



LPG 용기용 밸브의 밀봉부품 크랙 및 결함에 관한 실험적 고찰

*김청균 · 이병관 · 김태환

홍익대학교 기계 · 시스템디자인공학과
(2007년 1월 18일 접수, 2007년 3월 21일 채택)

Experimental Investigation on Cracks and Defects of a Valve Sealing Components for a LPG Cylinder

*Chung Kyun Kim · Byung Kwan Lee · Tae Hwan Kim

Department of Mechanical and System Design Engineering
Hongik University, Seoul 121-791, Korea
(Received 18 January 2007, Accepted 21 March 2007)

요 약

본 논문에서는 LPG 용기용 가스밸브의 O-링과 밸브패킹의 밀봉결함과 크랙에 관련된 실험적 연구를 수행하고자 한다. LP 가스의 누출을 방지하기 위해 사용하는 O-링은 LPG 밸브의 밀봉 안전성을 확보하는 핵심부품으로 대단히 중요하다. 밸브패킹은 LPG 연료의 공급과 충진을 하는데, 가스 공급구를 열고 닫는 중요한 역할을 담당한다. 이들 두개의 밀봉부품에 대한 성능은 밸브의 누설 안전성과 장수명에 밀접한 관련이 있다. 연구결과에 의하면, O-링의 대부분은 파티션 부근의 결합불량과 과도한 압축률로 인해 원주방향으로 크랙이 발생하는 것으로 분석되었다. 그 이외의 결함으로 거론된 경우는 LP 가스의 과도한 가스압력으로 인한 압출현상의 발생은 압출크랙을 일으키는 원인으로 작용하고 있다. 따라서 본 논문에서는 가스밸브의 누설 안전성을 확보하고 수명을 연장하기 위해 O-링과 밸브패킹에 대한 엄격한 품질관리와 인증제도의 도입을 권장하고자 한다. 결국에는 LPG 용기용 밸브의 품질과 안전성 확보를 위해 밀봉장치에 대한 품질안전 보증제도를 도입해야 밸브를 오랫동안 사용할 수 있을 것이다.

Abstract – This paper presents an experimental investigation on the sealing defects and cracks of O-rings and a valve packing of a gas valve for a LPG cylinder. O-ring in which stops a gas leakage of a liquefied petroleum gas is very important for a LPG valve safety. Valve packing is to open and close a gas flow port for supplying and charging a LPG fuel. The sealing performance of two sealing units is related to the leak safety and long life of a gas valve. The investigated results show that most of O-rings was failed due to a circumferential crack in which is caused by partial press bonding failure near the partition zone and an excess compression rate. Some of the O-ring failure was originated by an extrusion of an excessive leak pressure of a LP gas. Thus, this paper strongly recommends a tight quality control and a safety guarantee system of O-rings and valve packing to guarantee a leak safety and to extend a service life of a gas valve. At the end, a warranty policy of the sealing units should be adopted for increasing a product quality and safety of a gas valve.

Key words : LPG cylinder, Gas valve, Valve packing, O-rings, Defects and cracks, Leak safety, Compression rate

I. 서 론

액화석유가스(LPG)는 석유성분 중에서 비등점이 낮은 프로판가스나 부탄가스 등을 상온에서 높은 압력으로 액화시킨 비중이 높은 가스연료이다. 초창기에 LPG

는 취사용 연료로 많이 사용되었으나, 최근에는 난방용, 특히 LPG 자동차용 연료로 많이 소비되고 있다[1]. LPG가 도입되면서 대표적인 불완전 연소체로 알려진 고체연료인 연탄과 액체연료인 석유를 밀어내고 취사 및 난방 연료로 각광을 받았으나, 1986년 이후로 LNG의 도입은 LPG 소비량을 크게 둔화시켰고, 지금은 난방 및 취사용 LNG 보조연료로 자리를 잡고 있다.

