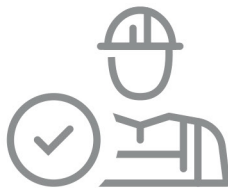


화학사고 사례연구 『출하 중 과산화수소 누출사고』



목차 contents

용어설명	2
01. 사고개요	4
02. 사업장 현황	5
03. 사고분석	9
04. 사고발생 원인	14
05. 동종사고 예방대책	15
06. 사고로부터 얻은 교훈	16
07. 유사 사고사례	18
08. 참고자료	19



용어설명

과산화수소(Hydrogen Peroxide, H_2O_2)

수소와 산소의 화합물로, 옅은 푸른색을 띠고 희석한 용액은 투명하며 물보다 점성이 약간 큰 액체이다. 산소-산소 단일 결합을 갖는 가장 간단한 형태의 과산화물(peroxide)로서, 분석 시약의 산화제, 건사나 양모 등의 표백제, 플라스틱 공업에서 비닐 중합의 촉매로도 사용된다.

탱크 컨테이너(Tank Container)

ISO(국제표준화기구), IMO(국제해사기구) 등 국제적으로 약속된 규격에 따라 액상의 식품이나 화학 제품, 고압가스 등의 위험물을 제조, 충전·운반, 저장·사용하기 위해서 제작된 컨테이너로서, 내부탱크와 외피, 운용설비, 프레임 등으로 구성되어 있다.

산화(Oxidation) 반응

일반적으로 산소와 화합하는 반응을 산화라고 하였으나, 현재는 그러한 것을 포함하여 널리 화학종이 전자를 상실하여 구성하는 원자의 산화수가 높아지는 것뿐만 아니라 유기 화합물이 수소를 잃는 반응도 산화라고 한다. 대부분의 물질은 산화하면서 많은 열을 방출한다. 열과 빛이 특히 강하게 방출되는 산화를 연소라 한다.

환원(Reduction) 반응

산화반응과 반대되는 개념(산화와는 반대로 전자를 얻는 변화)으로, 산화물에서 산소를 탈취하거나 물질이 수소와 결합해서 새로운 화합물이 되는 반응이다. 금속의 산화물에서 산소를 탈취하여 금속이 되는 것이 여기에 해당된다. 수소 첨가와 같이 고압에서 수소를 사용하거나, 촉매 등을 사용하는 등 환원된 물질이 반응성이 있는 경우에는 위험성이 높다.



계기용 압축공기(I.A : Instrument Air)

주로 플랜트에서 공기식 계기 및 조절弁 등의 작동용 및 제어 신호의 전달매체로 사용되며, 공기를 압축기에서 압축한 후 Dryer를 통과하여 얻어지는 건조공기이다. 공급 중단이 없는 지속 가능한 상태로 유지되어야 하며, 부식성 가스, 가연성 가스, 오일, 먼지 등의 불순물이 포함되지 않은 깨끗한 상태의 공기이어야 한다.

보일의 법칙(Boyle's Law)

1660년 영국의 화학자 보일(Boyle, Robert)에 의해 실험적으로 발견된 법칙으로, 온도가 일정하게 유지될 때, 밀폐된 기체에 가해진 외부의 압력과 기체의 부피는 반비례한다는 내용이다. $P_1V_1=P_2V_2$ (즉, PV = 일정한 값)의 관계가 성립한다.



04

01. 사고개요

2019년 12월 울산광역시 소재 ○○○사업장 과산화수소 제조공정의 출하장에서 탱크 컨테이너(Tank Container, 이하 “탱크로리”)에 과산화수소 충전 후 주입 호스를 제거하는 도중 누출이 발생하여 사내 협력업체 근로자 1명이 부상(2도 화상)을 입은 사고이다.



[사진 1] 누출 발생 탱크로리

1 인명피해

- 부상 : 사내 협력업체 근로자 1명(2도 화상, 복부/허벅지)

2 물적피해

- 피해 없음

02. 사업장 현황

○○○사업장 과산화수소 제조공장은 프로판 탈 수소법을 통해 아크릴로니트릴의 주원료로 주로 사용되는 프로필렌, 프로판에서 탈착된 수소를 산소와 결합시킨 과산화수소 등을 생산한다.

