

중대사고사례 연구



중방 2013-05호(2013.11)

유기용제 취급용기 폭발사고



산업재해예방

안전보건공단



Contents



유기용제 취급용기 폭발사고

I. 사고개요	5
II. 사업장 현황	7
III. 사고분석	13
IV. 사고발생 원인	17
V. 동종사고 예방대책	21
VI. 사고로부터 얻는 교훈	25
VII. 유사 사고사례 및 참고자료	27

용어 설명

1

인화성 액체

(산업안전보건법) 표준압력(101.3kPa) 하에서 인화점이 60 °C 이하이거나 고온·고압의 공정운전조건으로 인하여 화재·폭발 위험이 있는 상태에서 취급되는 가연성 물질

2

인화성 가스

(산업안전보건법) 수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 그리고 인화한계 농도의 최저한도가 13%이하 또는 인화 최고한도와 최저한도의 차가 12% 이상인 것으로 표준압력(101.3kPa) 하의 20 °C에서 가스 상태인 물질

3

인화성 혼합물

인화성 혼합물이라 함은 점화원에 의해 연소될 수 있는 가스-공기, 증기-공기 및 분진-공기 혼합물 또는 그 혼합물의 조합을 말한다.

4

인화점(Flash Point)

인화점이라 함은 액체 표면에서 인화성 혼합물을 형성할 정도의 충분한 증기를 발생시키는 최소온도를 말한다.

5

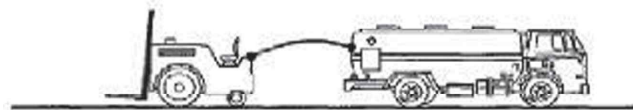
도전성(Conductivity)

도전성이라 함은 물체 내에서 전류가 잘 흐르는 정도를 말하며, 일반적으로 도전성 액체라 함은 도전율이 10^4 pS/m 이상(또는 저항률 10^8 Ωm 이하)인 액체를 말한다.

6

본딩(Bonding) 및 접지(Earth)

본딩(Bonding)이라 함은 둘 또는 그 이상의 도전성 물질이 같은 전위를 갖도록 도체로 접속하는 것을 말하고, 접지는 물체와 대지사이의 전위차를 같게 하는 것으로, 본딩과 접지 사이의 관계는 다음과 같다.



(a) 본 딩



(b) 접 지



(c) 본딩 및 접지

7

불활성 가스(Inert Gas)

불활성 가스(Inert gas)라 함은 비인화성 또는 비반응성 가스를 말하며, 시스템 내의 인화성 물질이 연소범위에 도달 되지 않도록 주입하는 가스를 말한다.

8

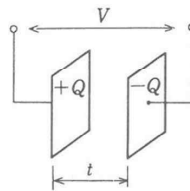
정전기(Static Electricity)

정전기는 전하가 정지 상태로 있어 전하의 분포가 시간적으로 변화하지 않는 전기를 말하며, 일반적으로 서로 다른 물질이 상호 운동을 할 때에 그 접촉면에서 발생한다.

9

정전용량

정전용량이라 함은 1V의 전위를 주었을 때 1C의 전하를 축적하는 정전 용량을 1F(Farad, 패럿)이라 하고 F로 나타낸다.



그림과 같은 2매의
극판간 정전 용량은
 $C = \frac{Q}{V} = \epsilon \frac{A}{t}$
 A : 극판의 면적
 ϵ : 극판간 물질의
비유전율
 Q : 전하

10

정전기 방전(Electrostatic Discharge)

정전기 방전(Electrostatic discharge)이라 함은 인화성 혼합물을 점화시킬 수 있는 불꽃방전, 코로나방전, 브러시방전 등의 형태로 정전기를 방출하는 것을 말한다.

I. 사고개요

본 사고사례 연구는 2012년 8월 23일(목) 충북 청주시 소재 ○○화학(주) 청주공장에서 용매(1,4-Dioxane)를 회수하는 과정에서 폭발이 발생하여 8명이 사망하고, 3명이 부상을 입은 폭발사고를 대상으로 하였다.



[사진 1] 폭발사고가 발생한 OLED 재료생산부 공정 모습

- ○○화학(주) 청주공장은 Display 재료인 감광제, OLED와 IT필름, 소형전자 등을 생산·공급하는 사업장이다.
- 2012년 8월 23일(목) 오전 10시 10분 경 ○○화학(주) 청주공장의 OLED(Organic Light Emitting Diode) 재료 생산팀에서 반제품인 P2 Crude(OLED 재료용) 재결정 작업 중 용매로 사용한 1,4-Dioxane을 200ℓ 드럼으로 회수하는 과정에서 폭발이 발생하여 ○○화학(주) 청주공장 소속 근로자 9명과 협력업체 소속 근로자 2명이 부상을 입어 그 중 8명이 사망하고 3명이 부상을 당한 중대산업사고다.
- 이 사고를 통해서 Display 재료에 사용되는 1,4-Dioxane의 위험성에 대하여 많은 근로자들이 재인식하게 되었고, 변경관리절차의 준수와 정전기 관리에 대해 많은 문제점이 도출되어 개선이 필요하게 되었다.

