

산소와 유지류 접촉에 의한 사고사례 연구

A Study on Accident Cases of Oxygen and Oil Mixture

한국가스안전공사 박찬일 · 여창훈 · (주)삼성전자 김용수 · 한국가스안전공사 이장우 · 박찬옥

Korea Gas Safety Corporation · C. I. Park · C. H. Yeo · Samsung Electronics co., LTD

Y. S. Kim · Korea Gas Safety Corporation J. W. Lee · C. O. Park

1. 서론

우리는 공기 중에 포함되어 있는 21%의 산소를 흡입하면서 생활하고 있다. 산소가 없으면 모든 생물들이 생명을 유지할 수 없으며, 일반가정에서는 비상구급용으로 산소 캔을 보유하고 있을 정도로 산소의 이용가치는 매우 높다. 또한 용접이나 절단 및 어류의 운송에 이르기까지 다양한 현장에서 이용되고 있다. 이렇게 중요한 산소가 잘못 저장되거나 잘못 사용될 경우에는 다수의 인명피해와 막대한 재산피해를 초래할 수 있으므로 본 연구에서는 산소가 유지류 등에 접촉되면서 발생하는 사고사례를 분석하여 산소사용에 따른 예방대책 등을 제시하고자 한다.

2. 가스사고의 통계 및 분석

2.1 종류별 분석

가스사고를 종류에 따라 분류하면 LP가스(프로판과 부탄), 도시가스(메탄과 프로판+Air) 및 일반가스(질소, 수소 등)로 구분되며, 각각의 종류에 따른 사고건수는 Table 1과 같으며, 산소의 사고는 일반가스로 구분된다.

(Table 1) 최근5년간 가스사고 통계(단위:건)

구분	01년	02년	03년	04년	05년	계
계	127	119	119	110	109	584
엘피지	92	84	92	82	88	438
도시가스	18	27	15	21	16	97
일반가스	17	8	12	7	5	49

2.1.1 산소사고의 유형

산소에 의한 사고유형은 다양하지는 않지만 대부분 충전·이충전, 사용중, 밸브개폐조작, 급속충전, 마찰열, 밀폐공간에 가스유입하였을 때 반유동계 상태, 유분부착, 금속분 존재, 패킹재질의 원인으로 다음과 같은 상태에서 발생하며, 산소와 유지류 접촉에 의한 사고건수는 Table 2와

같다.

- 산소와 LP가스를 이용한 용접 및 절단 작업 시 가스토폰치 역화사고
- 산소를 기밀시험용으로 사용할 때 유지류 접촉에 의한 폭발사고
- 기름이 묻어있는 장갑을 착용하고 산소용기 밸브 취급할 때 발화되는 사고

〈Table 2〉 산소와유지류 접촉 사고통계(단위:건)

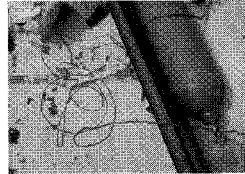
구 분	01년	02년	03년	04년	05년	계
밸브개방	2	1			1	4
시공결함	1					1
역 화	1					1
과 충 전	1					1
산소공급				2		2

3. 사고유형별 사고사례

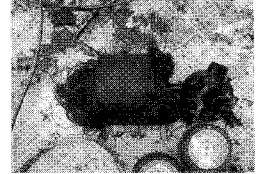
3.1 에어컨 수리 중 발생한 사고사례

2006. 6월 에어컨 바람이 시원하지 않아 에어컨 수리를 하기 위해 산소와 냉매 그리고 압력계 등의 장비가 사용되었고, 폭발사고로 인하여 실내기 및 실외기 그리고 배관 등이 완전히 파손(fig3.)되어 형체를 알아볼 수 없을 정도였으며, 1명이 사망하고 1명이 부상을 입는 등의 피해가 발생하였다. 사고현장조사에서 밝혀진 사항으로는 산소용기밸브에 압력계가 없는 상태에서 동관이 연결(Figure1)되어 있었으며, 동 배관은 실외기로 연결되었던 것으로 확인되었다. 사고결과에서 산소가 주입된 배관의 폭발형상은 fig6과 같이 나타남을 알 수 있었다. 사고원인을 추정한 결과 피해자들이 에어컨 냉매의 누출로 인해 에어컨 바람이 시원하지 않는 것으로 판단하고 산

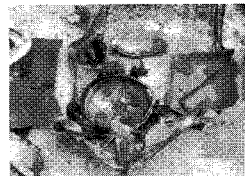
소용기밸브에 연결된 동관을 에어컨 실외기의 냉매가스주입구로 연결하고 산소를 공급하여 에어컨 배관내부에 남아 있던 유지류가 이물질 등의 마찰로 인해 착화되면서 폭발한 사례였다.