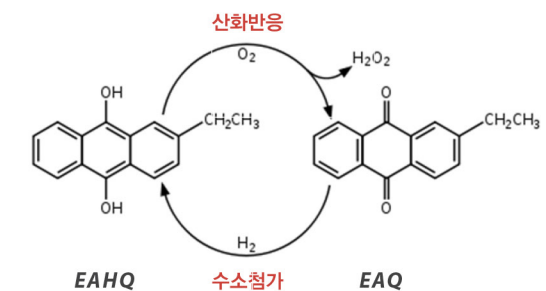
1 과산화수소 제조과정

- 과산화수소를 제조하는 공정은 수소와 산소 사이의 제어반응을 위해 운반체 역할을 하는 2-ethyl anthrahydroquinone(이하 “EAQ”)에 수소를 첨가하여 Hydrogenated Anthraquinone(수첨퀴논, 이하 “EAHQ”)을 생산한 후, 산화반응 및 추출공정을 통해 EAQ와 과산화수소로 분리되면서 과산화수소가 제조되는 공정이다.

수소첨가공정 탄화수소용매에 용해된 EAQ에 수소를 첨가하여 EAHQ를 생성

산화반응공정 EAHQ를 산화탑으로 이송 후 압축공기(Air)를 접촉시켜 공기 중의 산소와 EAHQ의 수소가 발열반응하여 과산화수소를 생성

추출공정 추출탑에서 과산화수소가 결합된 EAQ를 순수와 향류로 접촉하여 과산화수소를 함유한 물을 추출



05



2 사고 발생 물질

물질명 (관용명 및 이명)	CAS No.	함량 [wt%]	인화점 및 발화점	노출 기준	독성치	증기압 (20 ℃)	밀도 (20 ℃)
과산화수소 (수소이산화물)	7722-84-1	58	해당 없음	TWA- 1 ppm	경구 : LD50 1,518 mg/kg, 쥐 경피 : LD50 > 2,000 mg/kg, 토끼 흡입 : 증기 20 mg/ℓ (4h), 쥐	10 hPa	1.231

경고표지
그림문자



산화성물질 경고



부식성물질 경고



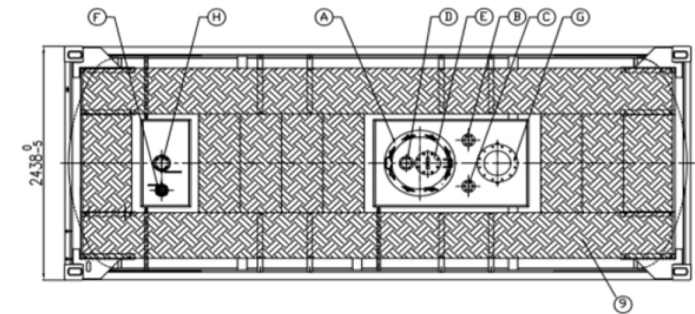
피부·눈·호흡기계
자극성 경고



발암성 물질

3 사고 발생 설비

명칭	내용물	최대허용압력	용량	재질
탱크로리	과산화수소	0.4 MPa	21 m ³ (6,058 mm × 2,438 mm × 2,591 mm)	SUS316L



MANWAY ASSEMBLY	2.5" BSP RELIEF VALVE ASSEMBLY	2.5" BSP RELIEF VALVE PROVISION	2" BREATHER ASSEMBLY FITTED ON THE MANLID
TOP FILLING PROVISION FITTED ON THE MANLID	1.5" BSP AIRLINE CONNECTION	10" RUPTURE DISC ASSEMBLY	DN50 TOP DISCHARGE ASSEMBLY