인명피해

- 사망 8명(협력업체 직원 2명), 부상 3명

물적피해

- ○○화학(주) 사일로 3기 파손
- 인근지역 피해 없음

II. 사업장 현황

○○화학(주) 청주공장은 1979년 가동되어 모노롬, 액체세제 생산을 시작으로 1998년 소형전지 공장, 2000년 LCD재료 공장, 2005년 IT Film 공장, 2011년 OLED 공장을 건설하여 첨단 전자재료를 생산하는 업체이다. 청주산업단지 내에 위치한 청주공장에는 약 820명이 근무하고 있다.

폭발사고는 OLED(Organic Light Emitting Diode) 재료 생산공정에서 발생하였으며, OLED란 전류가 흐르면 빛을 내는 형광성 유기화합물의 발광현상을 이용하여 만든 것으로서 화질 반응속도가 초박막액정표시장치(TFT-LCD)에 비해 1,000배 이상 빨라 동영상을 구현할 때 잔상이 거의 나타나지 않는 “차세대 평판 디스플레이”로서 자연광에 가까운 빛을 내고, 에너지 소비량도 적어 휴대전화, 캠코더, PDA(개인휴대단말기) 등 각종 전자제품의 액정 소재로 사용된다.



[사진 2] 사업장 전경

1 시설현황

OLED 재료 제조공정

P2 Crude는 전류가 흐르면 빛을 내는 형광성 유기 화합물 (OLED) 재료로 사용되며 공정은 원료 계량·투입 → 반응 → 증류 → 재결정 → 여과 → 건조 → 최종제품검사 → 제품 포장 → 출하 등의 단계로 구성된다.



[사진 3] OLED 재료생산부공정 전경

2 위험물질목록

1,4-Dioxane(1,4-디옥산)

PLG-201의 중간제품인 P2 Crude에 대한 MSDS(LG-201)는 작성되어 있으나, 물리·화학적 특성 및 화재·폭발 특성에 대한 자료는 누락되어 있음

물질명	폭발범위 (%)	인화점 (°C)	발화점 (°C)	증기압 mmHg
P2 Crude	자료없음	자료없음	자료없음	
1,4-Dioxane (1,4-디옥산)	2 ~ 22	12	180	40

1,4-Dioxane의 물리·화학적 성상

물질명	특성
1,4-Dioxane (1,4-디옥산)	1. 화학적 안전성: 공기, 빛과의 접촉시 또는 장기간 보관시 폭발성 과산화물이 형성될 수 있음 2. 열분해생성물: 탄소 산화물 3. 열, 화염, 기타 스파크를 피할 것

3 설비목록

설비명 (Item No.)	용량	압력(MPa)		온도(°C)		재질	비고
		운전	설계	운전	설계		
반응기 (MX-1102)	1m ³ (ID:1200mm H:850mm)	F.V~ 0.2	F.V~ 0.3	-15~15 0	-25~20 0	A516Gr.60 +G.L	Shell (101PF/1,4-Dioxane)
	(ID:800mm H:760mm)	0.4	0.5	-15~15 0	-25~20 0	A516Gr.60	Jacket (Brine)
응축기 (CN-1103)	1m ³ (ID:1200mm H:850mm)	F.V~ 0.2	F.V~ 0.3	-15~15 0	-25~20 0	A516Gr.60 +G.L	Shell 1,4-Dioxane)
	HTA : 15	0.4	0.5	-15~15 0	-15~20 0	A516Gr.60 +G.L	Tube (CHW)
리시버 탱크 (RT-1103)	0.5 m ³ (ID:900mm H:800mm)	F.V~ 0.2	F.V~ 0.3	70	90	SB410 +G.L	
용기 (Drum)	212 ℓ (ID:570mm H:849mm)	ATM	0.3	AMB	AMB	냉연압연 강판	

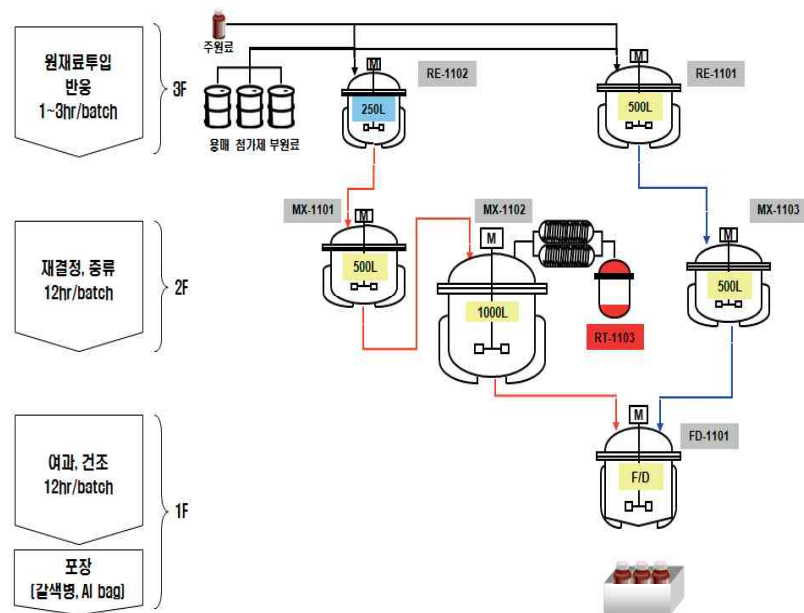
4 안전밸브목록

안전밸브목록

Item No. (보호기기)	노즐크기 (inch)	설정치 (MPa)	연결부위
SV-202 (CN-1103)	1+1/2	0.28	ACT-1902
(RT-1103)	1+1/2	0.28	ACT-1902

