로 인하여 분출구가 폐쇄될 때의 압력을 정지압력(Closing pressure)이라 한다. 안전장치의 동작특성은, 조정기의 입구를 폐쇄한 후에, 조정기의 출구를 통하여 공압으로 조정기의 내부의 압력을 상승시키면서 분출개시압력 및 정지압력을 측정함으로써 관찰하였다. 본 연구의 실험대상인 LPG 저압조정기의 분출개시압력 및 정지압력의 기준 값은 840 mmH<sub>2</sub>O로 동일하며, 개시 및 정지하한 값은 각각 560 mmH<sub>2</sub>O 및 504 mmH<sub>2</sub>O이다<sup>[4]</sup>.

안전장치의 작동 실험결과는 Fig. 2에 나타내었으며, 사용기간에 대한 조정기 안전장치의 작동압력과 비교하기 위하여, 신품 조정기의 개시 및 정지압력 범위를 2점 체선으로 표시하였다. Fig. 2(a)는 사용기간에 대한 개시 및 정지압력을 보여주고 있으며, Fig. 2(b)는 각 조정기의 개시압력과 정지 압력의 관계를 보여주고 있다.

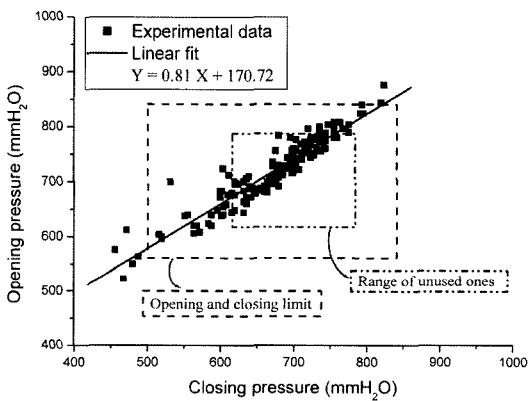
실험결과에서 볼 수 있듯이, 안전장치의 적절하지 못한 동작은 1년 이상 사용된 조정기에 대해서 전반적으로 나타났으며, 그 작동범위는 신품 조정기에 비해 매우 큰 것으로 나타났다. 또한, Fig. 2(b)에서와 같이, 개시압력과 정지압력은 거의 선형적인 관계임을 알 수 있는데, 이것은 정지압력이 높은 조정기가 개시압력도 높은 것을 의미하는 것이다. Fig. 2에 나타내지 않은 실험 결과로서, 안전장치 시험기의 측정 최대압력 1,100 mmH<sub>2</sub>O



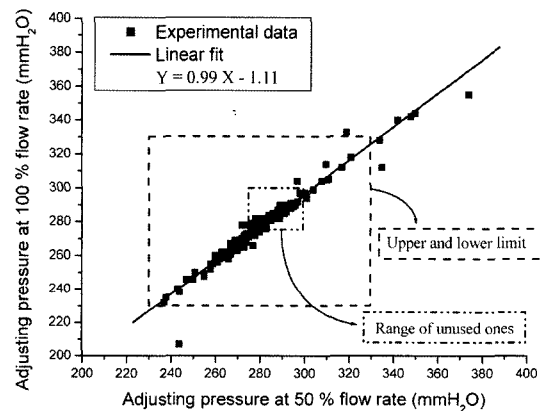
(a)



(a)



(b)



(b)

Fig. 2. Operating pressure of the safety devices of low pressure LPG regulators at the outlet pressure of 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Fig. 3. Adjusting pressure of low pressure LPG regulators at the inlet pressure of 10 kg/cm<sup>2</sup>.

이하에서 개시 및 정지동작을 하지 않아, 작동불능으로 추정되는 안전장치가 사용기간 2년, 3년, 7년 및 9년에 대하여 각각 1개 및 2개 존재하였다.

이러한 실험결과로 볼 때, 안전장치의 핵심 부품인 안전장치 스프링에 대한 정확한 해석과 설계에 관한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 3-2. 조정압력

저압조정기의 조정압력(Adjusting pressure)은 주어진 입구압력 및 출구유량에 대한 조정기 출구의 압력을 가리킨다. 저압조정기의 상한 및 하한 조정압력은 각각 330 mmH<sub>2</sub>O 및 230 mmH<sub>2</sub>O이며, 입구압력의 변동에 관계없이 이를 만족해야 한다<sup>[4]</sup>.

