



화학사고 사례연구 도료(유기용제) 건조로 화재사고



목 차 Contents

화학사고 사례연구



I. 사고개요	4
II. 사업장 현황	5
III. 사고분석	9
IV. 사고발생 원인	14
V. 동종사고 예방대책	15
VI. 사고로부터 얻은 교훈	17
VII. 유사 사고사례	19
IX. 참고자료	20

용어설명



01 건조설비

- 연소실(버너실), 건조실, 덕트로 구성되어 있으며 연소실(버너실)에서 기체연료 또는 액체연료 등을 연소하여 발생시킨 열을 이용하여 건조실의 피 건조물을 건조시키고 피 건조물의 건조 시 발생하는 가스, 증기 또는 분진 등은 덕트로 배출하는 시설이다.

02 위험물 건조설비

- 건조설비 중 화재·폭발을 일으킬 위험이 있는 가스, 증기 또는 분진 등이 피 건조물 건조 시 발생될 수 있는 건조설비를 말한다.

03 자연발화

- 외부로부터 화염·전기적인 불꽃 등의 아무런 착화원이 없는 상태에서 가연성 물질에 열 등의 형태로 에너지가 주어졌을 때, 물질 자체가 스스로 발열하고 그 열이 장기간 축적되어 발화점에 도달하게 되면 물질이 스스로 타기 시작하는 산화반응 현상이다.

04 엔진 건조로 공정

- 소형 엔진 표면의 도료를 건조하는 공정으로 수절 건조, 하도 건조 및 상도 건조 3단계로 진행된다.



05 수절 건조

- 소형 엔진의 표면의 수분을 제거하기 위한 건조 단계이며 건조기를 약 60 °C까지 45분에 걸쳐 온도를 상승시킨 후 최소 20분간 건조를 진행하며 열원은 NG로 가열한 열풍을 사용한다.

06 하도 건조

- 수절 건조가 끝난 소형 엔진의 하도(Primer Paint)를 건조시키는 단계이며, 건조기를 최대 100 °C까지 45분에 걸쳐 온도를 상승시킨 후 최소 20분간 건조를 진행하며 열원은 NG로 가열한 열풍을 사용한다.

07 상도 건조

- 소형 엔진의 상도(Top Paint)를 건조시키는 단계이며 건조기를 최대 100 °C까지 45분에 걸쳐 온도를 상승시킨 후 최소 20분간 건조를 진행하며 열원은 NG에 가열된 열풍을 사용한다.

I. 사고개요



2018년 12월 17일(월) ○○사업장에 설치된 소형엔진의 표면에 도포된 하도 도료(Primer, 혼합 유기용제)를 건조시키기 위한 건조설비의 내부와 연결된 덕트에서 자연발화로 인한 화재가 발생하여 건조설비와 덕트가 파손된 사고이다.



[사진 1] 화재가 발생한 건조설비의 버너실과 덕트

01 인명피해

- 없음

02 물적피해

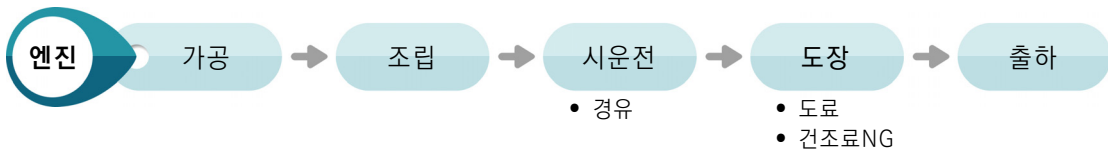
- 건조설비 및 덕트 손상

II. 사업장 현황

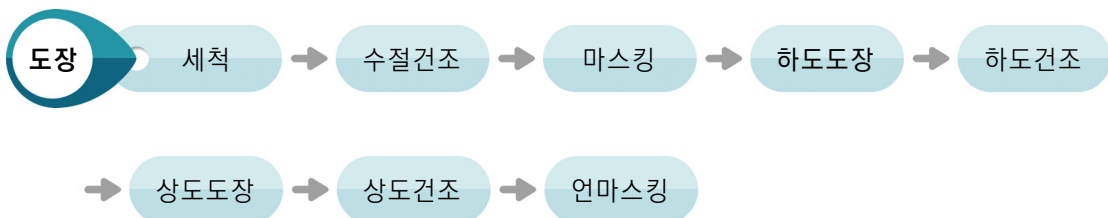
○○(주)는 소형 디젤엔진 공장을 준공하여 가동 중에 있다.