Ⓐ 정비 · 보수용 맨홀(20 inch)	Ⓔ 맨홀에 설치된 주입구
Ⓑ Relief Valve Assembly(2.5 inch) - 설정 : 4.4 bar(Valve), 4.84 bar(Disc)	Ⓕ 통기 노즐(1.5 inch) - 볼밸브 설치(덮개, 체인 부착)
Ⓒ Relief Valve Provision(2.5 inch)	Ⓖ 파열판(10 inch)- 설정 : 6 bar(at 20 ℃)
Ⓓ 통기 밸브(Breather Valve, 2 inch)	Ⓖ 총진 노즐(2 inch, DN50 사이판관)- 볼밸브 설치

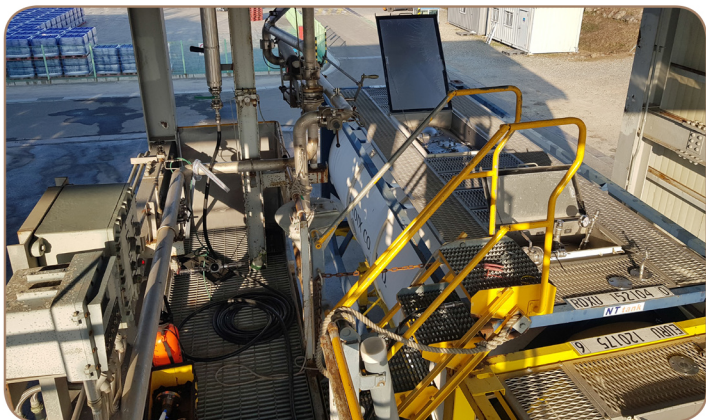
[그림 2] 탱크로리 상부 평면도 및 주요 구조부 설명(Typical*)

* 사고가 발생된 탱크로리의 제작사에서 제공하는 일반 사양으로, 제조사별로 형식이 다양하여 위의 사양과 다를 수 있으며, 사고 발생 탱크로리에는 위의 일부 장치가 누락되어 있음.



4 공정

- 사고가 발생한 공정은 증류공정*을 거쳐 생산된 과산화수소를 출하 설비 내 과산화수소 이송펌프를 통해 과산화수소 저장탱크에서 탱크로리로 충전하는 공정이다.
* 증류공정 : 추출공정에서 추출된 과산화수소에 함유된 물을 제거하는 공정이며, 70 % 까지 농축할 수 있고, 필요에 따라 농축된 과산화수소를 공정수로 희석하여 출하함.
- 과산화수소 출하작업절차서 상에는 [사전 준비 → 기밀시험(충진 전) → 배관 세척(Line Flushing) → 충전작업 → 표본 추출(Sampling) → 기밀시험(충진 후) → 외관검사 → 작업 종료] 의 순서로 작업을 수행하도록 규정하고 있으며,
- 해당 사고는 과산화수소 저장탱크에서 탱크로리로 충진을 완료하고 탱크로리의 노즐과 과산화수소 주입 호스를 분리하는 과정에서 발생한 사고이다.
- 사고 당일 과산화수소 21,250 kg를 약 40분에 걸쳐 충전 실시
- 과산화수소는 제품 농도별로 구분하여 저장탱크에서 보관되고 있으며, 58 wt% 과산화수소는 이송펌프를 이용하여 주 2회 출하작업을 실시한다.



[사진 2] 과산화수소 출하설비

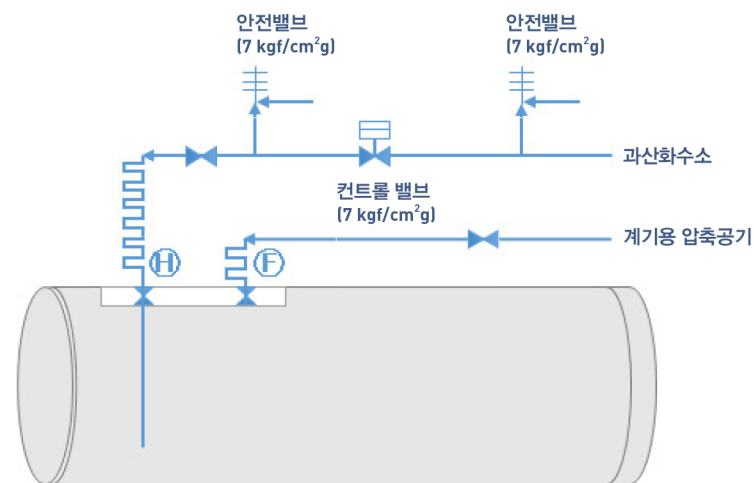
03. 사고분석

1 사고 발생 과정

작업 상황(재해발생 당일 기준)