5 공 정

1) P2 Crude 제조 공정 흐름도

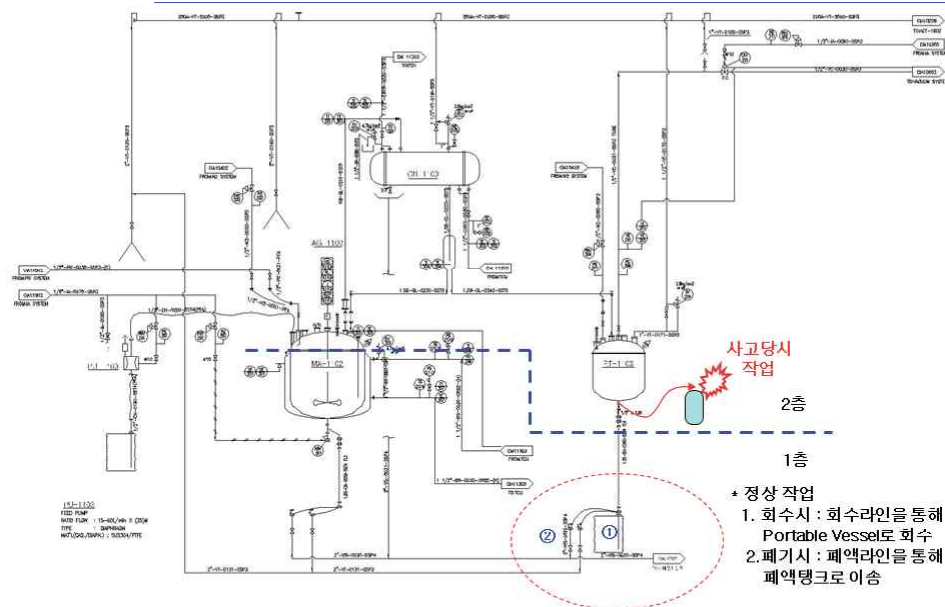


[그림 1] OLED 제조공정도

2) P2 Crude 제조 공정설명

공정	간략도	설명	소요 시간	비 고
원재료 입고검사		순도, 수분 및 이물에 대한 검사	1 hr	주원료 (Bottle) 첨가제 (Bottle) 부원료 (Drum)
원재료 계량, 투입		주원료에 대해 계량, 반응기로 투입	1 hr	2-CAQ, THF, AcOH 등
반 응		투입된 주원료의 반응 (반응식: 공정도 참조)	2~3 hr	반응진행상태검사
증 류		용해도를 낮추기 위한 용매제거	4 hr	
재결정		용해도차를 이용한 제품의 고체화	2 hr	
여 과		고체화된 최종제품만 여과	1 hr	
건 조		잔류용매의 제거	8 hr	질소下
최종제품검사		최종 제품에 대한 검사	0.5 hr	순도, 열분석, 색도 등
제품 포장		Bottle에 계량후 Al pack에 포장함	1 hr	
출 하		제품보관실에 보관 후 출하 진행		포장상대(외관)검사

