

아세트산에틸

1. 페인트 제조소 청소 중 폭발

□ 개요

- 일시 : 1955.6.30.
- 장소 : 일본 오사카 히라카타 소재 화학공장
- 피해 : 작업자 1명 안면부 부상
- 출처 : The Japanese Failure Knowledge Database

<http://www.shippai.org/fkd/en/cfen/CC1000174.html>

□ 사고

- 페인트 공장에서 탱크 청소중 폭발 발생
- 탱크내용물 교체를 위해 탱크 청소작업 실시
 - 페인트를 비우고 3일 경과후 아세트산 에틸 투입.
 - 긴 손잡이가 달린 솔로 청소하던 중 폭발 발생
 - 문질러서 청소하는 도중 정전기 발생
 - * 통상 내용물을 비우고 바로 청소하는데 이 경우 3일이 경과하여 내용물이 고형화되었으므로 솔질을 반복함

□ 원인

- 탱크 내용물중 페인트 고형성분이 시간 경과에 따라 고체화되어서 청소를 위해서는 수차례 반복 솔질을 해야 함
- 작업중 정전기가 발생하여 청소용 용제로 사용된 아세트산에틸의 증기에 착화되어 폭발함

□ 재발방지대책

- 정전기 방지에 대한 철저한 대책 추가
 - 기존에 몇 가지 방지조치가 있었음
- 정전기 관련 검사 및 교육 실시
- 탱크내 잔류 페인트는 탱크를 비운 즉시 청소 실시
- 상시사항은 안전관리 규정에 반영

2. 아세트산 에틸 충전중 폭발

□ 개요

- 일시 : 2007.10.29..
- 장소 : 미국 Iowa 주 Barton Solvents Des Moines 사 화학물질 배분 시설.
- 피해 : 작업자, 소방관 각 1명 화상
- 출처 : CSB

<https://www.csb.gov/barton-solvents-flammable-liquid-explosion-and-fire/>

□ 사고

- 300갤런 휴대 금속용기에 화재 발생
 - 작업자가 충전노즐을 용기상부 입구쪽에 걸고 그림1과 같이 무게추를 달아서 고정함.
 - 충전 작업중 작업자는 다른 업무를 위해 이석했으며 '핑' 소리가 나면서 용기가 화염에 싸임
 - 충격으로 호스가 바닥으로 떨어지며 내용물 방출

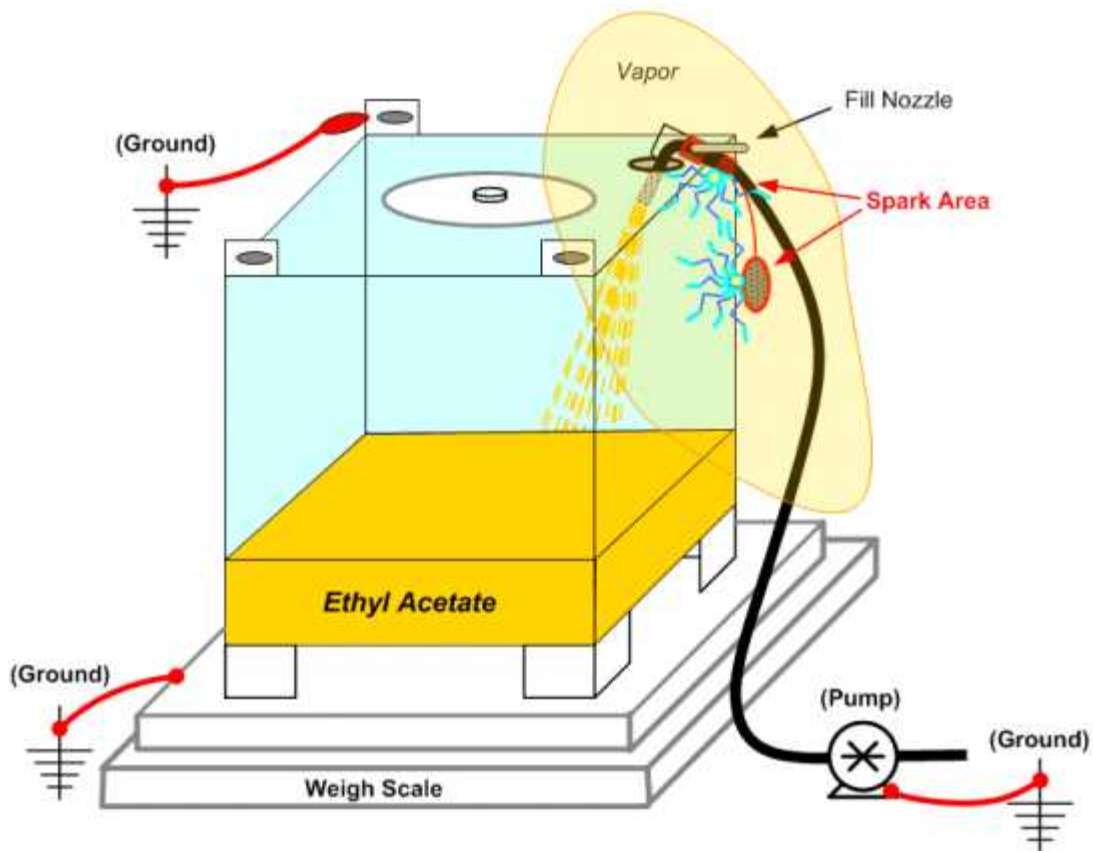


그림 1 사고당시 저장탱크 이송 개략도.