일 시	작업 현황
12월 ○○일 08:38	과산화수소 출하를 위해 출하장에 탱크로리 정차 및 준비작업 실시 - 원청(1명) 및 협력업체(1명, 재해자) 소속 근로자가 함께 작업 수행
08:51	탱크로리 기밀시험*(충진 전) 실시 - 계기용 압축공기 호스를 탱크로리 상부 통기 노즐(Vent Line)에 체결하여 실시 * 통상 기밀시험은 2회(과산화수소 충전 전 · 후 각 1회) 실시
09:00	공용 출하배관(충진 호스 포함)의 세척작업(Flushing) 실시 - 저장탱크의 이송펌프를 가동하여 일정량(1 Ton)의 과산화수소를 출하배관 말단까지 이송(폐 과산화수소는 이동용 용기에 회수)하여 세척 - 이송펌프는 기동상태에서 후단 컨트롤 밸브만 닫은 상태로 대기
09:20	재해자가 과산화수소 호스를 탱크로리 상부 충전 노즐에 체결 후 충전 시작
09:30	원청 근로자가 과산화수소 충전 중인 상태에서 충전 후 기밀시험 준비를 위해 계기용 압축공기 호스를 탱크로리 통기 노즐(Vent Line)에 재연결(계기용 압축공기는 밸브가 닫힌 상태로 미공급 상태) - 과산화수소 충전량(추정) : 5,450 kg
09:59	과산화수소 충전 완료 후, 컨트롤 밸브가 닫힘(펌프는 무부하기동상태) - 과산화수소 약 21,250 kg 충전됨.
10:08	재해자가 충전 호스를 탱크로리 상부 충전 노즐에서 분리하는 순간 내부의 과산화수소가 재해자의 복부 및 허벅지 쪽으로 분출되면서 화상을 입음. - 과산화수소 잔량 약 12,650 kg으로, 약 9.4 Ton 정도 분출됨.

충진작업 개략도



- Ⓜ : 과산화수소 충전 노즐(누출 발생부)
 Ⓧ : 통기 노즐(계기용 압축공기 호스 체결부)
 - 충전작업 시 : 과압 방지를 위한 압력방출용 노즐
 - 충전작업 전/후 : 기밀시험을 위한 호스 체결부

[그림 3] 충전작업 절차 개략도

2 사고 원인 분석

작업절차서에 따른 안전작업절차 미준수

- 과산화수소 출하작업 절차서에 규정되어 있는 안전작업절차를 준수하지 않고 작업을 수행함.
- 절차서 상에서는 충전 완료 후 컨트롤 밸브에 의거 유량이 감소되면서 과산화수소 공급이 차단되면 탱크로리 상부 충전 노즐의 차단 밸브(Block Valve)를 닫은 상태에서 충전 노즐로부터 주입 호스를 분리하도록 규정되어 있으나,
- 충전 노즐에 설치된 차단 밸브(Block Valve)를 닫지 않은 상태에서 분리함에 따라 내부에 형성되어 있는 과압에 의한 과산화수소의 분출이 발생함.

