

# 가스용 저압염화비닐호스 경년열화분석에 관한 연구

김완진<sup>†</sup> · 이영섭<sup>\*</sup> · 류근준 · 김현기

한국가스안전공사 가스안전연구원 · \*서울산업대학교 안전공학과  
(2008. 8. 20. 접수 / 2009. 4. 9. 채택)

## A Study on the Degradation Analysis of PVC Hose for Gas

Wan-Jin Kim<sup>†</sup> · Young-Seop Yi<sup>\*</sup> · Keun-Jun Ryu · Hyun-Ki Kim

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

<sup>\*</sup>Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

(Received August 20, 2008 / Accepted April 9, 2009)

**Abstract** : PVC hose for gas is used widely in many of places which is used for connector between combustor and gas cock. In this study, it is collected by 5 regional area as Gyeonggi, Jeonnam, Gyeongbuk, Jeju and Gangwon and tested in leakage, hardness, anti-low temperature. As a result, the color on it is started to change rapidly when it is installed. Some of specimen are broken in bending test after keeping in -25°C, 24hours. It's hardness has a tendency to increase gradually. If hardness of hose is increased, PVC hose is separated easily from cock or combustor so that LP gas or city gas can be escaped. For prevention of gas leakage accidents of PVC hose, the available period of it should be presented.

**Key Words** : PVC hose, leakage, hardness, anti-low temperature, LP gas, city gas

### 1. 서론

액화석유안전관리 및 사업법에 의하여 지정되어 있는 허가대상 가스용품은 압력조정기, 배관용 밸브 등을 포함하여 총 11종이 법적으로 가스용품으로 지정되어 있다. 11종의 허가대상 가스용품 중 가장 많이 사용되고 있는 것 중에 하나가 호스이다. 호스는 고압호스와 저압호스로 분류된다. 고압호스는 축도관 및 투원호스 등으로 분류할 수 있고, 저압호스는 가스용 금속플렉시블호스, 고무호스, 수지호스, 염화비닐호스로 분류할 수 있다. 이 중, 가장 많이 사용되고 있는 호스가 염화비닐호스이다. 염화비닐호스는 가격이 저렴하고 시공성이 좋아 LPG 시설뿐만 아니라 도시가스시설에도 사용되고 있어, 연소기와 배관을 연결하는 거의 대부분의 시설에서 사용되고 있다. 또한 LPG용 염화비닐호스는 KS로도 지정이 되어져 있다. 염화비닐호스는 주로 퓨즈콕 후단에서 연소기까지 연결하기 위해 많이 사용되지만 임시 건축물이나 가스용 탄소강관으로 가스배관을 설치하기 어려운 외곽지역에서는

아직까지도 배관대용으로 많이 사용되고 있다.

하지만 염화비닐호스는 PVC소재로 제작되기 때문에 PVC특성상 다른 종류의 호스에 비해 고열에 취약하고 경화속도가 빨라 내구성이 다른 종류의 호스에 비해 취약하여 오랜 기간동안 사용할 경우, 가스사고의 위험이 높다고 할 수 있다. 하지만 이러한 조건에도 불구하고 가스용 저압염화비닐호스에 대한 정확한 열화 특성변화나 경도특성에 대한 연구가 부족하여 사용자는 호스가 노후되어 더 이상 사용하기 불가능할 정도까지 사용하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구는 우리나라의 가스호스를 지역별, 연도별로 수거하여 염화비닐호스에 대한 성능을 시험하여 정확한 열화변화 및 경도변화를 분석하여 염화비닐호스로 인해 발생하는 가스사고를 예방하고자 한다.

### 2. 실험 방법

#### 2.1. 표본수집

가스용 저압염화비닐호스의 경년열화에 대한 환경적인 영향을 파악하기 위하여 2007년 9월중 전국 5개 지역에서 염화비닐호스를 수집하였다. 수

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
wanjin@kgs.or.kr

Table 1. Collected data by years

used period	4 years	5 years	6 years	7 years	8 years	more than 9
No.	20	20	20	20	20	20

Table 2. Collected specimens by regional area

Area	Region	No.
Gyeonggi	Industrial region	24
Jeonnam	Coastal/Industrial region	24
Gyeongbuk	Hot/Raining region	24
Jeju	Coastal region	24
Kangwon	Cold region	24
Total		120

Table 3. Collected specimens by installed location

place	No.(%)
for LPG custody	8(7%)
outside/shade	36(30%)
outside/shiny	76(63%)
Total	120(100%)

집지역의 지역구분은 수도권(준공업지역), 해안지역(공업지역), 장기혹서지역(내륙지역), 해안지역(다우지역), 혹한지역(내륙지역)으로 나누어 실시하였으며 수집제품은 제조연도별로 Table 1과 같이 나누어 제조후 4년부터 매년 20개씩 총 120종의 염화비닐호스 샘플을 수집하였다. 지역별 수집은 Table 2와 같이 각 지역별로 각 24개씩 수집하였다.