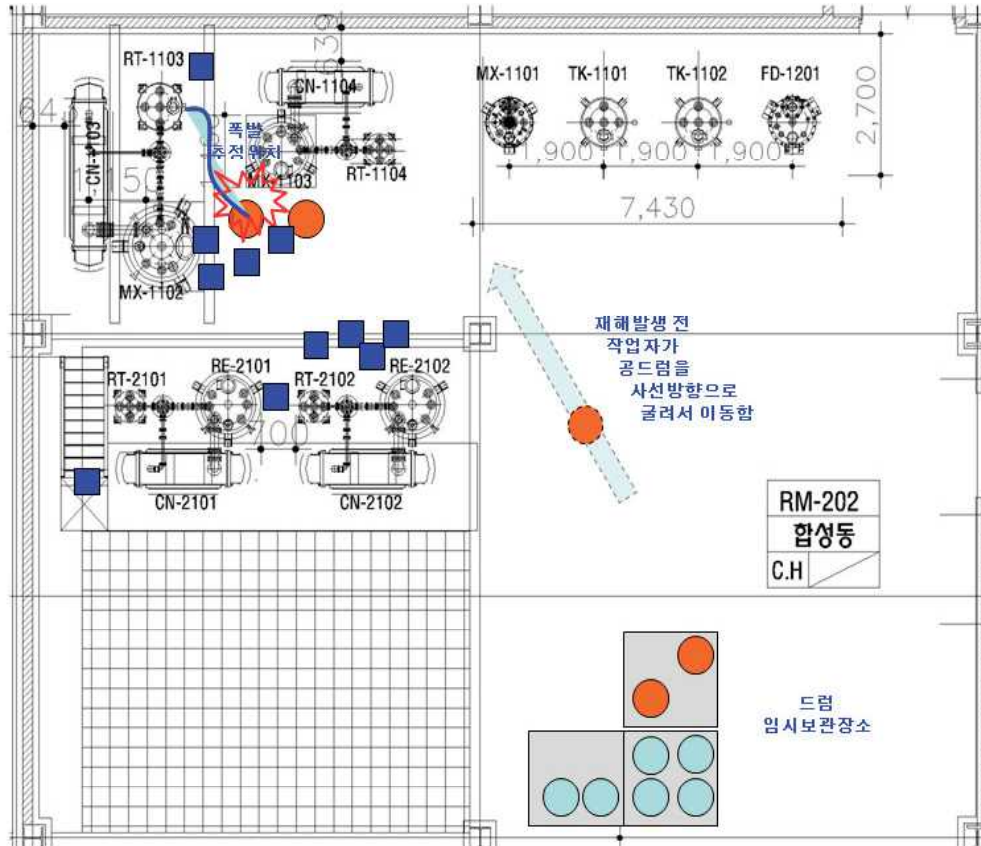
3) 사고발생 공정 P&ID



[그림 2] 계획된 공정의 흐름

6 설비배치도

설비 배치도



III. 사고분석

1) 작업현황

1) 작업상황

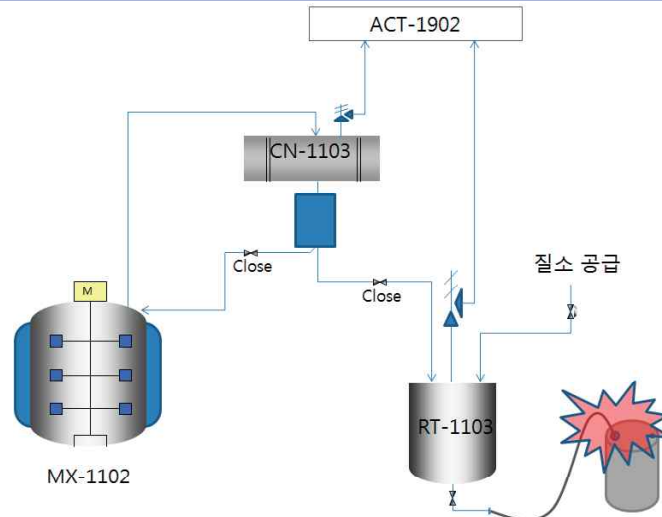
사고가 발생한 P2 Crude 재결정 공정에서 작업하던 작업자 3명은 폭발사고로 전원 사망함에 따라 당일 작업 진행내용을 시간대별로 구체적으로 파악할 수 없어 CCTV 동영상을 이용하여 작업을 추정함에 따라 출근시간 이후 피해자들 행적을 세세하게 파악하는 것은 불가능하였다.

사고당시 설계·설치 총괄 협력업체 직원 2명을 포함하여 총 8명이 사고 발생공정 인근에 신규로 설치된 OLED 반응기 2기에 대한 점검을 실시함에 따라 사고로 인한 사상자의 피해는 컸다.

당일 신규설비 점검작업에 투입되었던 부상자 000의 진술에 따르면 사고 당일 오전 9시에 출근하였으며, 출근 후 P2 Crude 재결정 작업은 전일부터 이어져 온 작업임에 따라 당일 작업과 관련된 별도의 업무지시 및 미팅은 없었다고 한다.

또한, 부상자의 당일 작업은 사고가 발생한 P2 Crude 재결정 작업이 아니라 반응기 2기 증설과 관련된 설비점검 업무였기 때문에 폭발 당시에는 폭발장소와 약 4 m 가량 떨어진 후면 계단 아래쪽에서 점검 작업을 준비 중에 있었다고 진술하였다. 따라서 목격자는 폭발 당시 P2 Crude 재결정 작업자의 당시 상황을 정확하게 볼 수 없었고, 단지 폭발직전의 작업상황은 평상시와 같았으며 이상 징후는 없었다고 기억하고 있었다.

2) 사고발생 공정



[그림 3] 재결정 공정 흐름도

3) 리시버탱크 용매 회수 절차

- (1) 반응기(MX-1102) 内の P2 Crude에서 용매인 1,4-Dioxane을 분리하기 위해서는 MX-1102의 온도를 1,4-Dioxane의 끓는점인 101 °C 이상으로 승온·가열하여야 하나, 감압상태에서는 끓는점이 낮아지는 원리를 이용하여 진공상태에서 80 °C로 승온시켜 용매(1,4-Dioxane)를 증발
- (2) 증발된 1,4-Dioxane의 증기는 응축기(CN-1103)에서 냉각되어 액상으로 응축
- (3) 응축기에서 액화된 1,4-Dioxane은 분리기(Separator)를 거쳐 리시버탱크(RT-1103)로 이송되어 저장
- (4) 리시버탱크의 액위가 약 1/2 (250 ℓ) 가량 되면 하부 배출밸브를 수동으로 개방하여 1,4-Dioxane을 1층의 Portable 용기 또는 빈 드럼으로 이송
- (5) 이와 같이 회수된 1,4-Dioxane 용매는 반응공정으로 재투입