작업절차서 내용(공정안전 기술검토) 및 관리 부적절

- 탱크로리 제작사에서 제공한 도면 상에는 상부 중앙 노즐함에 내부 과압 해소를 위하여 릴리프 밸브(Relief Valve), 파열판(Rupture Disk), 통기 밸브(Breather Valve) 등이 설치되어 있음.
- 입고되는 탱크로리의 제조사, 형식 등이 다양하여 다른 경우가 많아 탱크로리에 설치된 일부 장치가 누락된 경우가 많음.
- ※ 사고가 발생한 탱크로리에는 통기 밸브(Breather Valve), 릴리프 밸브(Relief Valve)가 누락됨.
- 충전작업, 기밀시험 등의 작업 시작 전 입고된 탱크로리에 대한 과압 해소장치 등의 설치상태, 성능 이상 유무 등을 사전에 확인하는 절차가 필요하나,
- 사전 확인에 대한 내용이 절차서 상에는 누락되어 있어 이를 확인하지 않고 작업을 수행하여 내부에 과압이 형성될 위험이 높은 상태에서 작업을 수행함.
- ※ 실제 절차서 상에는 탱크로리에 과산화수소 충진을 완료한 후 고객의 요구사항인 기밀상태 유지(기밀시험)를 위하여 탱크로리 통기 노즐에 계기용 압축공기 호스를 체결하는 절차만 규정되어 있음.



- 출하작업 절차서 상에는 충전작업 시 내부 압력을 낮추기 위하여 에어(Air) 호스를 통기 노즐에 체결한 상태에서 과산화수소 충전 노즐을 통해 주입하도록 규정하고 있으나,
 - 이에 따라 작업할 경우 충전 중 통기가 이루어지지 않아 내부에 과압이 형성되는 요인으로 작용할 수 있으므로 적절하지 않음.
 - 그리고, 실제 충전작업 수행 시에는 에어(Air) 호스 연결 없이 과산화수소 충전 호스만 충전 노즐에 체결하여 작업하고 있는데,
 - 이러한 작업절차서와 상이한 작업절차를 변경관리를 통해 작업절차서에 반영(개정)하고, 관계자에 대한 교육을 실시하는 등의 관리가 이루어지지 않음.

안전보호구 미착용

- 작업 시 안전보호구*를 반드시 착용하도록 작업절차서 상에 규정하고, 개인 보호구 착용 방법 및 비상상황 발생 시 대처방법 등에 대하여 자체적으로 교육하고 있으나,
 - * 내산의, 안전모, 내산장화, 보안경, 내산장갑, 방독마스크 등
 - 작업 당일 재해자는 보호구를 착용하지 않은 상태에서 작업을 수행함에 따라 누출된 과산화수소와의 직접적인 신체 접촉이 이루어졌으며,
 - 신체(작업복) 접촉 시 대처방법 및 응급조치 요령에 따른 처리가 지연되어 화상으로 이어짐.

위험성평가 현재안전조치 등에 대한 관리·감독 미흡

- 출하작업 위험성평가서(JSA) 및 작업절차서에 언급된 아래의 현재 안전조치 등이 이행되지 않았고, 이에 대한 관리·감독이 이루어지지 않는 등 현장 작동성이 미흡함.
 - 충전작업 시 탱크로리 내부 압력상승에 관한 위험요인에 대하여 통기 노즐 열림 상태 확인 미 실시
 - 충전 완료 후 충전 노즐의 차단 밸브(Block Valve) 닫힘 상태 확인 미 실시
 - 출하 중 물질의 누출 위험요인에 대한 규정된 안전보호구 미착용

결론

- 앞선 사고조사 내용을 바탕으로 이번 사고는 과산화수소 출하를 위해 탱크로리로 충전하는 과정 중 발생할 수 있는 과압요인에 대한 해소방안 등 안전작업절차, 작업자의 이행여부, 관리감독 등이 미흡하여 발생한 것으로 추정됨.



04. 사고발생 원인

1 절차서 내용 검토 및 관리 미흡

- 입고되는 탱크로리의 주요 방호장치 사양 확인 및 조치에 대한 절차서 검토가 이루어지지 않음.
- 충전작업 시 에어 호스를 연결하여 압력을 해소하도록 작성되어 있으나, 계기용 압축 공기 호스를 연결하여 압력이 해소되지 않는 구조로 관리되고 있는 등 실제 작업방법이 절차서 상에 반영되지 않음.

