인화성 액체가 누출된 것도 모르고 화기작업 중 화재 · 폭발 발생

◉ 용접 불티에 인화성액체의 증기가 점화되어 화재·폭발이 발생했다.

용접 베테랑이었던 A씨(52세, 남)는 반응기 원료(소포제) 투입 배관 설치를 위해 용접 작업을 하다 용접 불티가 자동밸브에서 누출된 인화성액체(펜탄)에 점화되면서 화재·폭발이 발생하여 화상을 입고 병원 치료 중 사망하였다.

<사고 반응기>

◉ 자동밸브의 정상작동 여부를 확인했어야 했는데 그러지 못했다.

A씨의 회사는 도급업체로서 원청 회사로부터 원료 투입설비 설치공사를 수주받고 사고발생 4일 전부터 작업을 시작하였다. 공사에 앞서 배관 내부에 남아있는 인화성 액체를 배출(Drain)하였으나 자동밸브가 설치되어 있던 일부 구간은 3중(수동밸브-자동밸브-자동밸브)으로 밸브가 설치되어 있어 누출(Leakage)이 발생하지 않을거라 믿고 정상작동 여부를 확인하지 않았는데 그것이 실수였다.

◉ 배관내부 인화성액체(펜탄)에 대한 위험성을 알지 못했다.

사고당시 배관에 잔류해 있던 인화성 액체는 펜탄(인화점: -40℃)으로 외부로 누출 시 화재발생 위험이 매우 높은 물질이었지만 원청에서 제공한 안전보건정보에는 관련 정보가 누락되어 있어서 A씨는 그 위험성을 미처 알지 못했다.

◉ 계획 따로 작업 따로… 안전절차만 지켰어도 사고는 발생하지 않았다.

사고발생 당시 화기작업허가서를 발행하고 작업하였으나 화기사용 작업전에 **위험물 방출**, **밸브 차단확인, 맹판 설치, 꼬리표(Tag) 부착, 가스 농도 측정**의 안전조치가 누락된 상태에서 작업이 진행되었다.

◉ 위험을 미리 보고 철저히 준비해야만 사고가 발생하지 않는다.

화기 작업전에는 위험물을 배출하고 **잔류 위험물을 퍼지나 충분한 환기를 통해 완전히 제거**하고 **밸브차단, 맹판설치, 꼬리표 부착, 가스농도 측정**을 실시한 후 작업을 진행해야 한다. 위험을 미리 보고 대비하지 않으면 사고는 나의 일로 되풀이 될 수 밖에 없다.

사고 발생 순간

밸브 차단

농도 측정

구조가 조금만 빨랐다면 소중한 생명은 구할 수 있었다

사고 반응기

◉ 마지막이 될 줄 몰랐던 폐촉매 제거 작업

협력업체 소속 일용작업자 A씨(56세, 경력 5년7월)는 반응기 내부 폐촉매 제거작업을 하다 경사면에서 흘러 내려온 폐촉매에 가슴까지 매몰된 후 2시간 20분이 지난 이후에 구조되어 병원으로 후송하였으나 폐놀에 의한 급성중독으로 사망하였다.

◉ 폐촉매 제거 작업의 위험을 모른 채 작업을 진행하였다.

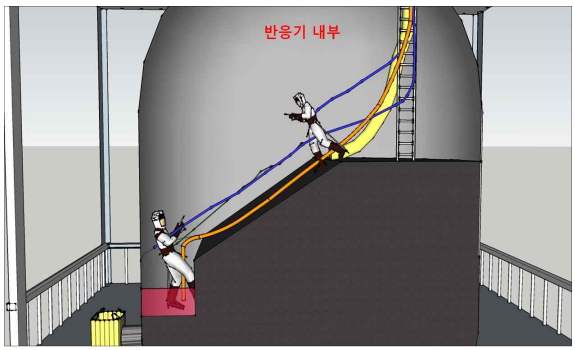
사고 반응기는 비스페놀-A를 생산하는 공정의 반응기로 촉매 뭉침의 원인이 되는 비스페놀-A를 제거하기 위하여 사고발생 6일전부터 반응기의 상부 맨홀과 측면부 맨홀을 개방하고 측면부 맨홀을 통해 폐촉매 제거작업을 수행하였다. 측면부 맨홀에서 폐촉매 제거작업 중 촉매뭉침 현상으로 작업이 진행되지 않자, 상부맨홀을 통해 직접 반응기 내부로 들어가 폐촉매 제거 작업을 하였다. 하지만 A씨는 밀폐공간작업 안전교육도 받지 못했고 취급물질의 독성에 대한 위험성도 모른 채 작업을 진행하였다.