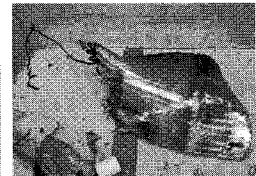
〈Figure 1〉 산소용기



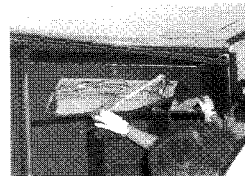
〈Figure 2〉 모터 파열



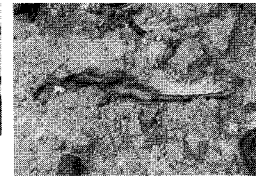
〈Figure 3〉 압축기 파열



〈Figure 4〉 실외기 파열



〈Figure 5〉 실내기 파열



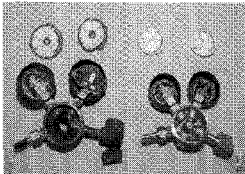
〈Figure 6〉 배관 파열

3.2 가스배관 폭발사고 사례

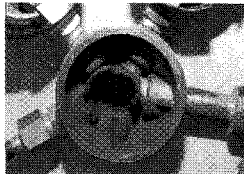
금속을 가공하는 사업장에서 산소와 LP가스를 사용하여 토오치를 사용하려고 가스배관을 시공하였으나 산소공급과 LP가스공급을 동일한 조건으로 배관을 가공하였고 산소압력계도 산소용기 밸브에 직접연결시공하지 않고 토오치로부터 가까운 위치에 설치하여 배관내부에 약 1.2MPa의 높은 압력이 유지되었다.

특히 산소배관의 경우 가능한 곡관부(Figure10)가 발생하지 않도록 시공되어야 함에도 곡관부가 17개소가 있었고 배관을 연결하기 위해 나사를 절삭하고 세정을 하지 않는 등 안전관리를

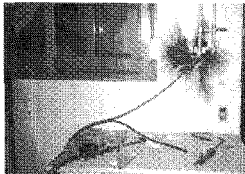
완전히 무시한 상태로 시공하고 산소가스를 공급하여 산소와 배관질석유가 접촉하고 이물질의 유동 또는 단열압축 등의 점화원에 의해 폭발한 사례였다.



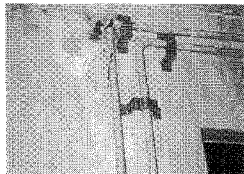
〈Figure 7〉 압력계 파열



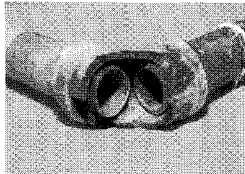
〈Figure 8〉 화염흔적



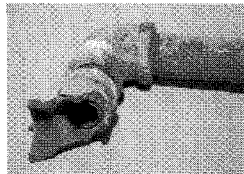
〈Figure 9〉 화염흔적



〈Figure 10〉 엘보우 파열



〈Figure 11〉 화염흔적

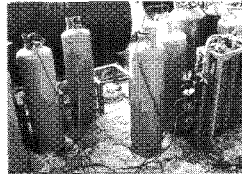


〈Figure 12〉 배관파열

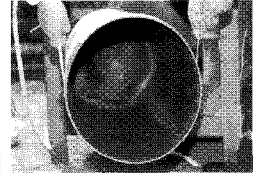
3.3 LP가스용기 폭발사고사례

산소와 LP가스를 이용하여 가스자동절단기로 철판을 절단하는 작업하던 중 LP가스용기가 폭발한 사고로서 현장조사에서 LP가스용기의 하부(fig.14)가 완전히 분리되고 사고용기는 특이사항이 없었다. LP가스호스에서는 심한 탄화흔적이 나타났고 LP가스용기내부에서도 그을음의 탄화흔적이 심하게 나타났으며, 사고당시 LP가스용기는 약18m 비산하던 중에 폭발음을 듣고 밖으로 나온 작업자가 비산된 용기로 머리를 맞아 사망한 사고로서 토오치에 의한 역화에 의한 사

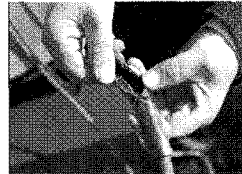
고로 규명되었다.