01 엔진 생산 부서

- 주철엔진 블록, 주철엔진 헤드 및 건설기계용 유압주물품, AI 헤드 등 금형분야 제조에 특화되어 있는 엔진부서는 산업용 디젤엔진, 차량용 디젤엔진, 농기계용 디젤엔진, 선박용 디젤엔진, 발전기용 CNG엔진, 차량용 CNG엔진을 생산하는 공장이다.
- 엔진 생산 공장의 도장 공정에서 도료, 건조 공정에서 NG, 시운전 공정에서 경유를 취급하고 경유 저장 탱크를 보유하고 있다.
- 사고가 발생한 건조 공정은 NG를 연료로 사용하는 열풍 건조기를 이용하여 엔진에 도포된 하도를 건조하는 공정이다.



[그림 1] 엔진 공장 생산 개략도



[그림 2] 도장 공정 개략도

02 사고 발생 물질

1) 산업용 코팅제(제품명: DP-40LF PRIMER GRAY)

물질명	인화범위	인화점	발화온도	증기압	증기밀도
산업용 코팅제	0.9~12.7 %	25 °C	자료없음	자료없음	1.38

※ 경고표지 그림문자 ※



인화성 액체



특정표적장기 독성 (마취, 중추신경계, 신장, 간)



피부 과민성



수생환경유해성 (만성)

- 인화성 액체
- 공기와 폭발성 혼합물을 형성함

2) 슬러지

- 화재로 인해 소화가 진행된 건조로 내부에서는 슬러지 시료 채취가 불가능하여 배기용 덕트에서 시료를 채취하였고 검댕(soot)이 묻쳐진 듯한 형태를 보이고 있으며 수 mm에서 수 cm까지 다양한 입자 크기로 되어 있는 물질이다.
- 슬러지의 생성 원인은 건조 대상물인 DP-40LF PRIMER GRAY 성분 중 공정 조건에서 휘발되지 않거나 불완전 산화되는 물질에 의해 형성되었을 것으로 추정된다.
- 공단의 산업안전보건연구원(화학물질연구센터)에 시험분석을 의뢰하여 열중량분석, 열안정성, 자연발화온도 3가지 시험을 실시하였다.
화학물질의 물리적 위험성을 확인한 결과 170 °C 부근에서 분해되고, 200 °C 활성분위기에서 발열하고 중량감소가 발생한 것으로 미루어, 보수적인 안전을 50 °C를 적용하였을 때 공정 운전 조건이 200 °C 이상인 경우 인화성 가스의 생성과 발열에 의한 내부 축열 발생 위험성이 있는 물질로 확인되었다.

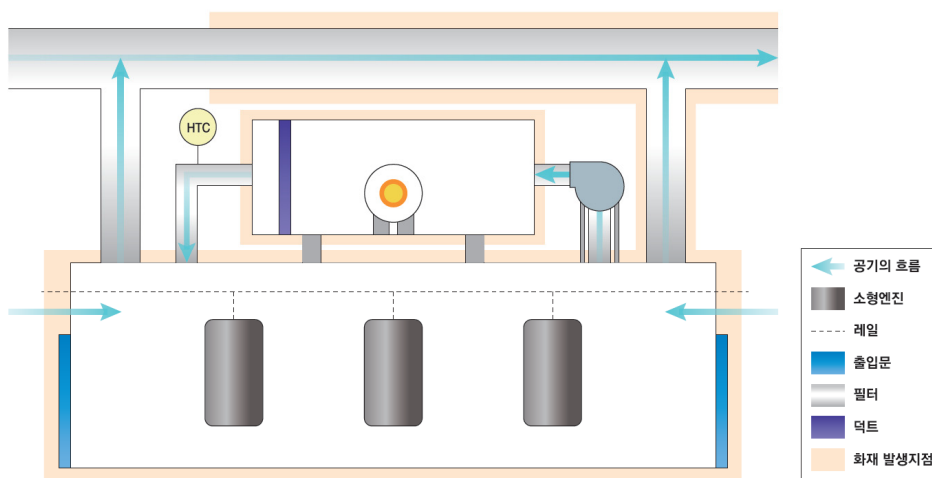
물질명	분해온도	발열온도		발화온도
		개시온도	외삽개시온도	
슬러지	170 ℃	200 ℃	266 ~ 267 ℃	265 ~ 267 ℃