2 사고발생 원인추정

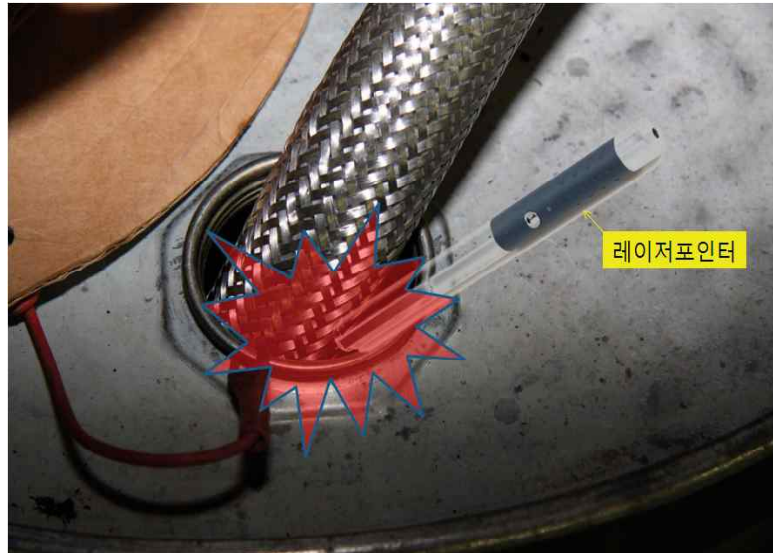
사고발생 원인 추정

리시버 탱크로부터 드럼으로 이송된 1,4-Dioxane은 드럼 내에서 Vapor가 발생하게 되며, 발생한 Vapor는 대기 중으로 개방되어 있는 드럼 주입구를 통해 확산되어 드럼 주입구 주변에서 폭발한계(2~22%) 농도를 형성한 것으로 추정되며, 폭발한계 내의 인화성가스는 정전기·기계적·전기적 점화원이 존재하는 경우 즉시 점화되어 폭발 또는 화재가 발생하게 된다.

당일 드럼 주입구로부터 발산되는 1,4-Dioxane의 증기를 제거하기 위하여 국소배기장치를 사용한 것으로 추정되나 후드의 위치, 국소배기장치의 제어풍속 등에 따라 1,4-Dioxane 증기를 제거하는 정도가 달라질 수 있다.

사고 현장에서 촬영된 CCTV를 보면 당일 작업자는 제전복이 아닌 개인별로 자유복(청바지 등 합성섬유제로 추정)을 입고 분주히 이동하는 장면이 곳곳에서 포착되었다. 이에 따라 사고 발생 원인을 추정하여 보면, 1,4-Dioxane 증기로 폭발분위기가 조성된 상황에서 작업자가 플렉시블 호스를 꺼내거나 또는 호스 근처로 접근하는 순간 정전기가 방전되어 주위의 인화성 가스가 폭발한 것으로 추정된다.

※ 10시10분14~15초까지의 CCTV 영상을 보면 드럼 앞에 서 있던 작업자가 드럼 쪽으로 상체를 구부리는 순간 폭발이 일어남



[사진 4] 맨손 또는 금속성 레이저포인터 근접에 의한 정전기 방전(추정)

사고 작업자들의 복장은 일반복을 착용하여 최소 인체에 축적된 정전기의 전위가 1,200 V를 초과하게 되므로 허리를 구부린 작업자가 맨손으로 드럼 주입구에 근접하였다면 정전기가 드럼 주입구 등으로부터 인체로 불꽃 방전을 하여 폭발이 발생할 수 있다.

특히 손에 금속성의 레이저 포인터(3V, AAA×2EA)를 잡은 상태로 플렉시블 호스에 근접하는 경우에는 이러한 정전기 방전을 가속시킬 수 있다.

IV. 사고발생 원인

원인 ①

변경관리 절차 미준수

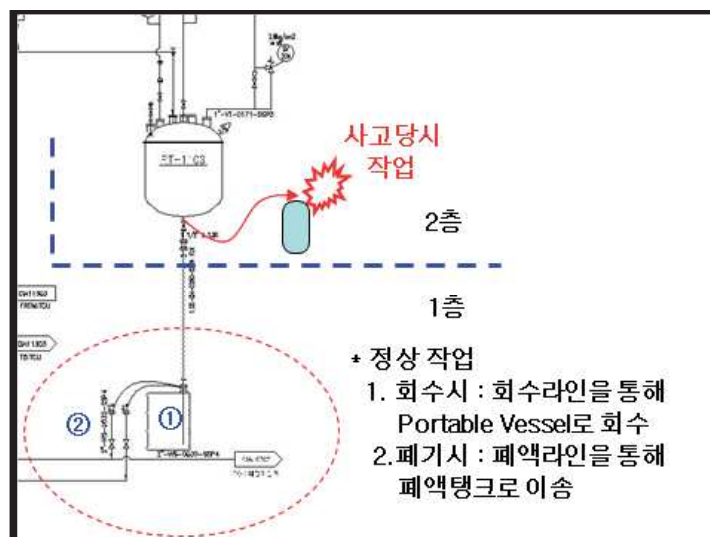
당초 설계된 용매회수 작업 방법을 변경을 하여 작업을 수행하는 경우에는 변경관리절차에 따라 위험성 평가를 실시하고 안전조치를 마련 후 작업하여야 하나 임의로 작업을 변경하여 실시하였다.