- 작업자가 휴대용 소화기로 소화 시도 했으나 실패
 - 목재 창고로 신속히 화염이 번져서 대형화재로 번짐

□ 원인

- 정전기 축적에 대한 예방 조치가 불충분함

□ 사고

- 사고당일 정오경 스위스 세인트 루이스의 비상대응반이 악취신고로 출동함
 - 11:00~11:30 am 아크릴산에틸을 기반으로 한 윤활유 저장 탱크에서 온도 급상승 (58°C→118°C)
 - 탱크 청소중 악취가 발생하였으며 대부분은 스크러버에 흡수되었으나 일부가 중화되지 못하고 방출됨

□ 원인

- 오전 교대조는 아크릴산에틸 탱크가 작업을 위해 완충된 상태인 것을 이전 교대조로부터 통보 받지 못함
 - 탱크가 비었을 것으로 간주하고 이를 직접 확인하지 않음
- 제어실에서 근무조 반장은 반응중 압력조절을 하는 감압 펌프가 작동중임을 발견하고 작동을 중단시킴
 - 이전 작업조가 스위치를 끄는 것을 잊어버린 것으로 짐작함
- 감압펌프 작동 중단으로 탱크내 압력이 상승하면서 반응기 진행되어 폭발함
 - 탱크의 안전밸브를 통하여 방출되어 중화용량을 초과하여 일부 가스 대기중 방출

□ 사고 교훈

- 교대조는 체계적으로 생산라인 확인
 - 이전 근무조의 인수인계 내용에 무관하게 실시
- 탱크의 가스방출 관련 기술적인 변경은 관련자에게 반드시 통보

4. 황화합물 탈취용 H₂O₂ 폭발

□ 개요

- 일시 : 1986.3.15
- 장소 : 살충제 등 생산, 저장시설
- 피해 : 폭발로 1명 사망
- 출처 : emars

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/38b780d0-dc0a-da0c-d54c-16e5c9aa4b87>

□ 시설

- 황을 기반으로 한 의약 및 농업용 중간제 생산 시설
- 사고는 황화합물 탈취공정에 발생
 - 58m × 24m, 길이 4.2m, 철제 구조물
 - 반응기, 수집 용기, 여과기, 탱크 등으로 구성
- 스테인리스 스틸 용기에서 황화합물의 탈취처리 수행
 - 단조 수집 용기와 상하부 연결

- 수집 용기 하부 배관으로 처리기에 배출하여 처리조 상부 거품은 다시 수집용기로 보내어짐
 - 처리조 초기사용시 거품이 맨홀 뚜껑으로 넘쳐서 이를 밀봉하여 사용
 - 발생한 거품이 넘쳐 벤트를 지나 스크리버 오염
- 탈취처리 반응은 35% 과산화수소 투입후 수산화 나트륨 25%를 투입하여 pH를 9까지 끌어올리며 수행
 - 이 과정에서 거품이 생기기도 하며 압력상승이 동반됨
 - 거품은 황성분 촉매 작용으로 과산화수소가 분해되며 발생
 - *분해반응은 pH에 민감하여 pH=7.5에서 급격한 발열 반응 진행되며 이 열로 배출물 중 지방족 알콜이 기화되며 폭발 분위기 형성

□ 사고

- 수산화나트륨을 너무 급속하게 추가하여 압력이 급격히 상승하면서 맨홀 뚜껑이 날아감
 - 단조 수집용기는 파열되며 인근 작업자 1명 사망
- 화재가 발생하여 건물로 빠르게 확산됨

□ 원인

- 유출물 중 황성분이 촉매로 작용하여서 과산화수소를 분해함
 - 실험에 의하면 pH=7.5에서 급격하게 발열반응이 진행됨
- 반응열로 유출물중 지방족 알콜이 증발하며 폭발성 분위기 형성

□ 사고 교훈

- 과산화수소를 사용하지 않는 새로운 공정을 탈취 공정 적용

5. 액상 폐기물 처리중 폭발

□ 개요

- 일시 : 2018.9.13.
- 장소 : 폐기물 저장, 처리, 처분시설
- 피해 : 방출 피트(pit) 파손, 펌프 연결 작업자 1명 사망, 트럭 운전자 2명 부상
- 출처 : emars