03 사고 발생 설비

명칭	명세 (mm)	연식	압력(MPa)		온도(℃)		재질	
			운전	설계	운전	설계	본체	부속품
DRY OVEN	전열량 : 210,000 Kcal/h 크 기 : 78.8 m ³ 폭 : 1.4 m 길 이 : 15.15 m 높 이 : 4.05 m	2010년	60 mmAq	0.1	100	130	용융 아연도금 강판 KSD 3506	Mineral Wool (보온)

04 공정

1) 하도 건조 공정 계통도



[그림 3] 건조로 계통도

2) 하도 건조 공정 설명

- 수절 건조와 마스킹 공정을 거친 엔진에 하도 공정에서 산업용 코팅제인 DP-40LF PRIMER GRAY를 도포하게 된다.
- DP-40LF PRIMER GRAY가 도포된 엔진을 하도 건조 공정으로 이송하여 최대 100 ℃까지 승온시킨 건조로 내부에서 최소 20분 이상 건조를 진행하고 하도가 엔진에 완전히 증착되도록 하는 공정이고 건조가 끝난 엔진은 후속 공정인 상도 도장 공정으로 이송된다.
- NG버너에 의해 직접 가열된 건조 열풍을 건조 열원으로 사용하고 있다.



III. 사고분석



01 사고 발생 과정

1) 작업 상황

일 시	작업 현황
12/17(월) 09:07	• 건조기 상부의 버너 챔버실에서 '탕탕탕' 소리 발생
09:10	• 버너 챔버실에서 타는 냄새 발생 • 건조로 상부의 버너 챔버실 문을 개방 • 버너 주위 바닥 퇴적물에 불씨 발생 확인
09:15	• 소화기로 버너 챔버실 초기 화재 진압 시도
09:15	• 소방서 신고
09:20	• 자체 화재 진압 작업 실시
09:33	• 소방서에서 화재 진압 작업 실시
11:00	• 건조로 및 주변부 화재 진압 완료

* 최초 불씨발생을 확인 후 1시간 50분 경과 후에 화재진압 완료

02 사고 원인 분석

1) 슬러지 자연발화 가능성

- 공정 조건에서 휘발되지 않거나 불완전 산화되는 물질에 의해 형성된 슬러지의 자연발화 가능성 설비를 최초 가동한 이후, 인화성 물질을 건조 함에도 덕트 등에 쌓인 슬러지를 한 번도 제거한 적이 없고, 덕트 등에 슬러지 제거를 위한 별도의 청소구가 설치되어 있지 않은 상태였다.



[사진 2] 버너 챔버실 바닥에서 채취한 슬러지

- 슬러지의 위험성 확인을 위해 버너 챔버실 및 덕트의 상부(천장 부근)와 하부(바닥)에서 슬러지를 채취하여 '화학물질연구센터 위험성연구부'에 열안정성과 자연발화점 등에 대한 분석을 맡겼고, '해당 물질은 265 ~ 267 °C에서 자연 발화하는 물질이며, 170 °C 부근에서 분해되고 200 °C 부근에서는 열적산화에 의한 중량감소가 발생한 것으로 미루어, 인화성 가스의 생성과 발열에 의한 내부 축열 발생의 잠재적 위험성이 있는 물질'이라는 결과를 받았다.