2 안전작업절차서에 따른 안전작업절차 미준수

- 충전 완료 후 차단 밸브(Block Valve)를 닫지 않고 주입 호스를 분리하여 과압이 형성된 탱크로리에서 과산화수소가 분출되면서 외부로 누출됨.
- 작업 시 물질의 신체 접촉 등을 예방하기 위한 안전보호구를 착용하지 않은 상태에서 작업을 수행함.

3 안전작업절차서에 따른 안전작업절차 미준수

- 충전작업 시 탱크로리 내부 압력상승에 관한 위험요인에 대하여 통기 노즐 열림 상태 및 완료 후 충전 노즐의 차단 밸브(Block Valve) 닫힘 상태 확인 등에 대한 관리·감독이 이루어지지 않음.

05. 동종사고 예방대책

1 안전작업절차서 재검토 및 내용 보완

- 탱크로리에 설치된 과압 방지를 위한 릴리프 밸브, 파열판, 통기 밸브 등 방호장치의 사양 등에 대한 사전 확인 및 후속조치 강구 등 재검토 실시
 - 고객의 요구사항인 기밀상태 유지(기밀시험)가 필요할 경우, 관련 기능 해제 시 안전성이 확보된 상태에서 작업이 이루어질 수 있도록 조치
- 충전작업 중 탱크로리 내부압력이 형성되지 않는 상태에서 작업을 수행하고, 충전 완료 후 탱크로리 상부 충전 노즐의 차단 밸브(Block Valve)를 닫은 상태에서 충전 노즐로부터 주입 호스를 분리하는 등 안전작업절차서 내용에 대한 변경관리 실시

2 안전작업절차 준수를 위한 근로자 교육 실시

- 출하작업 수행 작업자를 대상으로 동종 재해 예방을 위한 사고사례 안내 및 안전작업 절차서 주요 사항 등에 대한 교육 실시

3 안전조치 준수 여부 등에 대한 관리·감독 철저

- 탱크로리 충전작업 등 관리대상 유해물질을 취급하는 작업에 대한 작업방법 결정, 작업 지휘, 보호구 착용 상황 감시 등 관리감독자의 유해·위험 방지 업무 수행 철저



06. 사고로부터 얻은 교훈

과산화수소 출하작업 중 누출사고로부터 얻은 교훈은 다음과 같다.

1 평소 차단 밸브는 잠그라고 있는 것!

- 이번 사고는 탱크로리 충전 후 충전 노즐에 설치된 차단 밸브(Block Valve)를 닫지 않고 과산화수소 충전 노즐(플렉시블 호스)을 분리함으로써 가압 상태의 과산화수소가 누출되었다.
 - 작업 완료 시 주입작업을 위하여 개방한 차단 밸브는 닫은 상태로 관리하여 누출을 예방하여야 함.

2 방호장치의 기능 해지는 엄격히 금지!

- 제작사에서 제공한 탱크로리 도면에 제시된 방호장치로는 릴리프 밸브(Relief Valve), 파열판(Rupture Disk), 통기 밸브(Breather Valve) 등이 있음.
- 출하방식은 가급적 방호장치 여부에 관계없이 상압식 출하방식을 권고함.
 - 부득이 고객의 요구 등에 따른 가압식 출하방식(기밀시험)을 채택할 경우, 위험성평가 등을 실시하여 안전성이 확보된 상태에서 작업을 수행하여야 함.
- 또한, 충전작업 전 탱크로리의 안전장치 및 방호장치의 기능 해제 시에는 관련 내용을 안전작업절차서에 반영하여야 한다.
 - 출하방법 등이 상이할 경우에는 구분하여 관리할 수 있도록 보완하여야 한다.

▶ 참고 사항

- 탱크로리 내부 압력 계산(보일의 법칙)
 - 탱크로리 내에는 과산화수소와 공기가 존재하고 있으며, 과산화수소에 녹는 공기의 양이 미미하므로 무시하면, 증가하는 과산화수소(액체)에 의해 공기가 차지하고 있는 부피가 줄어드는 것으로, 보일의 법칙을 통해 탱크로리 내 압축된 공기의 압력을 계산할 수 있음.
 - 과산화수소 충전에 따른 탱크로리 내부 압력이 상승된 상태에서 충전 노즐과 호스를 분리하여 탱크로리에 연결 설치된 사이펀관(Dip Pipe)을 통해 충전되어 있던 과산화수소 약 9.4 Ton이 분출됨.



