

Ⅲ. 벤젠 관련사고

1. बै치 생산시설 폐수 탱크 폭발 및 화재

□ 개요

- 일시 : 2020.5.15
- 영향 : 1명 사망, 6명 중상, 약 5천만 유로 손실
- 장소 : 유럽
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/58d821fe-d4c6-11eb-986d-0050563f0167>)

□ 시설

- 특수 화학물질 제조용 बै치 반응기(6기 중 4기만 조업)
 - 사고 반응기는 바닥 면적이 90m²
 - 다른 반응기와 여러 기기나 장치들이 연계되어 있음
 - 상압 폐수처리탱크, 저장탱크, 상압/고압 반응기, 배관 등

□ 사고

- 10:15~30 사이에 화장품용 안정제를 생산하는 탱크 TK2.1과 TK2.2 지역 화재 발생
 - 사고 당시 두 기 모두 조업 중이었음
 - 협력업체가 TK2.2와 폐수 네트워크를 연결하는 기계 및 전기기기에 대한 유지보수 중이었음
 - 정규적인 작업허가서, 화기작업허가서 발행
 - * 특히 화기작업허가서는 안전관리시스템 절차서에 따라 해당 지역 안전사항 사전 확인 후 발행됨
 - 9:30 협력업체에서 전기톱으로 배관 절단
 - 계획대로 신규배관을 연결하기 위해 연결위치에 둌
 - 배관 연결부 밀봉을 위해 전기 아크 용접기 사용 시 폭발 발생

□ 원인

- 배관 연결부위 용접을 위해 전기아크용접 순간 폐수용액 중 가연성 유증기에 점화되어 폭발함.
 - 외부 협력업체가 변경 작업 실시
 - 조업자에 의하면 해당 배관은 작업전 2.5기압 질소로 채워졌으나 절단으로 인하여 불활성 분위기가 유실되었을 수 있음

□ 재발방지 대책

- 모든 변경작업에는 위험성 정밀평가 실시
 - 예방, 방호조치 시행, 교육훈련 실시
- 변경 작업대상을 격리하고 불활성 분위기로 함
 - 가연/폭발성 개연성 철저히 차단
- 작업허가서
 - 작업 전/중/후 확인
 - 책임자 확인 및 양식 표준화

2. 정유회사 저장소 벤젠 누출

□ 개요

- 일시 : 2020.11.8.
- 영향 : 실험실 인원 대피
- 장소 : 유럽
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/4cb260c6-9c6c-11eb-9869-0050563f0167>)

□ 시설

- 플로팅 루프 가솔린 저장 탱크

□ 사고

- 05:13 VOC알람 경보가 정유사 내 실험실에 울림
 - 연구원들이 인근 소방서에 전화하고 2개 실험실 대피시킴
(알람 세팅은 1ppm이나 60ppm VOC 검출)

□ 원인

- 유지보수 준비 중이던 저장탱크에서 폭우로 일부 넘친 HC가 폐수처리장에서 증발하여 환기시스템 유입
 - 맨홀뚜껑이 느슨해진 상태이고 루프 지지대가 수리위치로 조정됨
 - ※ 루프쪽의 배수시스템은 폭우에 취약하여 탱크 내용물 누출 시 폐수처리 플랜트로 모이게 되어있음
 - 폭우(67m³, 67ton)무게로 루프가 내려앉고 느슨해진 맨홀 뚜껑으로 가솔린 누출
 - 다음날 조업자가 탱크의 가솔린 액위 변화를 보고하지 않음

□ 재발방지대책

- 저장탱크 루프 지지대는 작업 직전에 조정하여 이로 인한 부작용 최소화

3. 저장탱크 이송배관 파손에 의한 벤젠 누출사고

□ 개요

- 일시 : 2018.1
- 영향 : 배관 파손 및 내용물 누출
- 장소 : 한국 충남
- 출처 : 안전보건공단

(<https://www.kosha.or.kr/kosha/data/seriousAccident.do?mode=view&boardNo=239&articleNo=420062&attachNo=>)

□ 사고

- 저장탱크로 이송하는 벤젠 배관(6인치, 300m 구간)이 파손되어 벤젠 누출

□ 원인

- 배관 내 벤젠 동결 시 부피 팽창으로 배관 파손
 - 해당 배관은 2007년 설치 이후 설비 유지·관리가 이루어지지 않음
 - 배관 내 설치된 스팀 트레이싱이 노후화 등으로 정상 작동 않음
 - ※ 벤젠 어는 점 : 5.5°C, 사고 전 1주 정도 기온 영하 10.5°C로 관측됨