산업화학연구원 위험성연구부

3. 평가결과 요약

평가항목	시험방법	평가결과									
열중량 분석 (TGA)	Thermo Gravimetry Analysis	슬러지-덱트상부 부착물				슬러지-덱트하부 퇴적물					
		온도범위 [°C]		중량변화 [%]		온도범위 [°C]		중량변화 [%]			
		Air		31 ~ 91 190 ~ 629		-25 -46		31 ~ 94 187 ~ 609		-45 -33	
		N ₂		31 ~ 91 175 ~ 643		-8 -51		31 ~ 90 169 ~ 642		-18 42	
열안정성 (DSC)	ASTM E 537-12	슬러지-덱트상부 부착물				슬러지-덱트하부 퇴적물					
			T _i [°C]	T _o [°C]	T _p [°C]	Q [J/g]	T _i [°C]	T _o [°C]	T _p [°C]	Q [J/g]	
		Air	중량	32	56	87	639	32	62	88	776
			발열	198	267	353	4669	197	266	452	4289
		N ₂	중량	32	57	88	716	31	75	95	713
			발열	-	-	-	-	-	-	-	-
자연 발화점	NF T 20-036	· 슬러지-덱트상부 부착물 : 267 °C · 슬러지-덱트하부 퇴적물 : 265 °C									

※ 의회시료의 화재폭발 등 물리적위험성에 대한 평가

- 열중량분석 및 열안정성 평가결과, 시료에 관계없이 100 °C 이하에서 부착 수분의 증발에 의한 흡열이 발생하였으며, 분위기에 따라서 차이가 있으나 대략 170 °C 부근에서 분해 및 200 °C 부근에서 열적산화에 의한 중량 감소가 발생하였으며, 이는 가연성 가스의 생성과 발열에 의한 내부 축열 발생의 잠재적 위험성이 있음을 의미한다고 할 수 있음.
- 이상의 물리적위험성 분석결과와 사고발생 설비의 운전조건을 종합적으로 검토할 때, 보수적인 안전율(50 °C)을 적용해도 해당 시료는 공정조건에서 열적산화와 이로 인한 자연발화의 발생 가능성이 있는 것으로 판단됨. 따라서 설비 및 배기덕트 내부의 슬러지 누적방지를 위한 조치(주기적인 청소 등) 및 설비의 주요위험부위에 외부 온도변화 모니터링/경보 장치 설치여부 등을 확인하는 등의 대책이 필요할 것으로 판단됨.

화학물질 물리적위험성 시험평가-건조로 발생 슬러지(퇴적물)

2 / 13

[사진 3] 슬러지 물리적 위험성 시험결과 보고서 평가결과 요약

- 자연발화가 되기 위해서는 공정 조건이 물질의 발열시작 온도 200 °C 이상이어야 하며 슬러지가 축열되어 265 ~ 267 °C까지 가열되어야 하나 2버너 챔버실에는 온도 센서 등 별도의 계측제어 설비가 설치되어 있지 않아, 챔버실 내부 운전온도의 실측값 확인은 불가능한 상태였다. 그러나 건조로로 공급되는 열풍의 제어 온도인 'HTC(Primer Baking Oven Temp. High)'의 설정값이 190 °C에 맞춰져 있었고, 화재도 버너실 바닥에서 발생되었기에 버너공정 시뮬레이션 프로그램을 통해 버너의 연소온도를 추정해 보았다.

- 연소온도 계산을 위한 조건은 아래와 같다.
 - 버너의 최대 전열량 : 180,000 Kcal/hr
 - 도시가스(NG) 열량 : 10,500 Kcal/Nm³
 - 도시가스(NG) 비중 : 0.8
 - 도시가스 양 : $180,000 \div 10,500 \times 0.8 = \text{약 } 13.8 \text{ kg/hr}$
 - 완전 연소로 가정
 - 버너의 효율은 100 %로 가정
- 시뮬레이션 결과 버너 연소온도는 약 2,026 °C 정도까지 올라갈 수 있어 버너 인근에 국부적으로 형성된 고온의 연소가스는 자연발화온도 조건을 형성하기에 충분하였을 것으로 추정된다.
- 초기 자연발화에 필요한 산소는 Air Rich 조건에서 운전되는 버너 특성상 연소가스에 남아 있는 산소가 이용되었을 것으로 추정되나 이번 화재와 같은 대형 화재로 이어지기 위해서는 충분한 산소가 필요하다.
- 최초 사고 발생 시에는 버너 주위에 불씨만 발견되었지만 소화기를 사용하여 제압 도중에 화재가 점점 커진 상황을 통해 짐작하건데, 소화를 위해 버너 챔버실 문을 개방하자 버너 챔버실 외부 공기가 버너 챔버실 내부로 유입되어 충분한 산소를 공급하게 되어 화재가 확산되었을 것으로 추정된다.