설계의도

리시버탱크 내의 1,4-Dioxane 회수는 1층에 위치한 이동식 용기로 회수

사고당시

리시버탱크 내의 1,4-Dioxane 회수를 1층에 위치한 Portable vessel로 회수하지 않고 동일 층(2층)에 빈 드럼에 회수



[그림 4] 용매 회수 절차

PSM 대상설비 변경요소 관리내규에 따르면 공정, 기술, 작업절차, 설비 등을 변경할 때에는 변경요소 관리 절차에 따른 안전성 검토 및 점검 등을 실시하여 변경에 따르는 위험을 미연에 방지하고, 도면이나 운전절차서 등의 문서는 현장과 일치되도록 하여야 한다고 규정하고 있다.

따라서 초기 설계의도와 달리 1,4-Dioxane 용매를 2층에서 빈 드럼을 이용하여 회수하고자 하는 경우에는 “변경관리 위원회”를 구성하여 변경사항을 심의한 후 그 결과를 기록하고 변경관리에 관한 자체감사를 수립·시행하여야 하나 이러한 절차를 준수하지 않았다.



[사진 5] 1층의 이동식 용기

원인 2**인화성 액체 취급 시 안전조치 미흡**

인화성 액체를 취급하는 때에는 인화성 액체의 증기에 의한 폭발분위기가 조성되지 않도록 환기 또는 불활성화 조치를 실시하여야 하나, 사고 발생 당시 질소를 이용하여 리시버탱크 내의 1,4-Dioxane을 빈 드럼으로 회수하는 과정에서 1,4-Dioxane의 증기가 드럼 주입구와 호스와의 틈새를 통해 외부로 유출된 후 드럼 주입구 주변의 공기와 혼합하여 폭발 분위기가 조성된 것으로 판단된다.



[사진 6] 드럼 주입구와 플렉시블 호스와의 간극

원인 3**정전기 발생 억제 조치 미흡**

인화성 액체를 취급하는 경우에는 정전기로 인한 화재·폭발이 발생되지 않도록 취급설비에 접지 등의 조치를 실시하여야 하나 접지를 실시하지 않음에 따라 다음의 세 가지 상황을 고려할 수 있다.

접지 미실시에 따른 정전기 방전

- ① 비도전성 플렉시블 호스를 이용하여 1,4-Dioxane을 드럼으로 이송하는 과정에서 인체대전에 의한 정전기적 방전
- ② 비도전성 플렉시블 호스를 드럼으로부터 꺼내는 순간 드럼 주입구와 비도전성 플렉시블 호스 간의 전위차에 의한 정전기적 방전
- ③ 비도전성 플렉시블 호스의 말단에서 드럼내부로 1,4-Dioxane이 분출되며 발생하는 정전기적 방전

원인 4

안전운전절차에 대한 지식 부족

공정 운전 중 생산성 향상 또는 운전의 편리성 등을 고려하여 설비 또는 작업방법 등이 변경될 경우에는 변경요소 관리지침에 따라 변경을 실시하고, 그에 따른 안전운전절차와 위험성평가 결과에 대한 교육을 근로자에게 실시하지 않아 안전운전절차에 대한 지식이 부족한 것으로 추정된다.

V. 동종사고 예방대책

대책 1

비계획직업 또는 임시작업에 대한 변경관리 절차 준수

위험물을 드럼 등에 주입하는 설비를 사용할 때에 정전기에 의한 화재 또는 폭발 등의 위험이 발생할 우려가 있는 경우에는 접지, 도전성페인트, 유속의 제어, 방폭형 전기기계기구의 사용 등 점화원 관리를 철저히 하여야 한다.

해당 설비에 대하여 접지가 상시 보증될 수 있도록 확실한 방법으로 접지를 하거나, 용기의 이동 등으로 접지가 상시 보증될 수 없는 경우 정전기 방지용 페인트 등의 재료를 사용하여 정전기의 축적을 예방하여야 한다.

1,4-Dioxane과 같은 인화성액체를 취급하는 장소에서는 유체의 유동·마찰·분출 등에 의한 정전기 발생을 억제하기 위하여 호스는 반드시 도전성 재질을 사용하고 충전 노즐과 호스는 본딩을 실시하여 등전위를 유지하며, 금속제의 드럼 용기는 접지를 실시하도록 한다.

대책 2

폭발 또는 화재 예방을 위한 통풍환기 조치

1,4-Dioxane과 같은 인화성액체를 취급하는 장소에서는 증기의 발산에 의한 폭발·화재를 예방하기 위하여 증기의 농도가 폭발한계 내에 들어가지 않도록 적절히 통풍 또는 환기 등의 제거 조치를 하여야 한다. 아래의 방법을 참고로 하여 당해 공정에 적합한 방법을 단독 또는 복합적으로 적용하여 사용하는 것이 필요하다.