□ 재발방지대책

- 설비 유지관리 대상에 '동결 위험 배관'으로 포함하여 관리
- 배관의 보온조치(스팀 트레이싱 등)에 대한 지속적 유지 관리

4. 중합반응기 폭주 반응으로 인한 벤젠 누출

□ 개요

- 일시 : 1986.10.7.
- 영향 : 내용물 유출
- 장소 : 유럽
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/ab7f5a57-b24f-f4a0-d94e-904b3236581d>)

□ 시설

- 2개의 동일형태 중합반응기에서 스티렌 중합 제조

□ 사고

- 07:15 : 전원유실, 2대의 반응기에서 폭주발열반응 발생
 - 냉각기 작동 않음
 - 반응억제제인 에틸벤젠 투입이 이루어지지 않음
- 08:20 : 파열판이 파열되어(설정 압력 3.5기압) 내용물 방출
 - * 기기 고장으로 통제실이 늦게 조치를 취함

□ 원인

- 전원유실로 발열폭주반응 발생
 - 냉각기도 작동하지 않고 반응억제제 투입도 실패
 - 기기고장으로 통제실에 잘못된 정보 유입

□ 재발방지대책

- 전원공급 시스템 교체
- 중합반응 이상 확인을 위해 2중 센서 설치
- 냉각기 2중 설치
- 반응억제제 투입방법 개선
- 파열판 파열 시 방출 유체의 안전한 처리방법 강구

5. 화학누출로 인한 2차 벤젠 오염

□ 개요

- 일시 : 2005.11.24
- 영향 : 사망 1명, 부상 5명
- 장소 : 중국 충칭
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/46a94fe2-50d2-87a4-5fca-92d9f301c435>)

□ 사고

- 11:00 충칭시 신민 인근 화학공장에서 폭발 발생
 - 벤젠의 황 불순물 제거를 위하여 H_2O_2 를 사용하던 중 H_2O_2 를 너무 빨리 투입하여 폭발반응 발생으로 폭발 발생
 - 인근 학교 6,000명 학생 대피
- 소방관들이 화재진압 중 미연소 벤젠을 포함한 소방수가 4톤 정도 신민시 구이시강으로 유입됨
 - 식수 오염의 위험성 존재

□ 원인

- 벤젠 중 황을 포함한 불순물 제거를 위하여 H_2O_2 를 투입하는 반응에서 H_2O_2 를 반응기에 너무 빠른 속도로 투입하여 반응기 폭발
 - 이를 소화하기 위한 소방수로 인해 미연소 벤젠이 강에 유입

□ 재발방지대책

- 반응속도에 대한 임시 변경 금지
- 작업자는 취급하는 화학물질에 대한 위험을 인지해야 함.
- 적절한 훈련 및 위험성평가 실시

6. 중합반응기 폭발 반응으로 인한 벤젠 누출

□ 개요

- 일시 : 1988.6.8.
- 영향 : 소화수 $500\sim 600m^3/h$ 로 인근 Brenne강 오염
- 장소 : 유럽(프랑스)
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/26029cf3-350b-4940-6064-037a9d8b3bd>

7)

□ 시설

- 벤젠 용제의 고분자 생산공장
 - 1958 설립, 1985 해당공장 설치 가동, 150인 근무
 - 생산공정과 저장지역으로 구분
 - 100여 종 이상의 화학물질이 특정 안전 수칙 없이 혼용 저장됨

□ 사고

- 신규생산물질을 실리콘유에 혼입하고 pH조절을 잘못하여 수소 및 나트륨 수화물 발생
 - 실험실에서 재현결과 폭발 발생
 - 단독으로 조업하던 조업자는 심각한 화상을 입고 폭발지점에서 십 수 미터 떨어진 곳에서 사망한 채 발견됨
- 건물 내 독성구름으로 사고신고 후 2시간 반 정도 경과 후 건물 내부 인원 대피(05:52)
 - 분석결과 HCN, CO₂, COx, 할로겐 검출됨
 - 08:30경 거의 회복됨
- 소화수 500~600m³/h로 인근 Brenne강 오염

□ 원인

- 유분과 수분 현탁액 제조 중 수소 및 나트륨 수화물 발생으로 폭발
 - 산화에틸렌계열 계면제에 첨가물이 섞임.
 - pH조절이 잘못됨
- 조업절차서가 잘 정의되지 않고 조업자 훈련도 부족함

□ 재발방지대책

- 조사결과 기존의 안전수칙 위반이 밝혀짐
- 내부비상대응계획이 총체적으로 부실함

7. 벤젠 탱크 소방시스템 유지보수 중 폭발

□ 개요

- 일시 : 1989.2.2
- 결과 : 1명 사망, 3명 부상
- 장소 : 유럽
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/6f526c1f-05be-b18a-6f5d-822703bf0abf>)

□ 시설

- 벤젠 저장 시설
 - 50m³ 탱크 2기, 1000m³ 탱크 1기
 - 수직 원통형, 상압
 - 다이크 용량은 2000m³

□ 사고

- 저장탱크 소방 시스템의 거품 순환기 조업 시험 전 플랜지 설치 작업 실시

□ 원인

- 배관 중 벤젠 증기가 있는 채로 유지보수 작업 실시
 - 유지보수와 생산부서 간의 협업 실패.
 - 생산부서는 유지보수 작업에 대해 정보 없음.