*주저자:chungkyunkim@empal.com

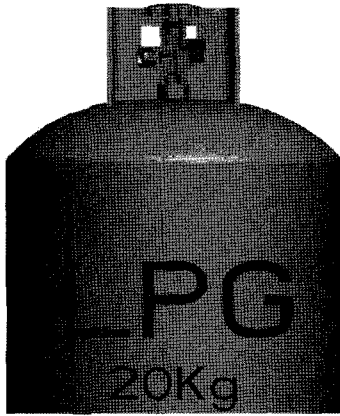


Fig. 1. Cylinder and a valve assembly for a LPG storage pressure, 20 kg/cm².

우리나라에서 공급하는 LPG의 대부분은 수입에 의존하지만, 일부는 국내 정유공장에서 석유를 정제하는 과정에서 생산된 가스와 석유화학 공장에서 나프타를 분해할 때 섞여있는 프로판, 프로필렌, 부탄, 부틸렌 등을 냉각시켜 8~10 kg/cm²으로 액화한 가스연료이다. 따라서 LPG를 안전하게 운반할 수 있는 특수한 저장용기에 저장하고, 사용하기 편리한 개폐밸브를 부착한 LPG 용기를 개발하였다. Fig. 1은 LPG를 안전하게 저장하고 편리하게 사용할 수 있도록 제작된 20 kg/cm²의 LPG 용기로, 고압가스 안전기준에 적합하게 설계되고 관리되어야 한다.

LPG 가스연료는 완전연소가 가능하므로 불완전 연소에 의한 오염물질 발생량이 많은 석유나 석탄에 비해 크게 작고, 사용하기가 간편하지만 충전압력이 높기 때문에 항상 위험성을 내포하고 있다. 안전한 고압용기에 저장된 LPG는 대단히 안전하지만 압력용기/밸브에 대한 안전관리가 소홀하면 가스폭발이나 화재가 종종 발생하기도 한다. LPG에 관련된 사고는 사용자의 과실에 의한 경우가 절대적으로 많고, LPG 용기를 사용하여 가스폭발이나 화재를 고의적으로 일으키는 경우도 있다. 특히 우리나라에서 많이 발생하는 고의적 가스폭발 사고는 가스안전 기술이 아무리 높아도 막을 수 없기 때문에 안전교육과 홍보를 좀더 강화하는 노력을 기울여야 한다.

본 연구에서는 LPG 용기용 밸브에 관련된 가스누출 문제점과 개선책을 실증적으로 고찰하여 향후 LPG 용기용 밸브의 재사용 정책결정에 기초자료를 제공하고 자 한다. LPG 용기용 밸브의 정확한 현황을 파악하기 위해 국내에서 사용된 개폐밸브 150개를 무작위로 수거하여 특히 밀봉에 관련된 핵심부품의 현상을 측정하

고 분석하여 노출된 문제점과 그 대책에 대하여 고찰하였다. 금번의 연구에서는 밸브에서 가장 많은 문제점을 제기하는 O-링과 밀봉을 직접적으로 담당하는 밸브 패키징에 대해 실험적으로 분석하였다.

II. LPG 용기용 밸브

2.1. 구조 및 밀봉기능

Fig. 2는 LPG 용기용 밸브에 장착된 개폐용 밸브로 LPG의 충전, 송출, 저장, 안전변 기능을 갖고 있다[2]. 밸브는 LPG 용기의 상단부에 3/4" PT 나사로 체결된 상태에서 압력용기에 LPG를 안전하게 충전하고, 저장된 LPG를 외부로 송출하는 개폐역할을 담당한다. LPG를 사용하지 않을 경우는 차단용 밸브의 밸브패키징에 의해 출구가 닫혀 기밀성을 유지하지만, 저장된 LPG가 용기의 외부로부터 가해지는 충격이나 가열에 의해 가스압력이 20.8 kg/cm² 이상으로 팽창하게 되면 닫혀 있던 밸브의 안전변이 즉시 작동하면서 가스유출이 막힘 없이 일어나 용기의 안전성은 확보된다. LPG를 정상적으로 송출하기 위해 밸브를 열게 되면, 저장된 LPG는 밸브패키징의 방출구를 지나 송출되면서 송출가스의 일부는 스템부의 측방향을 따라서 외부로 방출하려 한다. 이것은 두개의 O-링에 의해 LP가스의 누출을 차단하게 된다. 또한 LPG를 사용하지 않을 경우는 나일론 소재로 제작된 밸브패키징과 NBR로 제작된 안전변의 고무패키징에 의해 LPG의 외부누출을 차단하고, LPG를 사용할 경우는 NBR로 제작된 O-링과 안전변에 의해 가스누출을 차단하여 LPG 용기의 가스누출 안전성을 확보한다.