1,4-Dioxane의 회수는 밀폐된 전용의 용기에 회수토록 하고, 이송 과정 중에서 발생하는 증기 또는 가스의 원활한 배출을 위해 벤트 구멍을 설치한 후 이로부터 배출되는 증기나 가스는 흡착탑, 스크러버 또는 소각설비 등 적절한 처리설비를 거치도록 하여야 한다.

인화성 액체의 증기 발산을 억제할 수 있도록 질소 등을 이용하여 불활성가스로 치환한다.

대책 3

정전기 등 점화원 관리 철저

1,4-Dioxane을 리시버 탱크로부터 드럼으로 회수하는 과정에서 초기 설계의도와 달리 2층에서 빈 드럼을 이용하여 용매를 회수하고자 하는 경우에는 공정안전보고서 안전운전계획의 변경관리지침에 의거하여 변경관리 절차를 준수하여야 한다.

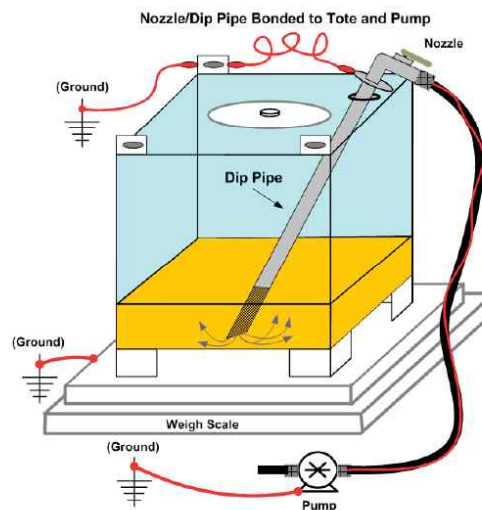
공정안전보고서 안전운전계획 변경관리 절차

- ① 변경을 수행함으로서 추가되는 위험이 없도록 제안된 변경내용에 대한 위험성을 충분히 검토
- ② 변경의 결과로서 요구되는 새로운 절차와 자료 등을 검토하여 개정
- ③ 변경에 관련된 안전운전절차서, 공정안전자료, 공정운전, 정비교육교재 및 설비·정비대장 등의 서류를 수정 또는 보완
- ④ 위험성평가, 안전운전절차, 공정안전자료 등 업데이트된 내용에 대한 근로자 교육



[사진 7] 현장에서 사용된 비도전성 호스 구조

또한 용기의 충전은 접지가 되어 있는 배관이 바닥까지 연장되도록 구성하는 것이 바람직하며, 바닥까지 연장되어 있지 않는 경우 충전 파이프가 말단으로부터 약 150 mm 가량 잠길 때까지 1 m/s 또는 그 이하의 낮은 속도로 충전 하여야 한다.



[그림 5] 이동식 용기에 인화성액체 이송시의 안전조치

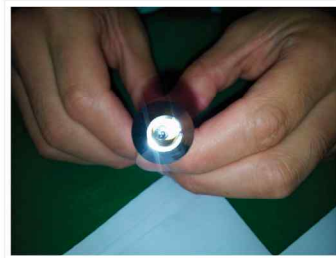
인체의 움직임 등에 의한 정전기 발생을 억제하기 위하여 제전복 착용, 습도 유지관리 등의 안전조치도 정전기를 제어하는데 효과적이다.

인화성액체의 증기 및 가스 등을 취급하는 폭발위험장소 내에서 취급하는 모든 전기기계기구는 방폭형 전기기계기구를 사용하도록 하고, 비방폭형 전기기계기구(예: 손전등 등 전기기계기구) 사용을 엄격히 통제하여야 한다.

대책 4

1,4-Dioxane 회수용 드럼의 액위 확인방법 개선

밀폐된 금속 드럼의 경우 용기 내의 액위를 확인하기 위하여 플렉시블 호스를 꺼내 들고 손전등 등으로 직접 확인하는 방법은 전기적 점화원에 의한 화재·폭발의 우려가 있으므로 근본적으로 액위를 확인할 수 있는 레벨게이지 또는 저울 등을 설치하여 사용하는 것이 바람직하다.



[사진 8] 현장에서 발견된 레이저포인터

대책 5

변경에 따른 안전운전절차 및 위험성평가 교육 철저

공정 운전 중 생산성 향상 또는 운전의 편리성 등을 고려하여 설비 또는 작업방법 등이 변경될 경우 변경요소 관리 지침에 의거하여 변경을 실시하고, 그에 따른 안전운전절차와 위험성평가 결과에 대한 교육을 근로자에게 실시하여야 한다.

VI. 사고로부터 얻은 교훈

1,4-Dioxane을 200ℓ 드럼으로 회수하는 과정에서 발생한 대형 폭발 사고로 소속 근로자 9명과 협력업체 소속 근로자 2명이 부상을 입어 그 중 8명이 사망하고 3명이 부상을 당한 이번 대형 폭발사고의 발생부터 대응까지의 과정에서 얻은 교훈은 다음과 같다.