- 유지보수부서는 생산부서가 벤젠탱크를 조업개시한 사실을 통보 받지 못함.
- 생산부서는 탱크가 벤젠으로 차 있음에도 작업 허가서에 서명
- 거품 저장소의 멤브레인 유실
- 고정 루프 탱크에 벤젠 저장 시 질소 패딩을 하지 않음

□ 재발방지대책

- 유지보수 절차서 문서화 및 보관
- 유지보수 작업에 품질 보증 절차서 도입
- 고정 루프에 고인화성 물질 저장시 질소 패딩
- 루프에 위크 루프-셸 접합 실시
 - 폭발 시 피해 최소화

8. 배관수송 중 단순 누출

□ 개요

- 일시 : 1992.11.7
- 장소 : 유럽
- 영향 : 벤젠 19톤 유실
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/ecb3f07b-1c6c-b8bb-4629-86ee49bad298>)

□ 시설

- 제티에서 저장지역으로 펌프를 이용하여 HC 이송하는 시설

□ 사고

- 09:00 조업자가 벤젠 냄새 인지
 - 펌프 밸브에 부착된 호스에서 액체 누출 확인
(반쯤 열린 밸브 확인 후 즉시 잠금)
 - 누출 20시간 전부터 조금씩 누출되었으며 그 양이 워낙 적어서 감지센서가 이를 감지하지 못함
 - * 또한 동일시간대 배에 하역하는 작업에 묻혀서 감지되지 못함

□ 원인

- 선박에 하역 직전 품질 확인을 위해 샘플을 채취하는 작업으로 인하여 발생한 사고
 - 당초의 샘플채취장소는 안전울타리로 인해 접근이 어려움
 - 펌프의 탈기 밸브에서 샘플 채취
 - * 상부에 보고하지 않은 채 수개월 시행됨
 - 밸브주위에 누설 중에 대한 감지장치 없음
 - 조업자가 샘플 채취 후 사고당시 밸브를 철저히 잠그지 않음

□ 재발방지대책

- 샘플 채취를 지정된 지점에서 하도록 조업자 교육 및 관리

9. 부식으로 인한 벤젠 누출

□ 개요

- 일시 : 2004.2.28
- 장소 : 유럽
- 결화 : 액체 및 기체 누설
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/87431841-572e-6fe8-972f-cf1a0d07ef70>)

□ 시설

- 벤젠 저장 탱크

□ 사고

- 부식으로 벤젠 저장탱크 하부에서 누출

□ 원인

- 탱크 하부 부식
 - 바닥 부위에 수분 존재
 - 오랜 사용(35년)으로 탱크 노후
 - 음극 방식 부적절
 - 열화 매커니즘에 대한 이해 부족으로 비파괴 기술 미적용

□ 재발방지대책

- 탱크 바닥에 대한 철저한 방식 관리

10. 열분해로 사고

□ 개요

- 일시 : 2008.8.23
- 장소 : 유럽
- 영향 : 75만 유로 내용물 유실
- 출처 : 유럽 eMARS 사고보고서

(<https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/view/179c25d9-b85c-560b-ae4b-ea24ff60b49a>)

□ 시설

- 정유시설 열분해로

□ 사고

- 반응기와 재생기 사이의 밸브 조절유닛에 전원이 공급되지 않아서 미반응 물질이 비상용 배기구로 배출됨.

- 내용물 촉매 재생기에 들어가고 공기가 상부 재생기에서 반응기로 유입될 위험이 있었으나
 조업자가 신속한 조치로 공기압축기를 차단함(5~6분 이내 조치함)
- 배기구 내용물은 화재 발생 후 2시간 지속됨

□ 원인

- 조절 밸브 전원차단으로 반응기 및 촉매재생기 조절
 - 하부 재생기를 통해 공기가 반응기로 유입
 - 반응기에서 재생기로 HC와 촉매 유입 증가
 - 재생기에서 CO와 HC 유입 증가
 - 고온으로 가열기가 닫힘
 - 비상 배출구에서 연기 발생
 - * 공기압축기 차단 후에도 반응기와 재생기 간의 밸브는 열린 채로 2시간 운행됨

□ 재발방지대책

- 기기 노후화에 대한 위험성평가 실시
- 제어실의 비상시 대응 능력 제고
- 공기 전체적인 전원 공급 확인