

여과기 혼합물 투입 중 폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-전북-2105)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으니, 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

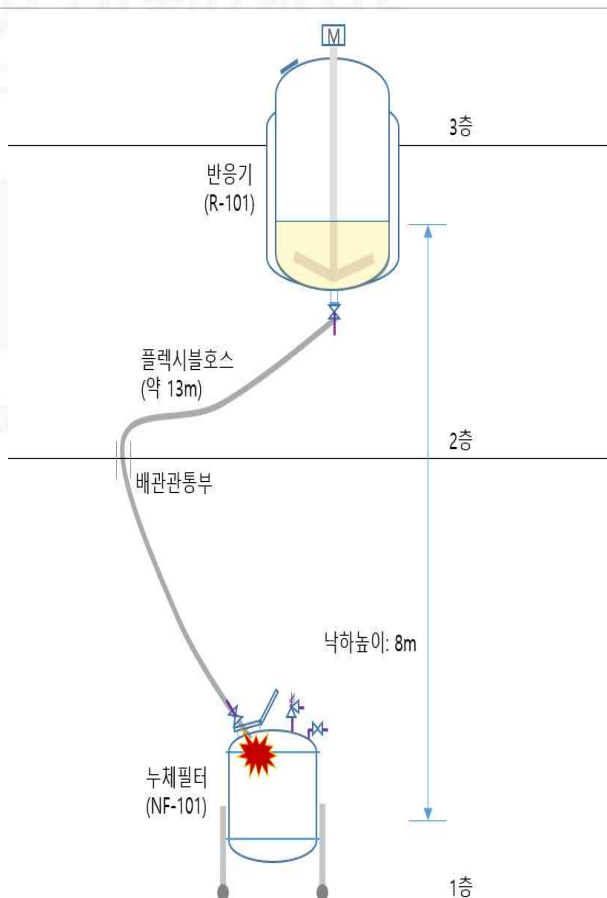
금번 사고는 **재해조사가 진행 중인 사안**으로 동종재해예방을 위하여 적시에 배부하오니 **참고용으로만 활용**해주시기 바랍니다.

여과기 혼합물 투입 중 폭발사고

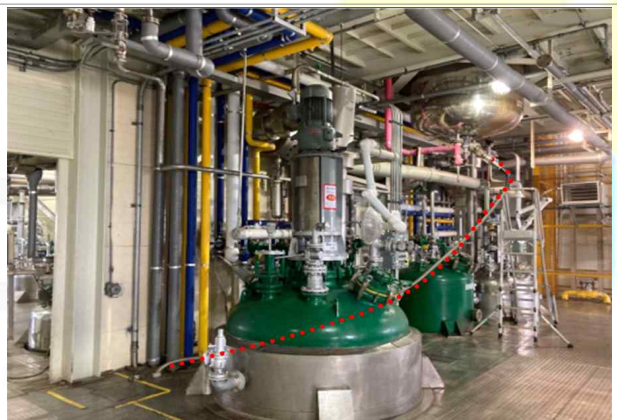
< 재해개요 >

2021.3.23(화) 15:30분경 제천시 소재 000(주) 제천공장 합성동 반응기(2층에 위치)에서 톨루엔(Toluene)으로 구조토 혼합물을 정제한 후 1층 누체필터*로 이송(높이:8m)하기 위해 플렉시블 호스(50A)를 이용하여 누체필터 상부의 맨홀을 통해 구조토 혼합물을 투입하던 중 화재·폭발이 발생하여 2명이 부상(2도 화상)을 입은 재해임

* 누체필터 : 원료 및 용제의 혼합이나 반응 후 고체와 액체상태로 혼합된 물질을 분리하기 위해 사용하는 설비



[사고발생 작업상황
(여과작업: 톨루엔(Toluene) 혼합물 이송)]



[합성동 2층 반응기 플렉시블호스 연결]



[합성동 1층 누체필터 플렉시블호스 연결]

여과기 혼합물 투입 중 폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-전북-2105)

1 사고발생 공정 및 물질

○ 사고발생 공정 : CCP 생산공정

- CCP 생산 공정은 CCP를 Methylene Chloride, Isopropyl Alcohol과 혼합 후 결정화, 불순물 제거, 건조 단계로 구성되어 있으며 급변 화재는 구조토 불순물 제거를 위해 톨루엔을 사용한 후 누체필터로 정제하는 과정에서 발생함.