교훈 1

작업방법, 생산공정 등이 변경된 때에는 변경관리절차를 준수하여야 한다.

2011년부터 가동을 운전을 시작한 공정에서 생산공정 변경, 생산량 증가 등으로 당초 설계된 작업 방법, 공정 등을 변경시에는 변경관리 절차에 따라 해당 분야 전문가가 위험성 평가를 실시하고, 그 결과에 따라 안전조치를 마련하고, 위험성 평가 결과, 변경된 작업절차 등에 대한 교육을 근로자에게 실시하여야 한다. 또한 생산 Cycle이 짧은 반도체 공정의 특성이 있다 하더라도 회분식공정의 운전변경은 반드시 공정안전관리제도에서 정하는 절차를 준수하여 안전을 확보한 후 운전하도록 하여야 한다.

- Batch 공정의 운전절차 준수
- 신제품 또는 신공정 개발에 대한 검증절차
- 위험성평가와 변경관리
- 위험공정에 대한 자동제어 기능 강화
- 설비의 제작기준과 정비체제 강화
- 옥내 Ventilation과 방폭설비 준수
- 기술교육과 교대근무 관리 철저
- 계량설비의 자동화 및 수작업에 대한 안전성 확보

교훈 2

폭발분위기가 조성되지 않도록 점화원 관리를 철저히 하여야 한다.

인화성 액체를 취급하는 때에는 인화성 액체의 증기에 의한 폭발분위기가 조성되지 않도록 불활성화, 환기 등의 조치 후에 작업을 실시하여야 한다. 인화성 액체를 드럼 등에 주입하는 설비를 사용할 때에는 정전기에 의한 화재·폭발 등의 위험이 발생할 우려가 있는 경우에는 접지, 본딩 등을 실시하고, 방폭형 전기기계기구의 사용 등 점화원 관리를 철저히 하여야 한다. 특히, 인체의 움직임 등에 의한 정전기 발생을 억제하기 위하여 제전복 착용, 습도 유지관리 등의 안전조치도 정전기를 제어하는데 효과적이다.

교훈 3

실질적인 재해예방이 가능한 안전보건경영시스템을 구축 하여야 한다.

사고발생 한달 전 사고발생 공정 옆에 위치한 LCD재료 생산공정에 대한 안전보건진단 결과 도출된 설비 변경관리 절차 준수, 정전기 예방조치 등의 지적사항을 전체 공장에 수평전개를 통해 적용할 수 있는 시스템이 구축되지 않은 것이 본 사고의 원인 중에 하나인 것으로 판단된다.

VII. 유사 사고사례 및 참고자료

사고사례 1

유기용제 사용 반응기 세정작업 중 화재발생

발생일시	2005. 2. 25(목) 18:40
사고장소	경기도 의왕시 ○○○○○
피해내용	1명 사망
사고내용	■ 합성수지실 수지제조공정 내에서 수지제조 작업을 종료한 후 피재자가 반응기 내부를 유기용제(xylene)로 세정작업을 하던 중에 「펑」 하는 소리와 동시에 화재가 발생
원 인	■ 반응기의 세정작업 시 유동 및 분출 정전기의 방전에 의해 화재

사고사례 2

회분식반응기 용제에 의한 폭발

발생일시	2007. 8. 25(토) 04:10
사고장소	전북 완주군 봉동읍 ○○○○○
피해내용	1명 사망
사고내용	■ 회분식 반응기상부 맨홀을 열고 고체 원료를 투입한 후 용제인 톨루엔을 배관을 통해 투입하면서 맨홀 덮개를 닫는 순간 반응기 내부의 톨루엔 증기가 점화원에 의해 폭발하면서 맨홀 덮개가 재해자에게 충격을 가하여 사망한 사고
원 인	■ 톨루엔 증기가 폭발하한인 1.2%를 초과한 상태에서 작업자가 맨홀 뚜껑을 닫는 과정에서 발생한 충격이나 작업자의 정전기에 의해 발생

□ 작 성

- 이재열 (안전보건공단 중대산업사고예방실)
- 고종기 (안전보건공단 중대산업사고예방실)
- 한 술 (안전보건공단 중대산업사고예방실)

□ 검 토

- 문 일 (연세대학교 교수, 안전보건공단 사고조사위원)
- 김찬오 (서울과학기술대학교 교수, 안전보건공단 사고조사위원)
- 이신재 (안전보건공단 기술이사)
- 이충호 (안전보건공단 중대산업사고예방실 실장)

『유기용제 취급용기 폭발사고』 사례 연구

2013-중대산업-1469

발 행 일 : 2013년 11월 일

발 행 인 : 한국산업안전보건공단 이사장 백 헌 기

발 행 처 : 한국산업안전보건공단 중대산업사고예방실

주 소 : 인천광역시 부평구 무네미로 478

전 화 : (032) 510-0642

F A X : (032) 512-8315

Homepage : <http://www.kosha.or.kr>

※ 무단 복사 및 복제하여 사용하는 것을 금지함