조정압력은 0.7, 5.0, 10.0 및 15.6 kg/cm<sup>2</sup>의 입구 압력에 대하여 유량을 각각 0, 5, 50 및 100%로 변화시키면서 감압된 출구압력을 측정하였다. Fig. 3은 입구압력이 10 kg/cm<sup>2</sup>인 경우 50% 및 100%의 유량에 대한 결

과를 보여주고 있으며, 그 외의 입구압력 및 유량에 대해서도 유사한 결과를 얻었다.

Fig. 3에서 2점 세선은, Fig. 2에서와 마찬가지로, 신제품 조정기의 측정 값을 가리킨다. 이상적인 조정기의 경우 조정압력이 편차가 작은 밀집된 분포를 보이는 데에 반해, 사용 조정기는, 전반적으로, 조정압력이 낮아지는 경향을 보였으며, 사용경과 6년 이상의 조정기에서는 조정압력이 상하로 넓은 분포를 갖는 것으로 나타났다. 사용경과 7년의 조정기는 상한 값을 벗어났을 뿐만 아니라 편차가 매우 큼을 알 수 있다. 그러나 8년 경과된 조정기의 경우는 특이한 사례로, 신제품 조정기의 값보다는 수준이 낮았으나 비교적 조정압력이 집중되어 양호함을 보여주고 있다. Fig. 3(b)는 유량이 50% 및 100% 일 때의 조정압력을 비교한 것으로서, 유량에 관계없이 조정압력은 약 260~300 mmH<sub>2</sub>O의 범위 내에 있음을 의미한다.

### 3-3. 폐쇄압력

조정기의 폐쇄압력(Lock-up pressure)은 조정기 출구

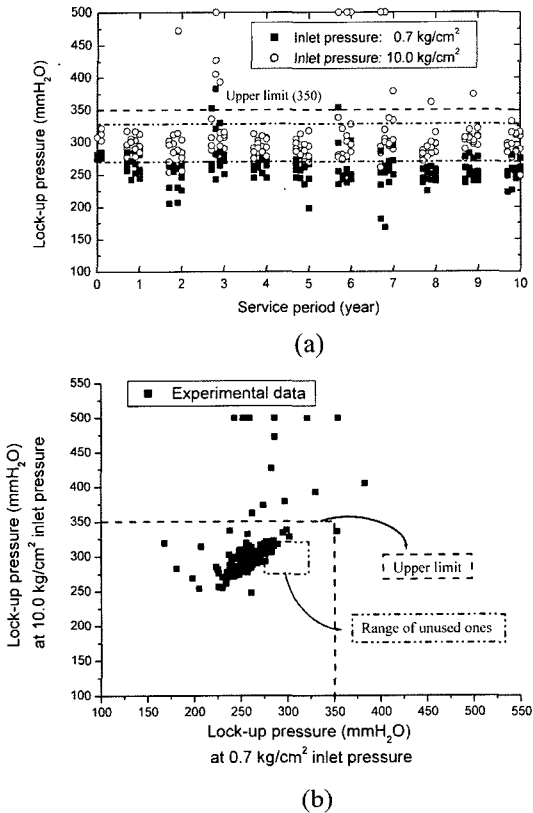


Fig. 4. Lock-up pressure of low pressure LPG regulators.

가 닫혔을 때의 조정기 감압실의 내부압력을 의미하며, 실제로는 사용 중인 연소기를 중단하거나 중간밸브를 닫았을 때의 조정기 내부압력을 의미한다. LPG 저압조정기의 경우 폐쇄압력은 350 mmH<sub>2</sub>O를 초과하지 않도록 규정되어 있다<sup>6)</sup>.

입구압력 0.7, 5.0, 10.0 및 15.6 kg/cm<sup>2</sup>에 대해서 각각의 폐쇄압력을 측정하였으며, 결과는 Fig. 4에 나타내었다.