* CCP(Cefcapene Pivoxil Hydrochloride Hydrate) : 세파계 항생제의 원료

○ 사고발생 설비

설비명	설비 제원	설계압력/온도 (Shell, Jacket)	운전압력/온도 (Shell, Jacket)	본체 재질
회분식 반응기	2 m ³ (Ø1,400 x 1,220 H)	0.19 MPa/158 °C	0.17 MPa/130 °C	A516-60 + GL *shell/Jacket두께:12/9 mm)
누체필터	1 m ³ (Ø1,250 x 800 H)	0.196MPa/60°C	0.147MPa/25°C	STS316L *Top/Shell/Bottom 두께 : 4/4/5mm)

○ 사고발생물질 : 톨루엔

CAS No.	폭발범위 (vol%)	인화점 (°C)	발화점 (°C)	끓는점 (°C)	증기압 (mmHg)	비중	증기밀도
108-88-3	1.1~7.1	4	480	111	28.4(25°C)	0.87	3.14 (공기=1)

2 사고발생원인

○ 정전기 발생에 의한 점화

- 톨루엔(Toluene) 인화점(4°C)보다 높은 작업조건에서 누체필터 상부로 인화성 액체를 이송함에 따른 산소 공급이 충분하여 점화원에 의한 폭발 가능성 존재
- 톨루엔(Toluene)이 혼합된 유체를 PTFE 재질의 플렉시블 호스를 통해 이송하는 경우에 정전기 축적에 의한 점화 가능성이 있으며,
- 인화성 액체를 빠른 속도로 분사하는 경우에도 스플래쉬 필링 과정에서 인화성 증기가 대전되어 정전기에 의한 화재·폭발의 점화원으로 작용함

○ 공정 변경사항에 대한 변경관리 미실시

- 해당 공정은 공정안전보고서 심사 시 포함되지 않은 공정이나 새로운 제품을 생산하기 위한 변경관리위원회를 구성하거나 소집하지 않았고 이에 대한 검토항목이나 기술적 검토를 누락하는 등 변경관리 절차를 수행하지 않음

여과기 혼합물 투입 중 폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-전북-2105)

○ 안전운전절차서(Safety Operational Procedure, SOP) 미작성

- 해당 공정은 기존에 염화메틸렌(MC)을 주로 사용하고 있었으며, 염화메틸렌(MC)은 인화성 액체(인화점:비인화성)에 해당하지 않아 인화성 액체 취급에 관련된 안전교육을 받지 않았으며, 안전운전절차서도 작성되지 않은 상태로 기존 염화메틸렌(MC) 취급 공정과 동일한 작업방법으로 인화성액체를 취급하는 과정에서 사고가 발생한 것으로 추정됨

○ 신규 공정에 대한 위험성평가 미실시

- 사고발생 공정은 신규로 도입된 공정으로 신규 공정 작업 시 추가된 물질이나 공정에 대한 위험성에 대한 평가를 수행하지 않아 작업에 대한 위험성을 사전에 파악할 수 없었으며 안전조치를 실시할 수 없었음
- * 사고발생 공정은 누체필터 등에 안전밸브, 이송배관 연결이 가능한 노즐 및 밸브 등이 있었음에도 불구하고 안전조치를 실시하지 않음

3 동종사고 예방대책

○ 안전운전절차서 작성 및 위험성평가 수행

- 공정 변경사항이 발생한 경우 작업절차, 설비 및 물질 등에 대한 안전운전절차서를 작성하고 그 내용을 작업자에게 교육을 실시하여야 함
- 안전운전절차서에는 반응기의 원료 투입과 세정, 불활성가스 퍼지압력, 시간, 절차 등의 방법을 구체적으로 작성하여 작업자가 위험에 노출되지 않도록 하여야 하며, 현장에서 동일하게 작업이 진행되도록 관리하여야 함
- 인화성액체 취급 시의 위험성평가를 실시하고 도출 된 결과를 바탕으로 화재·폭발 분위기를 조성하지 않도록 운전절차 및 설비 등을 개선하여야 함

○ 누체 필터 내 적절한 퍼지 실시

- 반응기에서 누체필터로의 이송은 누체필터 맨홀이 아닌 배관을 통해 실시하고 질소 등 불활성가스를 이용하여 누체필터 내부를 적절하게 퍼지(Purge) 하여야 함
- 누체필터 내 불활성 가스 분위기가 유지되도록 퍼지방법, 공급압력, 유지시간 등을 검토하여 안전운전절차서에 반영하여야 함

○ 정전기 방지조치 실시

- 반응공정에서의 모든 작업은 정전기 대전 및 방전을 방지하기 위하여 다음의 조치가 필요함
 - 인체대전 방지를 위한 제전복, 대전방지용 안전화, 정전기 방지용 손목팔찌, 정전기 방지 스프레이 사용
 - 설비 대전 방지를 위한 접지 클램프 설치 및 정기적인 접지저항 측정
 - 배관 내 인화성액체 이송 시 안전이송속도를 1m/s로 유지 등