수집된 가스용 염화비닐호스의 보관 장소는 Table 3과 같이 용기보관전용 장소에 설치된 호스가 8개로 7%, 실외그늘장소보관이 36개 30%, 실외직사광선노출보관이 76개로 63%를 차지하였다. 호스의 열화속도는 설치장소에 따라 차이가 발생할 수 있는데, 재질의 특성상 직사광선 등의 외부환경에 노출하여 설치할 경우, 열화속도가 빨라져 쉽게 경화되고 성능이 빨리 저하될 수 있다.

## 2.2. 평가방법

전국에서 수집된 염화비닐호스의 성능 및 안전성을 평가하기 위한 방법으로 호스의 기본검사항목인 외관검사, 기밀시험, 저온급힘시험, 경도시험을 수집된 장소별, 제작연도별로 시험을 실시하였다. 시험방법은 KS M 6629 「액화석유가스용 고무호스」 : 2004와 KS M 6540 「고무호스 시험방법」 : 2004, KS M 6518 「가황고무 물리시험방법」 : 2006, 액화석유가스안전관리 통합고시 및 KGS A213-

2003 「가스용 호스 기준」에 따른 시험기준으로 시험을 실시하였다.

시험실의 표준 상태는 KS D 0006 「시험 장소의 표준 상태」 : 2001의 규정에 따라 온도는 25±5℃, 습도는 45~65% R.H.를 유지하였다. 외관검사는 호스외면의 갈라짐, 흠, 변색 및 외면과 내면의 접착정도 등을 검사를 하였으며, 기밀시험은 시료의 한쪽 끝을 자유로 하고, 공기를 0.29MPa의 압력을 가한 후 밀봉하여 호스를 물속에 침지하여 1분간 유지한 후 호스의 외관 및 누출여부를 확인하였다. 저온급힘시험은 -25±3℃의 저온 항온조에 24시간 방치한 후 지체 없이 Fig. 1과 같이 호스를 5회 굽혔을 때 호스의 균열이나 파손 등의 유무 및 기밀성을 확인하였다.

염화비닐호스의 경도시험은 KS M 6629 「액화석유가스용 고무호스」 : 2004 및 액화석유가스 안전관리 통합고시의 염화비닐호스 시험기준에는 경도시험에 대해 지정된 바는 없으나, 염화비닐호스를 우리 나라보다 먼저 사용한 일본은 현재 사용되지 않고 있으며, 염화비닐호스를 사용하는 국가는 우리나라를 비롯하여 아시아의 몇 개 국가만 사용하고 있다. 호스를 사용하는 국가인 중국의 호스기준인 GL-CG-4 「Testing of Flexible Rubber Tubing and Tubing Assembly for Use in LPG & Towngas Low Pressure Installations」의 호스경도 기준은 최고 80°으로 지정하고 있고, 최근 발생한 호스관련 사고 중 일부가 호스와 호스엔드 사이가 이탈되어 가스가 누출된 사고가 많이 발생하고 있으나 이는 호스의 경화상승으로 발생되었을 가능성이 높다. KS M 6518 가황고무 물리시험방법에도 고무성능의 시험방법에도 경도측정이 사용되고 있다. 호스의 경도측정은 KS M 6518 가황고무 물리시험방법 : 2006에 따른 스프링식 경도 A형 시험방법에 따라 호스의 경도를 측정하였으며 측정시 사용된 기기는 국가공인교정기관에 검·교정을 실시한지 6개월이 넘지 않도록 하였다.

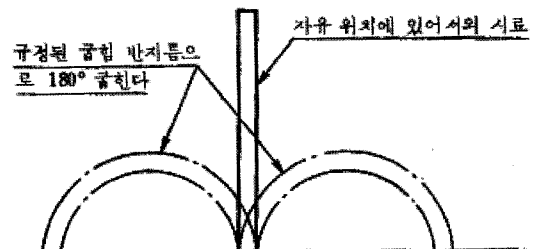


Fig. 1. Bending test of PVC hose<sup>3)</sup>.

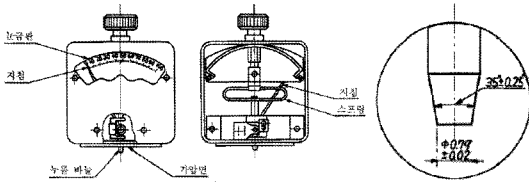


Fig. 2. Hardness tester<sup>4)</sup>.