신품 조정기의 폐쇄압력은 275~322 mmH<sub>2</sub>O인 것으로 측정되었으며, 2점 쇄선으로 표시하였다. Fig. 4(a), (b)에서, 입구압력이 10.0 kg/cm<sup>2</sup>인 경우에 측정되었던, 500 mmH<sub>2</sub>O 이상의 폐쇄압력은 편의상 500 mmH<sub>2</sub>O로 표시하였다. 입구압력이 높은 경우에, 조정기의 폐쇄압력이 더 높음을 그림을 통해 알 수 있다. Fig. 4(a)에서, 사용한지 3년이 경과된 제품에서 폐쇄 압력의 상한 값을 넘어 선 것은 일부 제조사의 조정기에서 나타난 예외적인 경우로, 다이어프램의 결함에 기인하는 이러한 예외를 제외하면, 사용기간 6년이 되기 전까지는 신품에 비해 넓은 분포를 보이는 하지만 상한 값을 초과하지 않

음을 알 수 있다. 이에 반해, 사용 경과 6년 이상의 조정기에서는 폐쇄압력의 상한값을 초과하는 경향이 뚜렷하고 각각의 조정기에 대한 폐쇄압력의 분포가 넓어진 것으로 나타났다.

Fig. 4(b)는 각 조정기의 서로 다른 입구 압력에 대한 폐쇄압력을 나타낸 것으로서, 정상적인 조정기에 대해서는 Fig. 2(b) 및 Fig. 3(b)의 안전장치 및 조정압력의 경우와 마찬가지로 선형적인 경향을 보이고 있지만, 상한 값을 벗어난 조정기를 포함하여 보았을 때에는 비교적 산발적인 분포를 하고 있음을 알 수 있다.

실험결과에서 주목할만한 특징으로는, 0.7 kg/cm<sup>2</sup>의 낮은 입구압력의 경우 전반적으로 폐쇄압력이 낮다는 것이다. 이것은 조정기의 조정 스프링(Adjusting spring) 또는 다이어프램(Diaphragm)의 경화에 의한 것으로 판단할 수 있다.

이와 같은 폐쇄압력의 측정결과로부터, LPG 저압조정기의 수명은 약 6년 정도인 것으로 평가되며, 조정기의 핵심 부품이라고 할 수 있는 조정 스프링의 특성강화 및 LPG에 대한 내구성이 강한 다이어프램의 연구·개발이 필요한 것으로 판단된다.

### 3.4. 조정 스프링

저압 조정기의 스프링 상수는 80개의 사용 조정기 및 4개의 신품 조정기에 대해서만 측정하였으며, 측정은 시험규격 KS M6518에 의거하여 수행하였다<sup>15)</sup>.

Fig. 5는 조정기에 내장된 스프링에 대하여 측정한 스프링 상수 결과를 보여주고 있다. 사용경과 6년 이하의 조정기의 경우, 조정 스프링 상수는 신품 조정기의 값과 거의 같은 분포를 보이고 있으며, 7년이 경과하면서 스프링 상수값이 증가함을 보여주고 있다. 이러한 스프링 상수의 증가는, 일반적인 재료의 경우에서 자주 볼 수 있는, 재료의 시효경화(Age hardening)에 의한 것으로 추정된다.

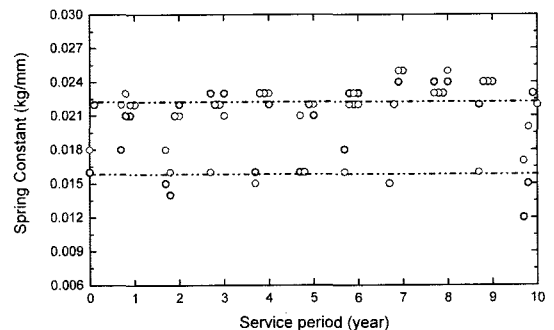


Fig. 5. Spring constant of the adjusting springs of low pressure LPG regulators.