2) 건조로 내 증발된 인화성 증기에 의한 폭발 가능성

- 건조로 내 증발된 인화성 증기 및 버너 연소가스의 순환에 의한 폭발 분위기 형성 및 버너에 의한 점화 가능성

내부 폭발에 따른 과압의 영향으로 건조실 및 버너 챔버실의 벽면이 강한 충격을 받아 파열이나 변형이 일어나거나 최소한 폭발방산구가 터졌어야 하나 현장 조사 시 버너 챔버실의 폭발방산구에는 아무런 흔적이 없었다.

- 통상적인 건조설비의 폭발방산구 설정압력이 0.48 ~ 0.96 kPa 정도임을 감안할 때 건조설비 내의 폭발분위기 형성에 따른 폭발의 가능성은 희박한 것으로 추정가능하다.



[사진 4] 버너 챔버실 폭발방산구



3) 결론

- 금번 사고의 경우, 사고 발생 형태, 사고 발생 공정 조건, 사고 발생 물질 등을 검토한 결과 버너 챔버실 내부 연소 열기에 의한 슬러지의 자연발화가 사고의 원인인 것으로 분석된다.

■ 사고근본원인분석(RCA : Root Cause Analysis)

- 사고 발생에 대한 직·간접 원인 등을 종합하면 건조 시 발생할 수 있는 슬러지의 물질 특성 검토 불충분, 공정 가동 후 슬러지 제거 미실시, 건조기의 직화방식 사용에 의한 인화성 물질의 연소실 유입 등으로 인하여 사고가 발생한 것으로 추정된다.

단계	사고원인 1	사고원인 2	사고원인 3
1. 결함내용 분류	물질결함	정비결함	장치결함
2. 관련 조직	설계부서	정비부서	설계부서
3. 결함 종류	설계	정비	설계
4. 결함 대분류	위험성평가	설비의 점검, 정비 계획	장치설계
5. 결함 중분류	건조 물질, 부산물에 대한 위험성평가 미실시	설비 점검, 정비 대상 누락	건조기 및 덕트 구조
6. 결함 소분류	• 건조 대상물 중 휘발되지 않거나 불완전 산화되어 생성될 수 있는 슬러지 발생 가능성 미검토 • 슬러지 자연발화 가능성 등 물리적 위험성 미검토 • 건조 대상물질 중 인화성 물질의 최대 증발량 (농도) 미검토	• 설비 점검, 정비 대상에서 건조실 내부, 버너 챔버실, 덕트 등 누락	• 덕트 내부 슬러지 발생 상태 감시 및 청소를 위한 점검구 미설치

IV. 사고발생 원인



원인 1 / 건조로 및 덕트 내부에 쌓인 슬러지 미제거

- 건조 대상물인 DP-40LF PRIMER GRAY 물질 중 휘발되지 않거나 불완전 산화되어 생성될 수 있는 슬러지는 고온의 공정 운전 조건에서 자연발화가 발생할 수 있다.
- 그럼에도 불구하고 건조로, 버너실 챔버, 덕트 내에 쌓일 수 있는 슬러지를 설비 내부에 그대로 방치한 채 약 8년간 설비를 운영하여 자연발화 사고가 발생하였다.