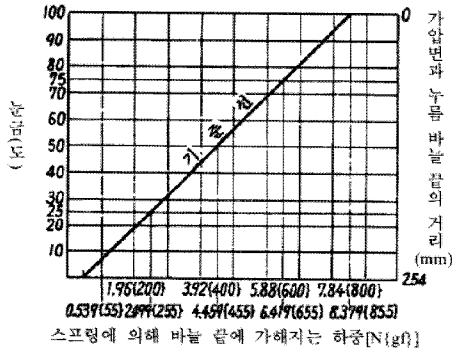


Fig. 3. Hardness-load table<sup>4)</sup>.

시험측정에 사용된 경도기는 시험기를 수직으로 세우고 누름 바늘이 시험편 측정면에 수직이 되도록 가압면을 가볍게 접촉시켜 즉시 눈금을 읽어 시험편의 경도를 구하였다. 시험기의 시험하중은 9.807N의 하중으로 측정하였으며 가한 하중에 대한 눈금표는 Fig. 3과 같다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1. 외관검사

염화비닐호스의 구조는 Fig. 4와 같이 안층, 보강층, 바깥층으로 나누어진다. 외부의 환경적인 요인에 의해 노화가 되는 층은 호스의 바깥층이다. 일반적으로 염화비닐호스의 바깥층의 재료는 안층과 동일한 PVC(Poly Vinyl Chloride)를 많이 사용하고 있다.

염화비닐호스의 외관은 주황색 바탕에 파란색 줄무늬가 일반적인 색상이다. 수집된 120개의 시료의 외관상태를 분석한 결과 신제품과 동일한 시료는



Fig. 4. Structure of PVC hose.

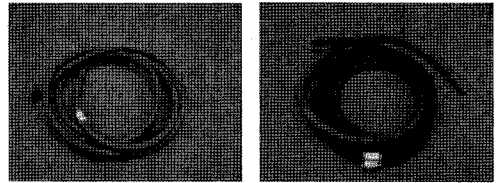


Fig. 5. Collected PVC hose.

8%(10개), 변색된 호스는 92%(110)로 조사되었다. 염화비닐호스는 지역, 설치장소, 설치조건에 상관없이 외부환경에 노출이 되면 쉽게 변색이 시작되는 것으로 조사되었다. 하지만 변색된 호스의 외면에 균열은 발생한 것이 없는 것으로 나타났다.

#### 3.2. 기밀검사 및 저온시험

수집된 염화비닐호스의 기밀시험을 실시한 결과 120개 시료중 누출이 되거나 파손이 발생한 시료는 하나도 나타나지 않았다. 가스호스는 제작중 100% 전수 검사를 실시하기 때문에 유통중인 염화비닐호스의 기밀성능이 불안정한 제품이 없고, 사용중인 호스의 기밀성능이 떨어지게 되면 사용자가 쉽게 가스누출 감지하거나 가스사고로 연결되기 때문에 수집검사를 실시한 시료 중에서는 기밀성능이 떨어지는 시료를 발견하지 못했다. 최근에 발생한 호스사고를 분석해보면 외부의 충격에 의해 호스가 찢어지거나, 호스와 호스엔드가 분리되어 발생하는 사고가 대부분을 차지한다.

저온시험은 -25±3℃의 환경하에서 24시간 방치한 후 지체없이 5회 굽힘 시험을 한 결과, 120개의 수집시료 중에서 1997년에 제작된 9년 이상된 시료에서 2개의 시료가 절단되었다.

하지만 전체 120개의 시험시료중에서 저온시험의 불합격비율이 1.7%로 극히 낮아 저온에 의한 성능감소를 예측하기에는 다소 어려운 측면이 있다.

#### 3.3. 경도시험

염화비닐호스는 제조과정중 PVC레진 등을 가소제로 녹여 형상을 만든다. 이 때 첨가되는 가소

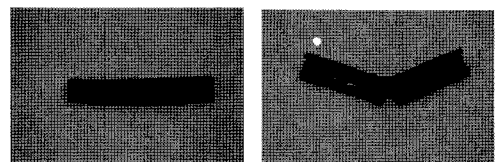


Fig. 6. Bending test of PVC hose.

Table 4. Hardness by years

used period	4 years	5 years	6 years	7 years	8 years	more than 9
Hv	75.9	77.4	76.4	77.4	77.0	78.5

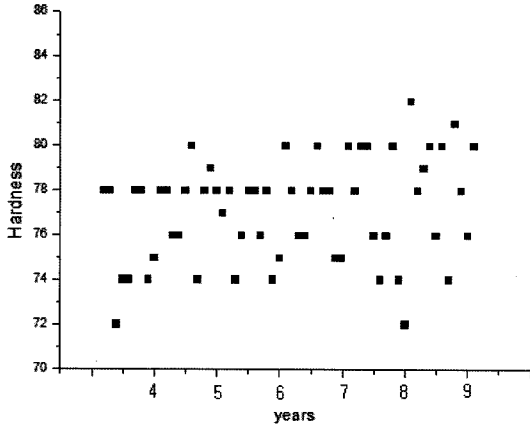


Fig. 7. Hardness by years.