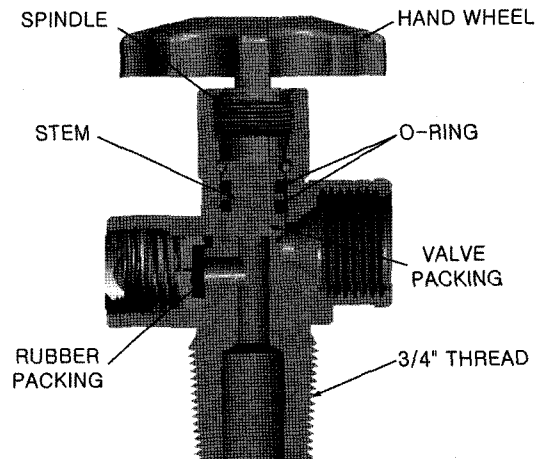


Fig. 2. Valve sealing units for a LPG cylinder.

2.2 밸브의 작동원리

LPG 용기에 저장된 가스를 외부로 방출하기 위해서는 우선 밸브의 상단부에 장착된 핸드휠을 반시계방향으로 돌려서 핸드휠에 연결된 스프링들과 스템에 부착된 밸브패킹이 위로 올라가면서 접촉하고 있던 밸브시트와 떨어지고, 동시에 밸브몸체의 개구부가 열리면서 LP 가스는 가스 방출구를 통해 안전하게 송출된다. 이때 송출가스의 일부는 축방향을 따라서 누출하려 하지만, 이것은 두개의 O-링에 의해 완벽하게 차단되고, 동시에 안전면을 통해 외부로 방출하려는 가스는 안전면의 고무패킹에 의해 밀봉되어 안전한 LPG 송출 및 저장 작동을 한다. 반면에 송출하던 LP 가스를 차단하기 위해서는 핸드휠을 시계방향으로 돌려 열린 밸브패킹을 아래로 내려서 밸브시트와 압착시킴으로써 가스 송출 작업은 중단된다.

밸브는 LP 가스의 송출과 차단이라는 개폐작동을 하는 동안에 O-링은 축방향으로 미끄럼차찰 이송운동을 하기 때문에 마모 및 손상이 발생되고, 밸브패킹의 평면은 밸브시트의 선단부와 압착을 하면서 손상을 받아 기밀성은 점점 떨어진다. 결국 LPG 용기용 밸브의 기밀 안전성과 내구성은 나일론으로 제작된 밸브패킹과 NBR로 제작된 O-링 및 안전면의 고무패킹에 의해 결정된다.

2.3. 시험평가

LPG 용기용 밸브에서 축방향의 밀봉작용을 하는 O-링과 밸브패킹의 표면결함을 측정하기 위해 150개의 가스밸브를 무작위로 수거하여 표면형상 현미경(video microscope)으로 시험을 수행하였다. 사용하고 난 LPG 용기용 밸브로부터 1차오링, 2차오링, 밸브시트를 분해하여 시일표면의 크랙, 마모, 퇴적물 등과 같은 다양한 결함을 분석하여 대표적으로 많이 발생된 손상을 위주로 분류하였고, 이것들의 발생원인을 고찰하였다. Fig. 3에서 보여준 것과 같은 표면형상 현미경을 사용하여 O-링과 밸브패킹의 접촉표면을 100~800배까지 확대하여 근접 촬영법으로 결함과 손상을 분석하였다. O-링의 소재는 LPG를 탄성 밀봉하기 위해 널리 사용하는 NBR 소재를 사용하고, 밸브패킹은 내마모성이 우수한 나일론-66을 사용함으로써 밸브의 누출 안전성을 확보하고 있다.