◉ 구조가 조금만 빨랐다면 소중한 생명은 구할 수 있었다.

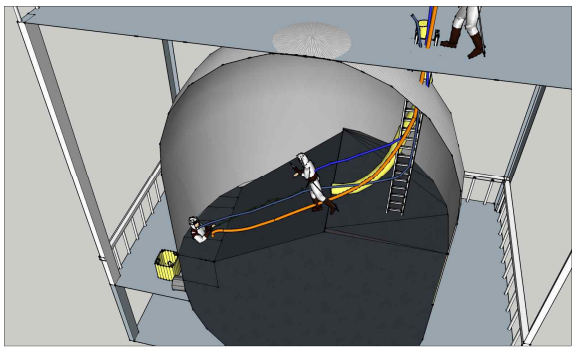
사고발생 당일 아침 A씨가 반응기 내부로 출입하여 폐촉매 제거작업을 하던 중 폐촉매에 무릎이 매몰되었다. 이를 본 동료작업자 B씨는 곡괭이와 삽으로 폐촉매를 파내고 A씨를 들어 올리려고 여러번 시도하였지만 허사였다. 2시간 이후에도 구조가 되지않자 119에 신고를 하고 발주처 관리감독자 2명이 반응기 내부로 들어가 안전대를 A씨에게 걸고 전동 윈치를 당겨 맨홀 밖으로 내보냈다. 이후 119응급 처치 후 병원으로 후송하였으나 A씨는 결국 사망하고 말았다.

◉ 안전작업 준비가 되지 않는다면 누구나 이런 사고를 당할 수 있다.

화학공장에서 정비·보수 작업을 할 때에는 작업에 대한 위험성을 파악하고 적절한 개인보호구를 착용하고 작업을 해야 한다. 작업계획단계에서 위험성에 대해 파악을 하고 그 위험을 제거하여야 한다. 사고발생 시 비상대응, 응급의료 및 환자후송을 준비하지 않는다면 사고는 나의 일이 될 수도 있다.



최초 무릎까지 매몰된 재해자

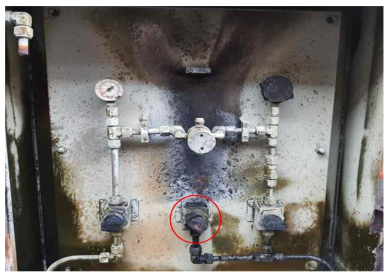


구조 중 가슴까지 매몰된 재해자

또다시 밸브를 열어놓은 채 작업하다 화재 발생

◉ 또다시 밸브를 열어놓은 채 작업하였다.

생산 운전원인 A씨(남, 37세)는 충전장 업무를 6년째 담당하고 있었다. A씨가 튜브 트레일러에 충전된 **삼불화질소(NF_3) 가스를 빈 트레일러로 충전 중 고압의 삼불화질소가 방출되면서 화재가 발생**하여 얼굴·복부에 화상을 입고 병원으로 후송되었다. **사고 원인은 튜브밸브가 개방된 상태**에서 충전 배관 내 삼불화질소를 제거하기 위해 벤트와 퍼지를 반복하는 과정에서 발생하였다. 배관 내 잔존 삼불화질소를 제거하기 위해서는 튜브 밸브를 차단하여야 하나 밸브를 열어놓은 채 작업을 하다 **화재가 발생**하였다. 삼불화질소는 가연성은 없지만 산화능력지수가 1.6으로 산소(1)보다 높아 화재가 쉽게 발생되게 하는 물질이다.