원인 2 / 위험물의 고온 접촉 방지 미실시

- 건조 대상물 DP-40LF PRIMER GRAY에서 발생될 수 있는 슬러지의 자연발화 온도는 266 ~ 267 °C이므로 건조 대상물이 있는 건조실의 정상 운전 조건인 100 °C에서는 자연발화 가능성이 낮다.
- 그러나 건조설비 열풍이 건조실과 버너실을 순환하는 구조로 되어 있어, 건조 과정 중 발생된 슬러지가 버너 챔버실로 유입될 수 있는 구조로 인하여 슬러지가 고온으로 운전되는 버너실 바닥에도 쌓이게 되어 고온에 의한 자연발화 사고가 발생하였다.

V. 동종사고 예방대책



대책 1 / 공정 설비의 점검, 정비 철저(슬러지 제거 실시)

- 일반적으로 건조실의 건조 온도를 유지하기 위해서는 버너실의 운전온도를 건조실보다 높게 운전하여야 한다.
- 사고가 발생한 건조설비는 건조실에서 미건조된 위험물 또는 위험물 건조 과정 중에 발생한 불완전산화물(슬러지) 등이 버너실로 유입되어 쌓일 수 있는 구조이다.
- 이러한 경우 슬러지가 버너실에 지속 축적되면 자연발화 되어 화재, 폭발의 위험이 상당하다.
- 따라서 건조 과정 중 발생될 수 있는 슬러지 등 부산물의 인화점·발화점을 미리 파악하고 축적되는 슬러지를 제거할 수 있도록 건조기, 덕트 등에 점검구를 마련하여야 한다.
- 또한, 설비 점검 및 정비 유지보수 관리 지침에 건조실, 건조설비 버너 챔버실 및 덕트 등을 반영하여 정기적으로 슬러지를 제거하여야 한다.

대책 2 / 안전한 구조로 공정설비 개선

- 건조설비의 열풍이 건조실과 버너실간 순환하는 구조로 되어 있어 건조실의 위험물과 부산물이 버너실로 재 유입될 수 있는 구조이므로 버너실에 사용되는 열풍은 위험물이 존재하지 않는 장소로부터 공기를 흡입하도록 개선하여야 한다.
- 또한 건조설비의 건조실을 배기하는 배풍기가 정지될 경우 건조실 내에 인화성 물질의 농도가 급격히 상승하여 화재·폭발의 위험이 있을 수 있다. 그러므로 배풍기가 정지되는 경우 건조설비도 자동으로 정지되도록 인터록을 구성하여 안전한 운전이 되도록 개선하여야 한다.



대책 3 비상 시 대응 방안 개선

- 건조기 내부에서의 화재 등 이상 상황 발생 시에는 건조설비를 정지하여야 하고 불활성화 가스 등을 이용하여 건조설비 내부를 불활성화(Inerting) 조치를 하여 내부가 안정화된 것을 확인한 후 건조설비를 개방하도록 비상대응방안을 강구하여야 한다.

VI. 사고로부터 얻은 교훈



도료(유기용제) 건조로 화재사고로부터 얻은 교훈은 다음과 같다.

교훈 1 / 공정 내 위험물질 미인지는 사고의 원인이다.

- 이번 사고는 건조 시 생성될 수 있는 슬러지의 물리적 위험성에 대하여 제대로 인지하지 못하는데서 비롯되었다.
- 사업주는 기본적으로 공정에서 제조, 취급, 저장하는 모든 유해·위험물질 및 운전 중에 발생할 수 있는 유해·위험한 부산물의 위험성을 파악하고 있어야 한다.
- 물질에 대한 위험성을 파악한 후에 적절한 재질 및 운전조건 등을 반영하여 공장을 설계하여야 하며, 공장이 운전 중일 때에도 운전원을 포함한 공장의 모든 구성원이 물질의 위험성을 인지하는 것이 사고를 방지하고 피해를 줄이는 첫 번째 방법이라 할 수 있다.

교훈 2 / 점검, 정비 없는 화학설비의 사용은 사고의 원인이다.