둥근 형상의 O-링은 신축성이 우수한 고무로 제조되었기 때문에 일반 현미경으로 결함여부를 관찰하기는 어렵다. 따라서 비대칭 표면형상을 촬영할 수 있고 데이터를 처리할 수 있는 Fig. 3의 표면형상 현미경으로 분석하였다. 또한 밸브패킹의 초기형상은 평면을 유지

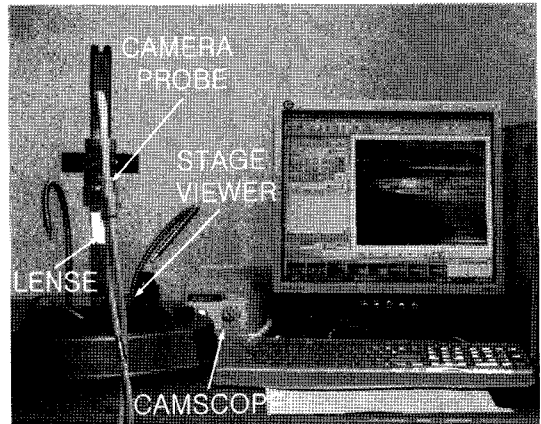


Fig. 3. Wear scar and defect analysis using a camera probe and surface analyser.

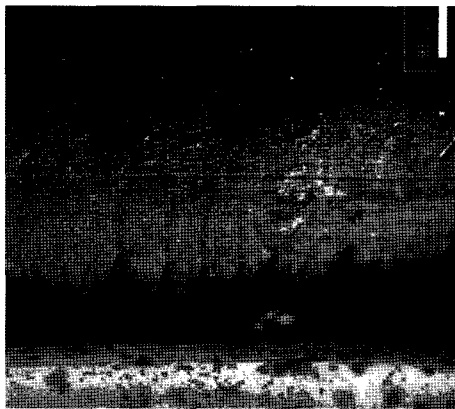
하지만, 사용함에 따라 밸브시트의 선단부와 접촉하는 폭만큼 나일론-66의 표면에는 압입자국이 형성되어 밀봉작용을 한다.

밸브의 O-링이나 밸브패킹과 같은 밀봉부품은 밀봉 간극에서 마찰접촉 운동량이 크지 않기 때문에 마모에 의한 손상보다는 밀봉을 위해 설정된 초기 압축률, O-링과 밸브패킹의 소재특성과 제조기술, 구형 그루브의 최적설계 등에 의해 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