◉ 실수가 발생하기 쉬운 시간과 작업이었다

사고가 발생한 시간은 새벽(04:00) 시간대로 조도가 불충분하고 A씨의 피로도가 높고 인지능력이 저하되기 쉬운 시간대였으며 충전된 트레일러와 빈 트레일러의 튜브밸브 16개 모두를 **혼자서 열림/닫힘을 반복해야 하는 작업**으로 작업자 실수 가능성이 높은 작업이었다.

◉ 작업진행 상황을 확인할 방법이 없었다

퍼지판넬에서 튜브밸브를 조작하는 작업 시 튜브밸브의 열림/닫힘 정도를 A씨가 알 수 있는 방법이 없었으며 충전배관 내에 **삼불화질소(NF_3)의 체류를 실시간으로 확인할 수 있는 설비가 없었다.**

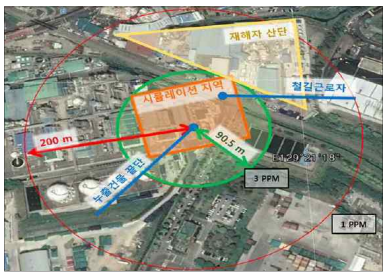
◉ 위험을 미리보고 준비하지 않으면 사고로 이어진다

밸브조작의 실수로 인한 화재·폭발사고는 지속적으로 일어나고 있다. 왜 똑같은 유형의 사고가 반복되는 것일까? 작업자 실수를 예방하도록 개선 노력이 필요하다. 먼저, 충전배관 내 가스의 충전여부 확인을 위한 압력계 설치, 볼타입(Ball Type) 벤트밸브를 슬로우 모션타입(Slow motion type) 밸브로 교체, 조명설비 설치 등을 통해 설비를 개선하고 가스의 제거 및 퍼지 시 안전작업절차를 정하고 지키도록 하는 노력이 필요하다. 밸브 조작과 관련한 실수는 지금까지 내게 일어지 않았을 뿐 위험을 미리보고 개선하지 않으면 사고는 언제가 나의 일로 되풀이 될 수 밖에 없다.

플랙시블 호스 관리소홀로 또 누출사고가 발생했다

◉ 하역작업 중 또 염소가스가 누출되었다.

염소 **하역작업 중 플랙시블 호스 파손으로 염소가 누출**되어 해당 공장 작업자가 입원하는 것은 물론 인근 사업장까지 피해를 주었다. 염소 하역작업은 동시에 2대의 탱크로리가 입고되어 1대의 탱크로리에서 약 4시간 동안 하역하며, 하루 평균 2번의 하역작업을 진행한다. 사고조사 결과 1번 하역장에서 가스감지기가 작동되었으며 2번 하역작업장에서는 플랙시블 호스가 파손되었다.

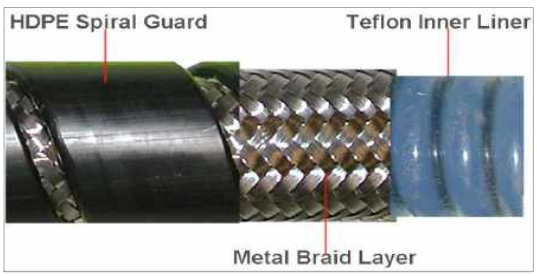


◉ 플랙시블 호스의 관리기준이 없다

사고조사 결과 **이중으로 사용하던 브레이드(Braid) 호스를 단일 브레이드(Braid) 호스로 변경**하였고, 내경이 **21 mm인 호스를 내경이 28.5 mm인 플랙시블 호스로 변경했으며** 스테인레스 스틸(SUS 304) 재질의 브레이드가 부식으로 갈변해 있던 것이 밝혀졌다. 단일 브레이드(Braid) 호스가 사용되거나 내경이 확대되면 동일한 두께에서는 **내압 성능이 저하되는 데 그 점을 간과하였고 결정적으로 염소 부식에 취약한 재질을 사용하는 등** 플랙시블 호스를 안전하기 사용하기 위한 관리기준도 없었고 실제 관리 상태도 미흡하였다.