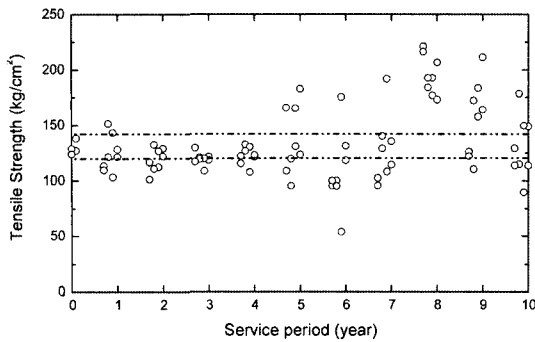


Fig. 6. Tensile strength of the diaphragms of low pressure LPG regulators.

조정기의 안정적인 입력조정을 위해서는 적절한 스프링 상수와 정확한 진직도(Degree of perpendicularity)가 필요하며, 스프링에 가해지는 하중의 방향이 수압관의 중심축과 일치하여야 한다. 본 연구의 스프링 상수 측정에 사용된 조정기 중 50%는 진직도가 양호하지 못한 것으로 측정되었으며, 이러한 낮은 진직도는 사용 조정기의 조정압력 및 폐쇄압력의 특성저하 원인이 될 수 있다. 스프링의 진직도가 불량한 원인은 스프링의 자유장이 지나치게 길어서 조정기의 완성 조립 후에 스프링이 장시간 동안 뒤틀림과 휘어짐 상태에 있기 때문이거나 스프링의 가공 단계에서 말단부의 면 처리 공정을 하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 스프링에 대한 자유장의 길이, 말단 면 처리, 가공공정에서의 품질관리 및 내구성 강화를 위한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 3-5. 다이어프램

사용경과에 대한 저압조정기 다이어프램의 인장강도를 측정하여 Fig. 6과 같은 결과를 얻었다.

그림에서 볼 수 있듯이, 다이어프램의 인장 강도의 분포는 사용기간 4년까지는 약간 감소하며 어느 정도 집중하여 분포하는 경향을 보였으며, 사용기간 4년 이후의 조정기에 대해서는 매우 산발적인 분포와 함께 인장강도가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 인장강도의 증가현상은, 스프링에서와 같이 재료의 경화현상 때문인 것으로 추정된다.

따라서, 조정기 다이어프램의 인장강도만을 고려한다

면 사용경과 5년까지는 비교적 안정적인 특성을 유지한다고 할 수 있지만, 다이어프램의 내구성 및 신뢰성 향상을 위해서 고무재료에서 추출되는 가소제가 재료의 물성에 미치는 영향 및 안전성 향상을 기대할 수 있는 고무재료의 개발 등에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는, 현재 가정용으로 가장 많이 사용되고 있는 LPG 저압조정기의 사용 경과에 대한 성능 및 수명평가를 위해 신품 조정기 및 1~10년의 사용 조정기에 대한 실험분석을 수행하였다.

실험결과, 저압조정기의 안전장치는 사용 기간 1년 이후부터 적절하지 못한 작동성을 보였다. 조정압력 및 폐쇄압력은 사용 기간 1년부터 신품 조정기의 압력범위를 전반적으로 벗어났으며, 사용기간 7년 이상의 조정기는 기준 값으로부터 현저한 이탈을 보였다. 조정기의 조정 스프링 및 다이어프램은 사용기간 6년 이후에 대해서 경화현상 등으로 인한 특성저하를 보였으며, 약 5~6년 정도의 안정적인 재료특성을 갖는 것으로 분석되었다.

따라서, 현재 국내에 유통되고 있는 LPG 저압조정기의 전반적인 특성을 고려할 때 평균수명은 약 6년 이내인 것으로 평가된다. 그러나, 사용자의 안전확보 및 사고예방을 위하여 사용경과 5년 이후에는 조정기를 교체하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. KS B 6213. "일반용 액화석유가스 압력 조정기", 2004.
2. JIS B 8238. "Pressure regulators for liquefied petroleum gas", 1994.
3. BS 3016. "Pressure regulators and automatic changeover devices for liquefied petroleum gases", 1989.
4. "액화석유가스의 안전 관리 및 사업법", 한국가스안전공사, 2004.
5. "가스사고 연감", 한국가스안전공사, 2005.
6. KS M 6518. "가황고무 물리 시험 방법", 1994.