07. 유사 사고사례

1 탱크컨테이너 적재 불화수소 하역작업 중 누출사고

발생일시	2012년 9월
사고장소	경상북도 소재 불산 제조공장
피해내용	근로자 5명 사망 및 인근 주민 다수
사고내용	탱크컨테이너에 적재되어 있던 불화수소를 희석하여 불산(50 %)을 제조하기 위한 희석 설비의 이송작업을 준비하던 중 이송밸브의 불화수소가 누출되면서 주변으로 확산됨.

2 탱크로리 적재 염소 하역작업 중 누출사고

발생일시	2018년 5월
사고장소	울산광역시 소재 염소가스 제조공장
피해내용	근로자 3명 및 인근 근로자 25명 호흡기 질환
사고내용	염소하역장에서 염소가스 하역작업 중 질소퍼지를 위해 설치된 플렉시블 호스 일부가 파손되어 염소가스가 누출되면서 주변으로 확산됨.

08. 참고자료

1. 산업안전보건법, 고용노동부; 2020
2. 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단; 2006
3. 중대산업사고 조사의견서, 한국산업안전보건공단; 2010~2020
4. KOSHA Guide G-78-2012 유해 · 위험물 탱크로리의 검사 및 입·출하 등에 관한 기술지침

작성

권영재 (안전보건공단 경북지역본부 화학사고예방센터(구미))

이수희 (안전보건공단 경북지역본부 화학사고예방센터(구미))

김재범 (안전보건공단 경북지역본부 화학사고예방센터(구미))

검토

중대산업사고예방실 양상철 실장

중대산업사고예방실 기술기준부 이준연 부장

중대산업사고예방실 공정안전부 임지표 부장

중앙사고조사단 강성광 부장

중앙사고조사단 박웅기 과장

산업안전보건교육원 권현길 교수

산업안전보건교육원 강민수 교수

화학사고 사례연구

『출하 중 과산화수소 누출사고』

- 발행일** • 2020년 6월
- 발행인** • 안전보건공단 이사장 박두용
- 발행처** • 안전보건공단 중대산업사고예방실
울산광역시 중구 종가로 400
Tel 052.703.0500
- 편집디자인** • 필드가이드
Tel 02.6375.2665

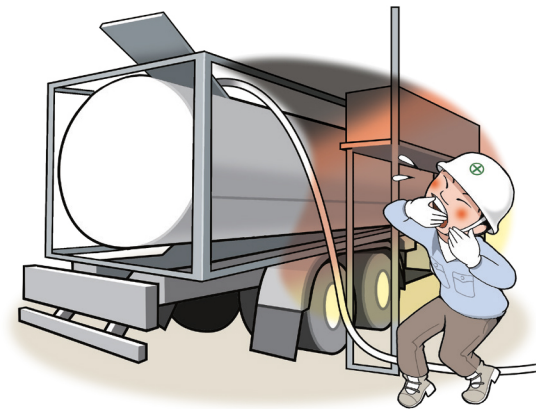
이 교재는 안전보건공단의 동의 없이 무단으로 수정, 편집하거나 이를 활용하여 다른 저작물을 제작하는 것은 저작권법에 위반되는 것이므로, 이를 금하며, 자료 내용은 안전관리 업무의 절대적인 기준이 아닌 참고자료로 업무상 이익제기 등 소명자료로서 효력이 없음을 알려드립니다.