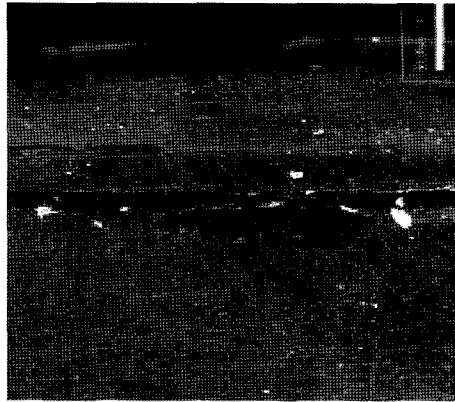
III. 밀봉부품의 손상에 관한 고찰

O-링은 탄성 복원력이 우수한 탄성 중합체로 제조하였고, 형상은 도우넛의 환형을 하고 있다. O-링은 보통 메탈과 메탈의 연결부에 밀착되어 가스누출을 차단하거나 또는 메탈과 메탈의 간극에 설치되어 축방향의 작은 왕복운동을 하는 과정에서 가스의 누출을 막아주는 가스용품의 핵심이다. 따라서 O-링에 발생된 조그만 손상도 가스누출을 일으키는 원인으로 작용하고, 현재는 가스누출이 없다 해도 시간이 지나면서 시효경화, 압력변동 등에 의해 O-링의 밀봉기능은 저하되므로 LPG 충전용기의 안전성은 보장할 수 없다. 결국 O-링은 소재자체의 내구성에 따라 기밀 안전성을 확보하는 성질이 강하므로 설치되어 일정기간 지나면 새것으로 교체하는 품질인증 안전기준이 필요하다.

Fig. 4는 LPG 용기용 밸브에 장착되어 사용되었던 O-링을 수거하여 결함을 분석한 대표적인 사례 3가지를 제시하고 있다. 여기서 O-링의 결함은 (1) 경도가 낮은 O-링 소재에 LPG 용기의 가스압력이 과도하게 작용하기 때문에 구형 그루브(rectangular groove)의 측면 면 부근에서 압출현상에 의해 발생한 O-링의 크랙, (2)



(a) Extrusion crack



(b) Partition crack



(c) Radial crack

Fig. 4. Crack failure mode of O-Rings for a LPG cylinder valve.

O-링에 가해진 압축률이 높게 설계되어 O-링의 상하부 접합면인 파티션을 따라서 압축응력이 집중되면서 발생하는 원주방향의 O-링 크랙, (3) O-링의 접합부 파티션이 안전하게 결합되어 있고, 그루브의 안착설계가 우수하지만 LPG 용기의 가스압력이 약간 높아 압출현상

이 발생되면서 구형 그루브에 접촉하는 측벽면보다 약간 높고 파티션보다는 약간 낮은 지역에 압축응력이 집중되면서 발생하는 O-링 결함 등으로 분류할 수 있다[3].

Fig. 4(a)는 O-링을 장착하기 위해 가공된 구형 그루브의 측벽면과 접촉하는 부근에서 압축응력이 집중하기 때문에 발생한 반경방향의 미세크랙을 볼 수 있다. 여기서 발생한 반경방향의 미세크랙은 시간이 경과함에 따라 O-링의 중심부를 향하여 크랙이 진전되고 있음을 관찰할 수 있다. 이러한 반경방향의 미세크랙은 LPG 용기에서 공급되는 가스압력에 의한 압출현상(extrusion)에 의해 밀봉작용을 하는 압력이 지나치게 과도하여 구형 그루브와 접촉하는 O-링의 경계면에서 흔하게 발생하는 대표적인 O-링 손상의 하나이다.

O-링은 구형 그루브에 장착되어 안전한 밀봉압력을 유지하기 위해 설계조건에 따라 서로 다른 초기의 압축률을 설정할 수 있다. 일반적으로 압축률이 높으면 고무소재가 밀봉간극을 충분히 채워서 초기의 밀봉압력을 높게 유지할 수 있어 O-링의 기밀성은 우수하지만, 원주방향을 따라서 과도한 압축응력이 발생하기 때문에 내구성은 오히려 떨어진다. 이것을 보여준 대표적인 사례는 Fig. 4(b)로, 초기 압축률 증가는 O-링의 최대 취약부인 접합부 파티션에서 원주방향 크랙손상의 형태로 나타난다. 결국 Fig. 4(b)에서 보여준 원주방향의 크랙은 압축률이 높기 때문에 발생한 것으로 비록 초기 밀봉성은 높지만, 사용기간이 경과함에 따라 O-링의 접합부인 파티션에서 압축응력이 과도하게 작용하면서 원주방향의 긴 크랙이 발생하였다 할 수 있다. 이러한 원주방향의 파티션 크랙은 O-링의 제조공정과 밀봉간극의 압축률과 밀접한 관련이 있다. O-링은 둥근 형상을 갖는 상부와 하부의 금형에 고무를 넣고 고온으로 가열한 상태에서 프레스로 가압하여 제조하기 때문에 O-링의 중간에는 결합의 흔적을 나타내는 버가 발생한다. 즉, O-링의 중간부에 존재하는 파티션의 버는 완벽한 원을 형성하지 못하게 하고, 이것이 O-링의 밀봉작용이나 수명을 떨어뜨리는 원인으로 작용한다. 따라서 O-링을 제조하면 버를 제거하기 위해 연마가공을 하지만 완벽하지 못하기 때문에 Fig. 4(b)에서 보여준 것처럼 O-링의 접합부를 따라서 미세한 파티션 크랙이 발생하고, 이것이 O-링의 밀봉성과 내구성을 떨어뜨리는 요소로 작용한다.

