

# 산업용 세척제 화재·폭발 위험성 평가 (1/2)

## ■ 세척 및 세척제

- (세척) 피세척물을 변형시키지 않고, 피세척물 표면에 잔류하고 있는 원하지 않는 물질을 화학적 또는 물리적 기전을 이용하여 제거함으로써 깨끗한 표면을 만들기 위한 작업으로 세정이라고도 함. 다른 공정과 연계해서 탈지, 박리, 제거, 표면처리, 초음파 등으로 부르거나 다른 용어를 사용하기도 함
- (세척제) 국내 세척 공정에 사용되는 화학물질은 110여 종인 것으로 보고되었으며, 세척제는 일반적으로 수계와 용제계로 구분함
  - 수계는 물을 주체로 하며 환경 및 작업자에게 더 친화적임
  - 용제계는 유기용제를 의미하며, 수계 세척의 효과가 낮을 때 많이 사용함
  - 유기용제는 최소점화에너지 1 mJ 이하의 인화성이 높은 물질이 다수 있음

## ■ 세척제 관련 주요 화재·폭발 사고사례(2010~2022년)

연도	재해개요	사용 세척제	추정 점화원
2022	세척조 내부의 세척제 이송 중 폭발·화재(사망 1명, 부상 1명)	1,2-Dichloropropane 등	모터스파크
2022	세척제를 이용하여 누출 필터 내부 세척 중 화재(부상 1명)	아세톤	정전기
2022	용기 내부 세척제를 배관으로 이송 중 폭발·화재(사망 1명)	톨루엔	정전기
2022	표면 처리한 제품을 세척 후 건조 중 폭발(사망 1명)	에탄올	코일 or 전기기구
2021	세척제 공급 밸브 점검 중 세척제 누출로 화재(부상 2명)	혼합물	열처리로 버너
2020	의약품 반응기 내벽 세척 중 화재·폭발(부상 2명)	DMF	정전기
2019	반응기 내부에 세척제 투입 중 폭발·화재(부상 5명)	1,3-디옥솔란	정전기
2016	의약품 원료 여과·세척 중 화재 발생(사망 1명)	n-Heptane	정전기
2013	탱크 컨테이너 세척 후 세척기기 분리 중 폭발(사망 1명)	톨루엔	용접 불꽃
2012	세척제 용기가 넘어지면서 화재(사망 1명, 부상 4명)	톨루엔	확인불가
2012	플라스틱 케이스의 이물질 세척작업 중 화재(사망 1명)	수소처리된 경질 나프타	정전기
2012	기계의 세척 및 도장작업 수행 중 화재(사망 2명, 부상 4명)	나프타, 헥산, 톨루엔 등	용접 불꽃
2012	저장탱크 침투탐상검사 중 세척제 착화에 의한 화재(사망 1명)	침투탐상검사용 세척제	용접 불꽃
2010	세척제 용기에 용접 불꽃이 들어가 화재(사망 1명)	파이프 세척제	용접 불꽃
2010	세척조 점검 중 세척제 증기 화재폭발(사망 1명, 부상 1명)	솔벤트, 정제 Heavy 나프타 등	정전기 or 금속마찰

## ■ 세척제 관련 화재·폭발 사고의 시사점

- 인화성 세척제 취급 시 주의 필요
  - 최소점화에너지가 낮아 정전기 관리, 통풍 및 환기와 누출 예방 등 필요
  - 용기 내부 세척 시 불활성화, 적절한 배출·이송 방법 선택 등 필요
  - 정전기, 화기작업 관련 불꽃, 열 사용 설비, 비방폭 전기기계·기구 등 점화원 관리 필요
- 인화성 세척제 취급 관련 안전관리 필요
  - 일상·비일상작업 절차서 작성 및 준수, 사전 위험 발굴 및 개선, 안전보건 교육 및 정보 제공, 작업장 통로 확보, 비상구 설치, 대피 훈련 등 필요

# 산업용 세척제 화재·폭발 위험성 평가 (2/2)

## 평가대상 물질 및 시험 내용

- 세척제 관련 화재·폭발 사고사례를 조사하여 사고원인 물질로 작용한 세척제 시료 4종을 대상으로 인화점, 폭발한계, 증기압 측정 시험 등을 수행함
- 시험 시료와 관련된 사고 내용

시료번호	사고 내용
1	표면처리한 기계부품을 세척제(에탄올 혼합물)로 세척 후 항온항습기에 넣고 건조 중 폭발
2	선박 내부에서 세척제(시너류)를 사용해 세척작업 중 상부에서 용접 불꽃이 떨어지면서 화재 발생
3	차량 라디에이터 교환을 위해 탈거 후 누유된 엔진오일 등을 세척제(락카 시너)로 세척 중 발화
4	차량 하체에 누유된 오일을 세척제(에나멜 시너)를 분사하여 세척 중 불꽃이 튀어 화재 발생

## 평가대상 물질의 MSDS 자료 및 화재·폭발특성 시험 결과

시료번호	시료명	구성 물질 (MSDS 기준)	MSDS 자료		시험 결과			비고
			인화점 (°C)	폭발범위 (%)	인화점 (°C)	폭발하한	증기압	
1	에탄올 혼합물	에틸알코올, 물 등	13	3.3 (하한)	14.5	4.28%	-	사고원인물질
2	시너	Naphtha, Toluene, Xylene, Benzene	≤ -21	1.0~7.6	-23.5	0.942%	72.6 kPa (at 37.8 °C)	사고원인물질
3	락카 시너	Xylene, Toluene, Methyl acetate, Acetone, 2-Butoxyethanol 등 11종	15	자료 없음	-9.5	46.75 mg/L at 30°C	29.6 kPa (at 37.8 °C)	사고원인물질과 동일 제품
4	에나멜 시너	Naphtha(petroleum), Hydrodesulfurized heavy, Xylene, Ethylbenzene	33	자료 없음	38	58.5 mg/L at 40°C	1.5 kPa (at 37.8 °C)	사고원인물질과 유사 제품

※ 시너에는 여러 가지가 있으나 대표적인 락카 시너와 에나멜 시너를 대상으로 시험 수행

## 세척제 취급 시 화재·폭발 발생 방지를 위한 방안

- 인화성 세척제 취급 작업은 공기와 세척제 증기가 혼합되어 있는 경우가 많아 화재의 3요소 중 가연물과 산소는 이미 존재한다고 볼 수 있음
- 따라서 세척제 취급 공정의 화재·폭발 예방을 위해서는 점화원 관리가 매우 중요하며, 세척제 사용 및 취급 시 다음 항목들이 점화원으로 작용하지 않도록 안전대책 수립 필요
  - (1) 전등, 전기회로 및 전기설비(비방폭 전기설비)
  - (2) 전기 또는 기계적 스파크
  - (3) 정전기
  - (4) 마찰열
  - (5) 고열 표면
  - (6) 용접 또는 절단 불티, 그 외 화기 작업
  - (7) 가열용 전기설비
  - (8) 내연기관
  - (9) 담뱃불(흡연)
  - (10) 자연 발열, 화학적 반응열
  - (11) 복사열
  - (12) 번개
- 정전기에 의한 화재·폭발 방지를 위해서는 다음 사항 준수 필요
  - 기계설비 접지, 제전복 및 대전방지화 착용, 물질에 따라 플라스틱 용기 및 바가지 사용 제한 등