제는 호스의 형상을 만들 때도 중요하지만 호스의 유연성 및 접착성, 강도를 유지하는데도 중요한 기능을 한다. 이 염화비닐호스의 가소제는 장시간 가스와 접촉하면서 서서히 소진되어 호스의 안층을 경화시키게 된다. 따라서 본 연구는 시간대별 가소제 분리에 의한 영향을 조사하기 위하여 호스의 안층을 분리후 안층의 경도를 측정하였다. 측정된 연도별 경도평균은 Table 4와 같고, 경도분포는 Fig. 7과 같다.

측정된 호스의 경도분포를 바탕으로 열화곡선을 작성하였다. 열화곡선작성에 사용된 통계식은 지수 분포(Exponential distribution)를 사용하였으며, 사용된 통계분석 프로그램은 Weibull 6.0 프로그램을 사용하였다. 본 연구에 사용된 지수분포식은 식 (1)과 같다.

$$y = b \exp^{-ax} \quad (1)$$

- y : performance
- b : model parameter
- a : model parameter
- x : time

통계프로그램을 사용하여 도출된 염화비닐호스의 경도열화곡선은 Fig. 8과 같고, 열화식의 값은 Table 5와 같다.

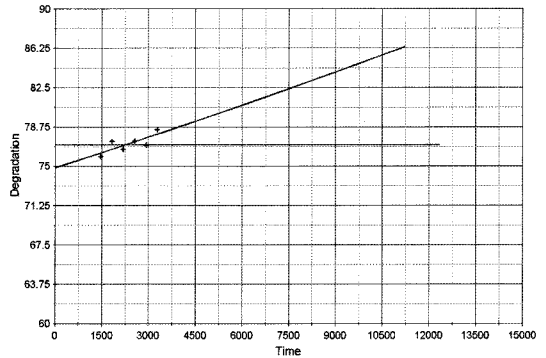


Fig. 8. Degradation vs time curve of PVC hose by hardness.

Table 5. Performance tests of PVC hose

parameters	a	b	S.D.
values	$1.28 \times 10^6$	74.826	0.007

#### 4. 결론

본 연구는 전국의 5개 지역에서 수거된 120개 시료의 저압염화비닐호스를 외관검사, 누출검사, 저온시험, 경도시험의 순으로 호스의 성능을 시험하여 열화성능을 평가하였다.

수집된 염화비닐호스의 성능을 시험한 결과 저압염화비닐호스는 가스가 누출되는 호스는 없었으며 호스의 변색은 외부에 설치되자마자 변색이 진행되는 것으로 조사되었다.

저온시험은 강원도에서 수집된 10년 된 시료에서 -25℃로 저온보관 후 실시된 굽힘시험에서 호스가 꺾여 파손되는 시료가 2개 발생하였다.

경도시험에 대한 분석결과, 사용기간이 길수록 점차 증가되는 경향을 보였고 증가되는 경향을 지수분포식으로 나타내었다. 경도시험은 현재 국내 염화비닐호스의 시험기준항목으로 지정되어져 있지 않으나 최근 사고의 경향이 호스의 이탈에서 발생된다는 관점에서 경도시험과 호스이탈과의 관계에 대한 추가 연구를 통하여 시험기준의 추가가 필요하다.

#### 참고문헌

- 1) 한국가스안전공사, “가스사고사례집”, 한국가스안전공사 출판부, 2005~2008.
- 2) KS M 6629, “액화석유가스용 고무호스”, 기술표준원, 2004.
- 3) KS M 6540, “고무호스 시험방법”, 기술표준원, 2004.

- 4) KS M 6518, “가황고무 물리시험방법”, 기술표준원, 2006.
- 5) GL-CG-4, “Testing of Flexible Rubber Tubing and Tubing Assembly for Use in LPG & Towngas Low Pressure Installations”, pp. 27~42, 2008.
- 6) 액화석유가스안전관리기준 통합고시, 제9-1-102조~제9-1-107조, 2008.
- 7) 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행규칙 별표7, 2008. 7.
- 8) 한국가스안전공사, “KGS A213- 2003, 가스용 호스 기준 부록B 염화비닐호스 검사기준 및 검사방법”, 한국가스안전공사, 2003.
- 9) 한국가스안전공사 제품연구실, “저압 호스용 밴드의 성능특성에 관한 연구”, 한국가스안전공사, 2004.