Fig. 4(c)는 O-링이 구형 그루브에 안착되어 과정에서 적절한 압축률과 가스압력이 제공되면 정상적인 밀봉작용을 하지만, O-링의 접합부가 비교적 완벽하게 접

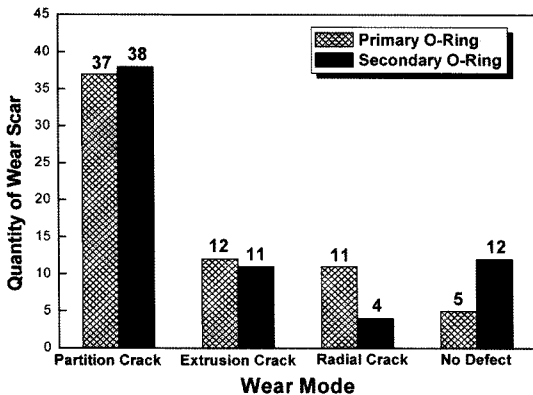


Fig. 5. Average wear scar and defect of O-rings for a LPG cylinder valve.

합되어 안전하고, 과도한 가스압력이 가해지지 않는 경우에 발생할 수 있는 반경방향의 크랙이다. 이러한 반경방향의 미세크랙은 LPG 용기로부터 유입되는 가스압력이 높지 않아 심한 압출현상이 발생되기 이전이고, O-링 소재의 경도가 과도하게 높을 경우에 발생할 수 있는 반경방향의 크랙이다.

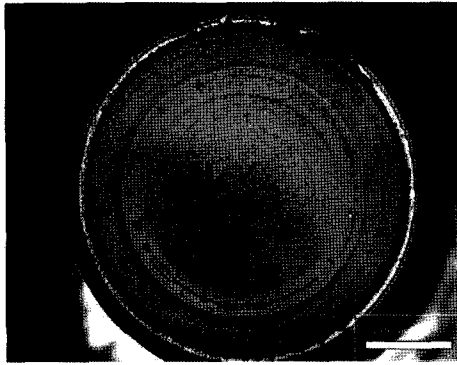
Fig. 5는 LPG 용기용 밸브의 O-링으로 사용된 것을 수거하여 O-링의 손상결함 여부를 관찰한 데이터이다. 밸브에 장착된 O-링은 LP 가스와 직접 접촉하는 1차 오링과 1차오링을 통과한 누출가스를 다시 차단하기 위한 2차오링 두개가 설치되어 LPG 밸브의 열림 작동에 따른 LP 가스의 대기중 누출을 차단한다. 따라서 밸브의 개폐작동에 따라 O-링은 축방향으로 작은 왕복운동을 하면서 1차오링이 2차오링보다 LPG를 먼저 접촉하기 때문에 손상을 받을 가능성이 상대적으로 높다. Fig. 5에서 제시한 손상결과를 보면 전반적으로 1차오링의 손상이 2차오링보다 높다는 것을 제시한다. 특히 O-링의 파티션 부근에서 발생하는 원주방향의 미세크랙이 압출현상에 의한 미세크랙이나 반경방향의 크랙보다 월등히 많다는 것이다. 원주방향의 파티션 크랙에서 1차오링과 2차오링 모두가 거의 동일한 정도의 결함이 발생되었다는 것은 O-링의 파티션 부근에서 접합이 잘 안되었다는 것으로 해석될 수 있다. 여기에 O-링의 초기 밀봉력을 높이기 위해 압축률을 높게 설계하면, 파티션 부근에서 압축응력이 집중되면서 취약부인 파티션을 따라서 원주방향 크랙이 많이 발생하는 원인으로 작용한다. 또한 가스압출(extrusion)에 의해 발생하는 반경방향의 미세크랙은 경도가 낮은 소재를 사용하고 상대적으로 높은 가스압력이 작용되었기 때문에 누출하려는 가스압력은 축방향 간극으로 고무소재를 강력하게 밀어줌으로써 국부적으로 집중된 압축응력에