출하 중 과산화수소 누출사고

사고개요

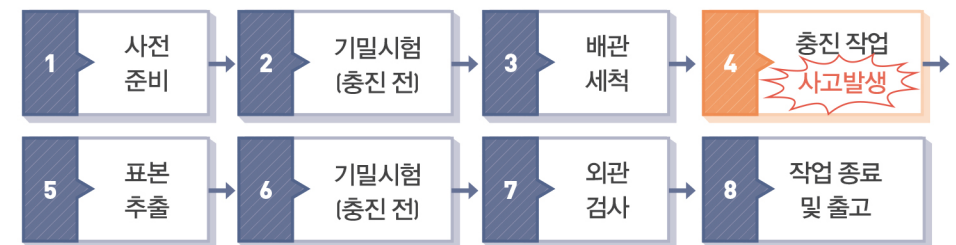
2019년 12월 울산광역시 소재 ○○○사업장 과산화수소 제조공정의 출하장에서 탱크 컨테이너(Tank Container, 이하 "탱크로리")에 과산화수소 충전 후 주입 호스를 제거하는 도중 누출이 발생하여 사내 협력업체 근로자 1명이 부상(2도 화상)을 입은 사고이다



[사진] 누출 발생 탱크로리

사고발생과정 및 물질

과산화수소 저장탱크에서 탱크로리로 충진을 완료하고 탱크로리의 노즐과 과산화수소 주입 호스를 분리하는 과정에서 발생한 사고임



사고발생물질

물질명 (함량)	CAS No.	인화점 및 발화점	증기압 (at 20℃)	밀도 (at 20℃)
과산화수소 (58 wt%)	7722-84-1	해당없음	10 hPa	1.231

과산화수소 출하작업 중 누출사고 사례 (2019.12.)

본 사례는 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 안전을 기하여 주시기 바랍니다

출하 중 과산화수소 누출사고

사고발생원인

절차서 내용 검토 및 관리 미흡

- 입고되는 탱크로리의 주요 방호장치 사양 확인 및 조치에 대한 절차서 검토가 이루어지지 않음
- 충전작업 시 에어 호스를 연결하여 압력을 해소하도록 작성되어 있으나, 계기용 압축공기 호스를 연결하여 압력이 해소되지 않는 구조로 관리되고 있는 등 실제 작업방법이 절차서 상에 반영되지 않음

안전작업절차서에 따른 안전작업절차 미준수

- 충전 완료 후 차단 밸브(Block Valve)를 닫지 않고 주입 호스를 분리하여 과압이 형성된 탱크로리에서 과산화수소가 분출되면서 외부로 누출됨
- 작업 시 물질의 신체 접촉 등을 예방하기 위한 안전보호구를 착용하지 않은 상태에서 작업을 수행함

안전조치 준수 여부 등에 대한 관리·감독 미흡

- 충전작업 시 탱크로리 내부 압력상승에 관한 위험요인에 대하여 통기 노즐 열림 상태 및 완료 후 충전 노즐의 차단 밸브(Block Valve) 닫힘 상태 확인 등에 대한 관리·감독이 이루어지지 않음

동종사고 예방대책

안전작업절차서 재검토 및 내용 보완

- 탱크로리에 설치된 과압 방지를 위한 릴리프 밸브, 파열판, 통기 밸브 등 방호장치의 사양 등에 대한 사전 확인 및 후속조치 강구 등 재검토 실시
 - ※ 고객의 요구사항인 기밀상태 유지(기밀시험)가 필요할 경우, 관련 기능 해제 시 안전성이 확보된 상태에서 작업이 이루어질 수 있도록 조치
- 충전작업 중 탱크로리 내부압력이 형성되지 않는 상태에서 작업을 수행하고, 충전 완료 후 탱크로리 상부 충전 노즐의 차단 밸브(Block Valve)를 닫은 상태에서 충전 노즐로부터 주입 호스를 분리하는 등 안전작업절차서 내용에 대한 변경관리 실시

안전작업절차 준수를 위한 근로자 교육 실시

- 출하작업 수행 작업자를 대상으로 동종 재해 예방을 위한 사고사례 안내 및 안전작업절차서 주요 사항 등에 대한 교육 실시

안전조치 준수 여부 등에 대한 관리·감독 철저

- 탱크로리 충전작업 등 관리대상 유해물질을 취급하는 작업에 대한 작업방법 결정, 작업 지휘, 보호구 착용 상황 감시 등 관리감독자의 유해·위험 방지 업무 수행 철저