- 이번 사고는 화학설비를 수 년간 사용하였음에도 단 한 차례도 점검, 정비를 하지 않아 화학설비 내에 슬러지가 쌓이는 것을 인지하지 못하는데서 비롯되었다.
- 모든 화학설비는 공정운전 과정 중에 제조, 취급 또는 저장하는 물질 및 부산물에 의한 화학설비의 부식, 쌓임, 막힘, 끼임 등으로 인한 위험이 축적될 수 있다.
- 이런 위험은 화학설비의 주기적인 점검, 정비를 통해 발견하고 제거할 수 있다.
- 화학설비의 점검, 정비를 수행하기 위해서는 화학설비의 이상 상황이 유발할 수 있는 안전적 측면의 위험과 경제적 측면의 위험을 모두 고려하여 화학설비별로 설비의 등급을 부여하여야 한다.

- 부여된 설비의 등급에 따라 점검의 주기와 예방정비, 예측정비, 고장정비 등 필요한 정비의 종류를 결정한 후 점검, 정비 계획을 수립하고 계획에 따라 실시한 점검, 정비 결과는 기기이력 카드에 기록하여 관리하여야 한다.
- 이러한 화학설비의 점검, 정비, 기록관리 활동을 통해 화학설비의 현재 위험 상태를 파악하고 위험에 미리 대응하는 것이 사고예방의 방법이라 할 수 있다.



교훈 3 / 법은 최소한의 요구 사항이고 위험성평가는 필수이다.

- 「산업안전보건법」과 관련 시행령, 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 요구하는 안전보건 수칙은 작업자의 안전보건을 지키기 위한 최소한의 요건임을 인지하고 법에서 요구하는 안전수칙은 필히 준수하여야 한다.
- 또한 법에서 요구하는 최소한의 안전보건 조치를 한 후 사업주는 정기적으로 사업장에서 발생 가능한 모든 위험성에 대하여 평가하여야 한다.
- 위험성평가는 정상적인 공정 가동 중에 발생 가능한 공정 위험성평가와, 일상 작업과 정기보수작업 등 모든 작업에 대한 위험성을 도출해내는 작업 위험성평가로 구분할 수 있다.
- 특히 작업 위험성평가의 경우 작업 내용에 치중해 물질의 위험성에 대해서는 소홀히 하는 경우가 있을 수 있으므로 다양한 관점에서 위험성을 검토하여야 한다.



Ⅶ. 유사 사고사례



01 건조기 폭발 사고

발생일시	1997년 10월
사고장소	전남 소재 고무공장
피해내용	물적 피해 (인적 피해 없음)
사고내용	EP고무 생산과정 중 보수작업 후 시운전시에 제품건조기의 배기가스 배출설비에서 Stripping되지 못한 헥산이 건조과정으로 유입되어 폭발이 발생하였다.

02 건조기 자연발화 화재 사고

발생일시	2013년 3월
사고장소	울산 소재 비료공장
피해내용	피해 없음
사고내용	질산퇴비료 건조기에서 자연발화로 인한 화재가 발생하였다.

IX. 참고자료



1. 산업안전보건법, 고용노동부; 2018
2. 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단; 2006
3. 중대산업사고 조사의견서, 한국산업안전보건공단; 2010~2017
4. KOSHA Guide P-151-2016 사고의 근본원인 분석기법에 관한 기술지침
5. KOSHA Guide P-71-2012 건조설비설치에 관한 기술지침

작 성

김 영 호 (안전보건공단 경기지역본부 화학사고예방센터(시흥))
김 정 덕 (안전보건공단 경기지역본부 화학사고예방센터(시흥))
강 기 완 (안전보건공단 경기지역본부 화학사고예방센터(시흥))

검 토

권 혁 면 (연세대학교 산학협력단)
윤 동 현 (윌테크)
주 종 대 (산업안전환경기술원)
권 현 길 (안전보건공단 교육원)

안전보건공단 전문기술실 전문기술부

2019-전문기술-307

『도료(유기용제) 건조로 화재사고』 사례 연구

발행일	2019년 7월 1일
발행인	한국산업안전보건공단 이사장 박두용
발행처	한국산업안전보건공단 전문기술실
주소	울산광역시 중구 종가로 400
전화	(052) 703-0600
FAX	(052) 703-0312
Homepage	http://www.kosha.or.kr
디자인·인쇄	(사)한국신체장애인복지회 ☎ 02.6401.8891

※ 무단 복사 및 복제하여 사용하는 것을 금지함

도료(유기용제) 건조로 화재사고사례(2018.12.17.)