의해 Fig. 4(a)와 같은 반경방향의 압출크랙이 발생된다. 여기서 제시된 압출에 의한 크랙은 파티션 부근에서 발생한 원주방향의 크랙에 비하여 상대적으로 작게 관찰된 것을 보면 LPG 용기로부터 인입되는 가스압력이 높지 않았다고 볼 수 있다. 실제로 LPG 용기에 공급된 가스압력은 $8\sim 9\text{ kg/cm}^2$ 이지만 O-링에 가해지는 누출압력은 그렇게 높지 않을 것이라는 것을 고려하면 충분히 설명될 수 있다. 마지막으로 제시된 반경방향의 미세크랙은 압축률과 가스압력에 의한 압출현상의 적절한 타협점, 즉 가스압출에 의한 미세크랙과 파티션의 압축률에 의한 미세크랙의 중간적인 크랙으로 누출가스와 직접 접촉하는 1차오링에서 보다 많이 일어나는 것으로 나타났다.

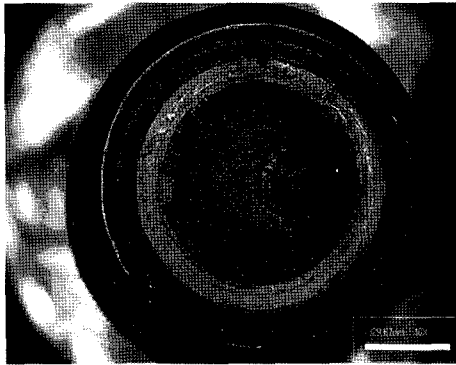
Fig. 5에서 제시한 O-링의 결함 발생으로 인한 문제점을 요약하면, 대부분은 O-링의 제조과정에서 결함부근의 파티션에서 완벽한 결합이 이루어지지 않아 파티션 부근의 원주방향 손상이 많았고, 여기에 추가하여 과도한 압축률은 크랙발생을 촉진한 것으로 사료된다. 따라서 O-링의 제조공정에서 파티션의 결합력을 높이고, 파티션의 버를 모두 제거하는 것은 물론이고 O-링의 압축률을 가스압력에 적합하도록 가능한 작게 설계하는 것이 밀봉력과 내구성 측면에서 중요함을 알 수 있다.

밸브에 장착된 O-링은 밸브사용에 따른 시효경화에 의해 탄성 압축률이 손상을 받아 기밀성이 떨어지기 때문에 O-링 자체의 내구연한을 별도로 결정하는 것이 필요하다. 즉, O-링의 수명에 기초하여 LPG 용기용 밸브의 품질인증 내구수명을 결정하여 판매하는 것이 바람직하다. 이렇게 O-링에 대한 품질보증 내구연한을 가스안전의 최소기준으로 설정하면 밸브의 사용 안전성은 대단히 높아지고, 밸브는 보다 오랫동안 사용할 수 있을 것이다.