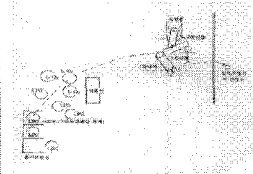
〈Figure 13〉 용기 설치



〈Figure 14〉 용기파열



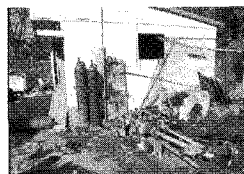
〈Figure 15〉 호스파열



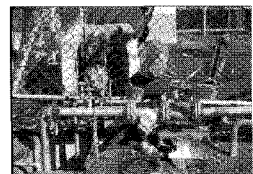
〈Figure 16〉 현장상황도

3.4 LP가스충전장 폭발사고사례

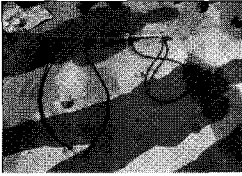
LP가스충전소에서 LP가스용기에 충전된 LP가스를 저장탱크에 불법으로 이입하던 중 발생한 사고로서, LP가스용기에 충전된 가스를 저장탱크로 이입(fig.18)하기 위해서는 상용의 온도에서 LP가스의 증기압(15℃에서 약0.75MPa)보다 높아야 충전이 가능하게 되므로 질소가스로 가압을 하여야 함에도 산소가스를 이용하여 가압을 시도하던 중 LP가스50kg용기가 폭발(fig.20)과 동시에 비산하여 2층 가정집 내부(fig.22)로 들어가 사람을 사망시키고 화재가 발생한 사례이다. 사고원인은 산소는 가연성가스와 접촉을 금하고 있으며, 배관 및 용기내부로 유입된 산소가 LP가스와 접촉하고 이물질 등의 마찰에 착화되면서 폭발한 것으로 추정되었다.



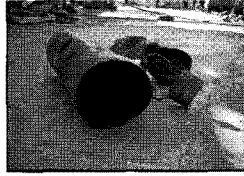
〈Figure 17〉 사고현장



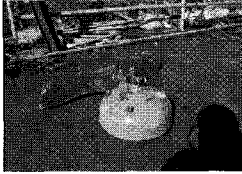
〈Figure 18〉 가스주입구



〈Figure 19〉 가스집합대



〈Figure 20〉 용기파열



〈Figure 21〉 용기파열



〈Figure 22〉 건물 화재

4. 단열압축시의 온도상승

일반적으로 150 기압 충전시 온도가 140 °C까지 상승할 수 있다고 알려져 있으나, 충전과정을 단열압축으로 볼 경우 다음의 식에 의해서 최고 온도를 계산 할 수 있다.

$$\frac{T_f}{T_i} = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Tf = final temperature(abs)

Ti = intial temperature(abs)

Pf = final pressure(abs)

Pi = initial pressure(abs)

n = ratio of specific heats(1.40 for oxygen)

위의 식으로 상온(27°C)의 용기에 순간적으로 150 기압까지 기압 할 경우 온도는 982°C까지 상승 할 수 있다. 이것은 다른 점화 원 없이도 잔존유지와 산소가 점화될 수 있음을 의미한다.

5. 문제점

5.1 산소가스의 위험성에 대한 인식결여

- 공기중 21%와 99.9%의 산소농도 차이점 이해부족
- 토오치의 노후제품 적기교체 미흡
- 작업자의 안전수칙 미이행
- 산소의 물리화학적 이해부족

5.2 안전장치류의 설치 미사용

- 역화방기지 미설치 사용
- 압력계 미설치 사용

5.3 가스공급 전 배관 내부 미확인

- 배관내부 스케일 제거
- 배관 내부 유지성분 세척

6. 대책

6.1 산소가스에 대한 숙지 필요

- 시공자 및 공급자에 대한 교육철저
- 사용자에게 대한 안전사용계도 철저
- 노후된 토오치 교체 사용
- 기밀시험용가스에 산소사용금지 표식

6.2 안전장치 설치 의무화

- 산소와 LP가스 사용시 역화방지장치 설치 제도화
- 고압가스 사용시 압력계 사용토록 제도

6.3 배관 내부 확인 철저

- 산소가스 공급시 배관내부 청소 철저

- 유지류 잔존여부 확인 철저

7. 결 론

산소가스는 일상생활뿐만 아니라 산업현장 그리고 의학에 이르기까지 다양하게 사용되고 있으나, 사용방법의 미숙, 시설의 불량 및 가스성질에 대한 미숙지등으로 사고가 발생하고 있고 그 피해는 매우 크다. 따라서 산소가스를 사용하기 위해서는 무엇보다도 시공에 있어서는 유지류 및 배관내부 이물질 제거를 확실하게 하여야 할 것이며, 사용자는 산소가스취급시 유지류 접촉시 발화 가능성에 대한 충분한 교육을 통하여 숙지시켜야하며, 산소가스와 LP가스를 토오치에 사용할 경우 역화방지기 설치가 필요하다는 것을 사고사례를 통해 알 수 있었다.

참고문헌

1. 가스제품·시설의 안전성검토 보고서 한국가스안전공사 1998.
2. 가스사고연감 한국가스안전공사 2002~2006.
3. 가스폭발예방기술 도서출판 세화 1991.
4. 사고조사실무서II 한국가스안전공사 2000.