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/40fc3f36-4ed7-11e9-961c-005056ad0167>

□ 사고

- 폐기물 처리시설 피트에 폭발 발생 및 뒤이은 소규모 화재 발생
 - 액상 폐기물을 탱크에서 방출 피트로 방출하는 과정에서 발생
 - 방출피트는 콘크리트 구조물로 뚜껑도 콘크리트임
 - 폐기물이 혼합되면서 산소 발생

□ 시설

- 방출 피트는 방출 시설의 일부로서 폐기물이 처리 전에 저장되는 설비
 - 폐기물 탱크에서 질소분위기 하에서 드럼형 침전통을 서서히 통과하여 고형물을 걸러 내며 중력을 이용하여 피트로 이송
- 액상 폐기물은 펌프로 야적장으로 이송
 - 피트의 액위가 떨어지면 펌프 가동 중단(500~700 ℓ 는 잔류)
- 외부의 산소유입을 막기 위하여 저장소 탱크, 방출 피트와 스팀형 침전통은 양압의 가스 네트워크로 연결됨
 - 기상은 모두 이 네트워크로 연결되며 이 네트워크는 불활성화가 주목적은 아님
 - 8mbar~12mbar 양압으로 운전
 - 12mbar가 되면 가열조로 기상 내용물을 연료로 보냄
 - 8mbar에 가열로 연결 밸브가 차단되고 5mbar 이하면 질소 공급

□ 원인

- 가열로로 향하는 가스에는 산소가 고농도 포함됨
- 사고 당시 다른 배관에서 톨루엔 증기가 포함된 내용물이 배관 유입
- 이 두 혼합물은 가연성으로서 가열조에 인입시 불꽃이 역화됨
- 화염 어레스터 작동 미흡
 - 산소 농도가 40% 이상이면 화염 속도가 높아서 어레스터가 기능 못함
 - 불꽃에 반복 노출되면 온도가 올라가서 기능 상실
- 화염 어레스터가 작동하지 못하자 가열로 불꽃이 탱크와 방출 피트까지 번짐
 - 화염 속도가 100m/s로 신속하게 번짐
 - 탱크 배관에서는 산소 부족으로 금방 꺼짐
 - 방출 피트에는 산소가 충분하고 가연성 가스로 있었으므로 폭발 발생

□ 사고 교훈

- 과산화물은 낮은 농도에서도 다른 물질과 반응하여 산소 발생
- 폐기물 처리 절차를 엄격하게 재정비
 - 광범위한 사전 혼합시험
- 폐기물은 방출 피트를 거치지 않고 탱크로 직접 방출
- 화염 어레스터만으로는 역화 예방 부적절
 - 온도를 측정하여 필요시 차단 밸브 작동
 - 주기적인 점검

6. 도금시설 폐수 폭발

□ 개요

- 일시 : 2007.6.16.
- 장소 : 전기도금 화학 처리 시설

○ 피해 : 탱크 및 배관 파열

○ 출처 : emars

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/66c3fa47-5ef2-505a-9498-7a6cae6f3723>

□ 사고

○ 전기도금 폐수 처리 공장에서 폭발 발생

- 폐수 처리 플랜트의 बै치 탱크 이음제가 터지고 변형됨

• HCl, H₂O₂, NaOCl, NaOH 등이 포함된 내용물이 바닥에 쏟아짐

□ 원인

○ 폐수에 과량의 H₂O₂를 투입하여 발열 반응이 진행되고 급속히 거품이 발생하여 반응기에 폭발 발생

□ 사고 교훈

○ H₂O₂ 자동 공급과정을 취소하고 수동 공급

○ 철저한 위험성 분석 결과 적용

7. H₂O₂ 생산시설 배관 과압으로 파열, 화재

□ 개요

○ 일시 : 1992.4.22.

○ 장소 : 화학물질 제조소

○ 피해 : 1명 사망, 2명 부상

○ 출처 : emars

<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/47021986-cfe3-d8bd-c655-2ccd7d5deafc>

□ 사고

○ 22:15 자동제어기기 고장으로 알람과 함께 밸브 20개가 안전상태로 전환됨

○ 22:19 안전 절차를 따르지 않고 조업자가 제어시스템 수리 시도

- 자동제어 시스템 완전히 고장나서 잘못 열리거나 닫히는 밸브 다수 발생

○ 23:09 온도 급상승 (70°C→200°C)로 연결배관 파손

- 방출된 용액에 화재 발생

□ 원인

○ 금속입자나 녹성분 등에 의하여 H₂O₂가 분해되며 고압 발생

○ 조업자 실수로 제어시스템이 완전히 고장 남

□ 사고 교훈

- 자동제어시스템 개선
- 조업자 교육 및 절차서 개선
- H_2O_2 가 산화섹션으로 역류하는 것 방지