밸브를 열어서 LPG를 정상적으로 송출하고자 하는 경우는 핸드휠을 돌려서 압착하고 있던 밸브패킹과 밸브시트 사이의 밀봉접촉을 떨어뜨리고, LPG를 안전하게 저장하고자 하는 경우는 이들을 서로 압착하여 밀봉성을 유지한다. 즉, 나일론으로 제조된 밸브패킹과 황동으로 제작된 밸브시트의 선단부를 서로 압착하거나 또는 떨어지는 왕복운동을 하면서 Fig. 6에서 보여준 것과 같은 등근 형상의 자국이 형성되고, 이런 자국을 중심으로 나일론 소재가 극미량 마모되어 떨어져 나가거나 심하게 손상을 받기도 한다. 또한 나일론 표면에는 이물질과 LP 가스에 의해 퇴적층이 형성되면서 밸브시트와 밸브패킹의 밀봉압착이 완벽하지 못하면 미량의 LPG 누출을 예상할 수 있다.



(a) Defect model 1



(b) Defect model 2



(c) Defect model 3

Fig. 6. Typical wear scar and defect of valve packing, nylon-66.

본 시험에서 사용된 밸브시편은 150개로 표면에서 관찰된 대표적인 결함을 Fig. 6에서 제시하고 있다. 표면형상 현미경으로 관찰한 밸브패킹의 표면손상은 150개에서 10개 정도인 것으로 나타났다. 따라서 나일론으로 제조된 밸브패킹에서 발생한 결함은 거의 없는 것

으로 내구수명이 우수하다. 밸브패킹의 나일론 소재는 강도와 내마모성, 내구성이 우수하므로 초기의 품질검사를 엄격하게 관리하면 밀봉 안전성에는 아무런 문제가 없을 것으로 생각된다.

IV. 결 론

현재 사용되고 있는 LPG 용기용 밸브 150개를 수거하여 밸브의 밀봉성에 직접적으로 영향을 미치는 1차 및 2차오링, 밸브패킹에 대한 접촉표면의 마모, 크랙 등과 같은 결함을 관찰하여 문제점과 현상을 분석하고, 이것들의 발생원인에 대해 고찰하였다.

밸브가 개방되어 LPG 송출이 정상적으로 이루어질 때 밸브의 스프링 축을 타고 누출하려는 LP 가스를 차단하기 위해 사용된 O-링은 주로 접합부의 파티션 부근에서 원주방향으로 미세한 크랙이 가장 많이 발생되었고, 가스압력에 의한 압출현상으로 발생한 O-링의 손상은 상대적으로 작게 발생되었다. 이것은 O-링의 제조 과정에서 완벽한 접합가공과 버의 제거라는 엄격한 품질관리와 최적의 압축률을 찾아서 제작하였다면 대부분 문제점은 해결될 수 있다. 밸브를 닫아서 LPG의 외부방출을 차단하는 경우에 밀봉작용을 하는 밸브패킹은 손상된 것이 거의 없어 별다른 문제점을 제기하지 않았으나, 이것 또한 제조과정에서 철저한 품질관리를 한다면 보다 안전한 밀봉성과 내구성을 보장할 수 있다.

O-링은 장기간 사용에 따른 시효경화에 의해 탄성 압축력이 손상을 받기 때문에 O-링의 내구연한을 별도로 결정할 것을 권장한다. 이것에 기초한 LPG 용기용 밸브의 품질안전 내구수명을 결정하여 그 기간이내에서 사용하는 것이 바람직하다. 이렇게 O-링에 대한 품질안전 내구연한 인증을 최소한의 안전기준으로 설정하면 밸브의 안전성은 대단히 높아지고, 밸브는 오랫동안 안전하게 사용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 강주완, "LPG 산업의 성장동력 - Autogas", 제1회 산학협력 기술세미나, 한국가스학회지, Dec. (1996)
- [2] "한국 산업규격 KS B6214 고압가스 용기용 밸브", 한국표준협회, (2005)
- [3] 김청균, "트라이볼로지", 형설출판사, (2006)