본 사례는 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 안전을 기하여 주시기 바랍니다.

도료(유기용제) 건조로 화재사고

사고개요

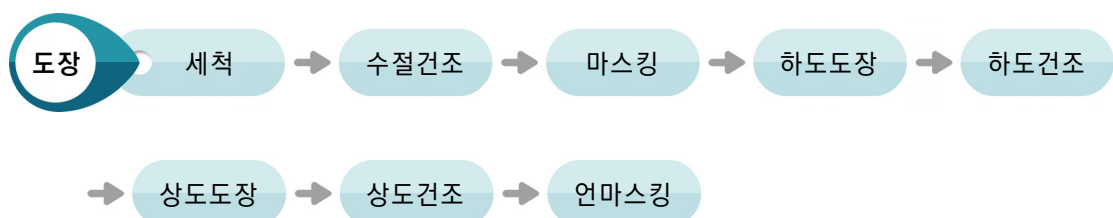
2018년 12월 17일(월) OO사업장에 설치된 소형엔진의 표면에 발라진 하도 도료(Primer, 혼합 유기용제)를 건조시키기 위한 건조로의 내부와 연결된 덕트에서 화재가 발생한 사고임



[그림] 화재가 발생한 건조로의 버너실

01 사고발생과정 및 물질

- 산업용 코팅제(도료) 건조 시 발생한 슬러지가 건조설비의 건조실에서 버너실로 재 유입되어 바닥에 쌓인 후 버너실의 고온에 의해 자연발화한 사고임



- 사고발생물질

물질명	분해온도	발열		발화점
		개시온도	외삽개시온도	
슬러지	170℃	200 ℃	266 ~ 267 ℃	265 ~ 267 ℃

02 사고발생원인

- 건조로 및 덕트 내부에 쌓인 슬러지 제거 미실시
 - 공정 운전 조건에서 자연발화 할 수 있는 슬러지를 점검, 정비를 통해 제거하지 않고 버너실 챔버와 덕트의 내부에 방치한 채 설비를 수년간 운영하여 자연발화 사고가 발생함
- 위험물의 고온 접촉 방지 미실시
 - 건조설비 열풍이 건조실과 버너실을 순환하는 구조로 되어 있어 건조 과정 중 발생된 슬러지가 버너 챔버실로 유입될 수 있는 구조로 인해 슬러지가 고온으로 운전되는 버너실 바닥에도 쌓이게 되어 고온에 의한 자연발화 사고가 발생함

03 동종사고 예방대책

- 공정 설비의 점검, 정비 철저 (슬러지 제거 실시)
 - 슬러지를 제거할 수 있도록 건조기, 덕트 등에 점검구를 마련하고 설비 점검 및 정비 유지보수 관리 지침에 건조기, 건조기 버너 챔버실, 덕트 등을 반영하여 정기적으로 슬러지를 제거하여야 함
- 안전한 구조로 공정설비 개선
 - 버너실에 사용되는 열풍은 위험물이 존재하지 않는 장소로부터 공기를 흡입하도록 설비 구조를 개선 건조설비의 건조실을 배기하는 배풍기가 정지될 경우 건조실내에 인화성물질의 농도가 급격히 상승하여 화재, 폭발의 위험이 있을 수 있으므로 배풍기가 정지되는 경우 건조설비도 자동으로 정지되도록 인터록을 구성하여야 함
- 비상 시 대응 방안 개선
 - 건조기 내부에서의 화재 등 이상 상황 발생 시에는 건조설비를 정지하여야 하고 불활성화 가스 등을 이용하여 건조설비 내부를 불활성화(Inerting) 조치를 하여 내부가 안정화된 것을 확인한 후 건조설비를 개방하도록 비상대응방안을 개선하여야 함