

반응기 세정작업 중 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202101)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 안전을 기하여 주시기 바랍니다.

반응기 세정작업 중 화재·폭발 사고

< 재해개요 >

2020년 2월 ○○○사업장의 공장동(일반합성동) 2층에서 HERP 제조 반응기(R-202)의 내벽에 붙어있는 의약품 중간생성물인 PERP(Erta PNB)*의 세척을 위해 반응기 맨홀을 열고 플라스틱바가지로 DMF를 내벽에 뿌리던 중 화재·폭발로 2명이 화상을 입은 사고임.

* PERP(Erta PNB): 의약품(항생제)의 중간생성물로 점성이 높아 반응기 내벽에 달라붙어 이를 제거하기 위해 DMF로 세척을 함.



[사고발생 반응기]



[사고당시 반응기 내부세척방법]

1 사고발생 공정 및 물질

○ (사고발생공정)

원료투입 ⇒ 교반 ⇒ 수소반응 ⇒ 여과·배출 ⇒ 원료이송 ⇒ 퍼지 ⇒ DMF세척(사고발생)

※ 사고사업장의 동일공정에는 내부물질의 세척을 위한 스프레이 불이 설치되어, 바가지를 이용한 수작업으로 반응기 내벽을 세척하는 일은 없음.

○ (사고발생물질)

※ 반응기내부에서 사용하는 용제 THF, IPA의 인화점이 상온보다 낮아, 반응기 내부는 항상 인화성 증기가 발생할 수 있는 작업조건임

반응기 세정작업 중 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202101)

물질명(CAS No.)	인화점(°C)	인화범위(%) (공기중)	증기압	증기밀도 (공기=1)	최소점화 에너지(mJ)	비고
THF(Tetrahydrofuran) (109-99-9)	-14	2~11.8	19.3Kpa	2.5	0.54	원료
IPA(Isopropyl alcohol) (67-63-0)	11.7	2~12	4.4Kpa	2.1	0.65	원료
PERP(Etra Hydrogenated) (1233939-51-9)	584±34	자료 없음	자료 없음	해당 없음	해당 없음	1차 중간 생성물
DMF(N,N-Dimethyl formamide)(68-12-2)	57	2.2~16.2	3.87mmHg (25 °C)	2.6	자료 없음	원료 세척제

2 사고발생원인

○ 반응기 내벽의 세척방법(슬러지 제거방법) 부적절

- 반응기 세척작업시 반응기 내부에 인화성 증기가 체류하여 폭발분위기가 형성된 상태에서 맨홀을 개방하고 작업을 수행함.

○ 반응기 내부의 퍼지방법 부적절

- 반응기의 세척작업을 위하여 맨홀을 개방하기 전 압력퍼지 2회(0.5 kgf/cm² 1회, 1.0 kgf/cm² 1회)를 실시한다고 하였으나, 실제 작업시 충분한 퍼지시간 및 퍼지 횟수가 미 실시되어 인화성 증기가 체류함.

※ 압력퍼지 횟수를 계산한 결과 0.5 kgf/cm² 압력퍼지는 3회, 1.0 kgf/cm² 압력퍼지는 2회가 필요함

○ 정전기 발생에 의한 점화

- 반응기 세척작업시 정전기를 축적시킬 수 있는 플라스틱 용기 및 바가지를 사용하여 정전기 대전 및 방전이 화재·폭발의 점화원으로 작용함.

※ 기상청 자료에 의하면 사고당시 온도는 10.9℃, 습도는 32%로 건조한 날씨로 정전기 발생이 용이한 조건이었음.

○ 안전운전절차서(Safety Operational Procedure, SOP) 작성 미흡

- 사업장의 안전운전지침을 검토한 결과 반응기의 내부 퍼지방법 및 세척방법 등에 대한 내용을 작성하지 않음.
- 또한, 작업자마다 작업방법(원료이송방법 등) 및 반응기 내부 퍼지방법 및 세척 방법 등도 상이하게 진술하고 있어 표준화된 작업절차가 부재함.

※ 안전운전절차서에는 작성된 내용과 상이하게 작업하는 내용(작업순서, 물질명, 물질량 등)이 다수 발견됨

반응기 세정작업 중 화재·폭발 사고사례 (KOSHA-MIA-202101)

3 동종사고 예방대책

○ 반응기 내벽의 세척방법(슬러지 제거방법) 변경

- 반응기 내벽의 세척작업시 밀폐계에서 질소퍼지 후 배관을 통하여 세척작업을 수행하도록 개선이 필요함.
- 반응기 내부에 스프레이 불을 설치하여, 맨홀을 열지 않고 용제를 투입하여 반응기 내벽을 세척하도록 설비 변경이 필요함.

○ 반응기 내부의 충분한 퍼지시간 반영

- 반응기의 세척작업시 내부 퍼지를 위하여 퍼지방법을 설정하고 충분한 퍼지가 이루어 질 수 있도록 퍼지횟수 및 시간을 확보하여 안전운전절차서에 반영하여야 함.

○ 정전기 방지조치 실시

- 반응공정에서의 모든 작업은 정전기 대전 및 방전을 방지하기 위하여 다음의 조치가 필요함.
 - 세척제 등의 담는 용기 및 도구는 정전기 대전방지가 가능한 도전성(금속제) 용기 및 도구를 사용
 - 반응기, 배관 등은 정전기 대전방지용 접지 실시
 - 인체대전 방지를 위한 제전복, 대전방지용 안전화, 정전기 방지용 손목팔찌, 정전기 방지 스프레이 사용 등

○ 세척작업에 대한 안전운전절차서 작성

- 반응기의 내부 세척작업에 대하여 퍼지방법 및 시간, 세척작업 방법 등에 대하여 구체적으로 안전운전절차서를 작성하고 그 내용을 작업자에게 교육을 실시하여야 함.
- 또한, 안전운전절차서는 실제 현장 작업내용과 일치하도록 작성되어야 함.