◉ 안전정보는 서로 숨기는 것이 아니라 공유하는 것이다.

조사과정에서 타 지역 동일한 사업장에서도 염소를 취급하고 있었고 옆의 그림과 같이 3단 구조의 플랙시블 호스를 사용하고 있음을 알게 되었다. 같은 사업장에서도 소통이 부족하여 안전정보를 공유하지 않은 것이다. 사고를 예방하기 위해서는 안전정보의 공유가 무엇보다 중요하다



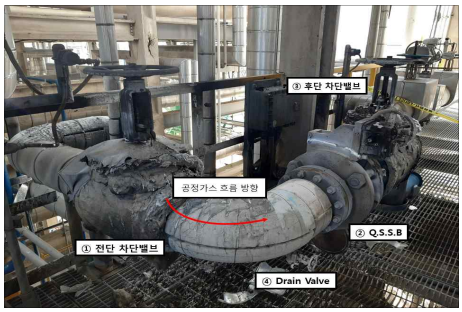
◉ 공정이나 설비가 바뀌면 위험성을 검토해야 한다

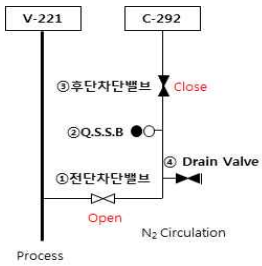
공정이나 설비의 변경이 이루어지면 **반드시 변경관리 절차에 따라 위험성을 꼼꼼이 평가하고 사고에 대비해야 한다. 이러한 절차가 지켜지지 않으면 사고는 또다시 나의 생명을 위협하게 될 것이다.**

맹판 작업 중 실수로 또 다시 누출사고가 발생했다

◉ 맹판 작업 중 수소 누출로 화재·폭발 사고가 발생했다.

수소공장에서 맹판(Blind) 설치 작업 중에 작업자 실수로 수소가 누출되면서 원인 미상의 점화원에 의해 화재·폭발사고가 발생하였다. **전단의 차단밸브가 개방(Open)된 것을 모르고 밸브 맹판작업** 중에 수소가 대량 누출된 것이다. 과거 사고사례를 보면 맹판을 설치하지 않아 질식으로 **5명이 사망한 사고가** 있었으며, 맹판 전환 작업 중 **포스겐이 누출되어 사망한 사고**도 있었다. 맹판설치 과정 중 사고가 계속 발생하고 있는 것이다.





◉ 왜 혼자서 맹판설치 작업을 했을까?

이번 사고는 정전으로 비상정지 된 공장을 재가동하기 위해 승온 후 맹판을 차단하는 과정에서 발생하였다. **맹판 작업은** 위험물 배관을 완전한 차단하거나 개방하는 작업으로 **작업이 위험하여 2인 이상이 작업하도록 권고하고 있다.** 하지만 이번 사고는 **경험이 부족한 직원이 혼자 작업을 수행하였고 안전작업절차를 지키지도 않았다.** 사내 작업허가절차 규정에 따라 '안전작업허가'를 받고 작업을 해야 함에도 시간이 없다는 이유로 안전작업 절차를 생략한 것으로 추정된다.

◉ 왜 안전작업허가 절차가 지키지지 않았을까?

위험물 취급 배관의 밸브를 차단하지 않은 **실수로 젊은 작업자가 목숨을 잃을 뻔한 아찔한 사고였다.** 그렇다면 왜 밸브를 차단하지 않았을까? 안전작업 절차를 작업자가 숙지하도록 교육을 실시하는 것은 기본이고 현장에서 안전작업절차가 반드시 지켜질 수 있도록 시스템을 구축하는 것이 필요하다.

◉ 안전작업절차는 준수 되어야 한다.

맹판 작업 전에는 반드시 전단의 밸브를 차단하여야 한다. 정비·보수 작업계획서에는 이러한 안전작업절차를 포함하여야 하고 작업자는 이를 반드시 준수하여야 한다. "이번엔 괜찮겠지", "아무문제 없을거야"라는 순간의 안일한 생각이 돌이킬 수 없는 사고로 이어질 수 있음을 명심해야 한다.