

2022년 화학사고 사례연구

진공세척건조기 세척액 누출 화재사고



충남권(서산) 화학사고예방센터

6호 :

2022년

화학사고 사례연구

CONTENTS

○ 진공세척건조기
세척액 누출
화재사고

I.	사고개요	5
II.	사업장 현황	6
III.	사고분석	7
IV.	사고발생 원인	16
V.	동종사고 예방대책	17
VI.	사고로부터 얻은 교훈	19
VII.	유사 사고사례	20
VIII.	참고자료	21





용어설명

01 진공세척건조기

- 가공 중 제품에 묻은 절삭유를 세척액으로 씻어내기 위한 설비이며 내부를 진공으로 함으로써 세척액이 탱크에서 건조설비 내부로 이송되고 제품에 남아있는 절삭유와과 잔여 불순물이 함께 세척·증발·제거되도록 제작된 건조설비이다.

02 열처리

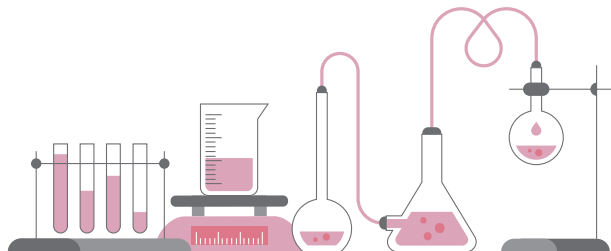
- 가열·냉각 등의 조작을 적당한 속도로 조절하여 그 재료의 특성을 개량하는 행위를 일컬으며 담금(Quenching, 금속 등을 가열하고 냉각함으로써 경도를 높이는 작업), 뜨임(Tempering, 담금질한 금속 등을 재가열하여 알맞은 특성을 가지게 만드는 작업), 냉각 작업 등이 이에 해당한다.

03 분위기가스

- 수소, 일산화탄소, 질소로 구성된 인화성 가스이며 가열된 금속의 표면이 산화되는 것을 방지하기 위해 담금열처리로에서 사용된다.

04 배치(Batch) Type 열처리로

- 담금(Quenching) 열처리로, 진공세척건조기, 뜨임(Tempering) 열처리로, 냉각대 및 부속설비로 구성된 열처리 설비이며, 담금, 뜨임, 냉각, 세척 공정을 제품이 컨베이어를 통해 순차적으로 거치게 되는 연속 열처리로와는 다르게 각 설비에 제품을 수작업으로 장입하는 방식으로 운영되는 설비이다.





I. 사고개요

- 2021년 6월 ○○○○사업장 열처리 공정에서 배치(Batch) Type 열처리로 진공세척 건조기의 세척액 공급 밸브 동작 불량 점검 중 세척액 누출로 화재가 발생하여 작업자 2명이 화상을 입은 사고임.

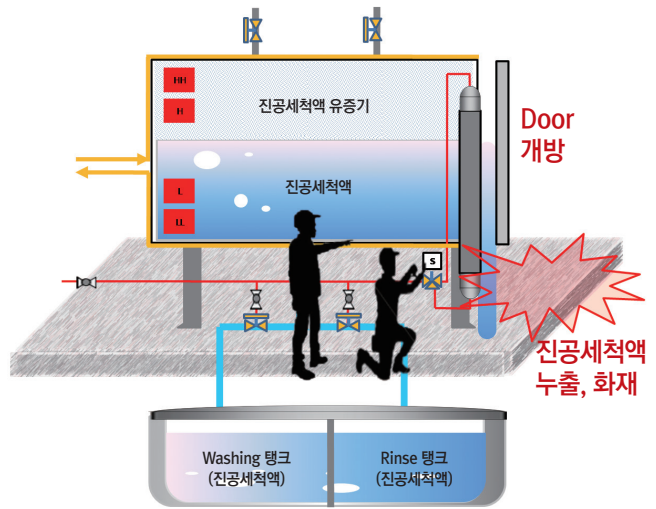


그림 1 진공세척건조기 및 사고발생상황

01 인명피해

- 근로자 부상 2명

02 물적피해

- 배치(Batch) Type 열처리로 소실



II. 사업장 현황

01 사업장 개요

- ○○○○사업장은 절삭가공, 정밀단조, 열처리 등을 통해 금속 파스너(Fastener), 차량용 기능볼트 등을 제조하는 사업장이다.

02 공정 설명

- CNC선반 등에서 가공된 볼트의 재질의 강도를 높이고 조직 구성을 안정시키기 위해 세척-담금-뜨임-냉각 작업 등을 수행하는 공정이다.

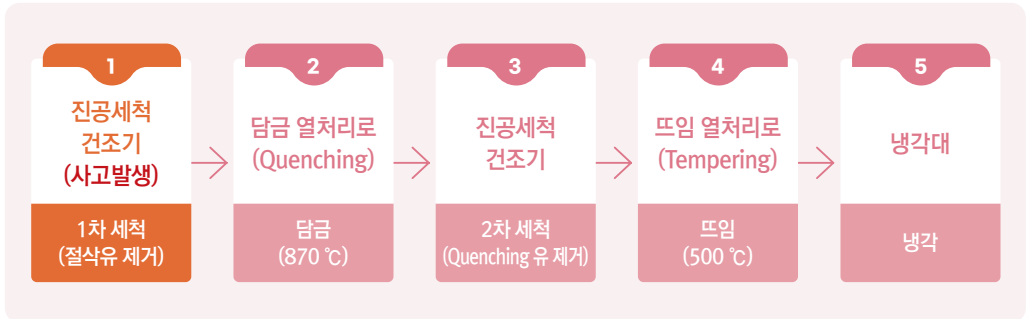


그림 2 열처리 공정 흐름

- ① 1차 세척 (Washing & Rinse) : 볼트의 기계적 가공 시 묻어 있는 이물질과 절삭유를 진공상태에서 세척액으로 씻어내는 단계
- ② 담금 (Quenching) : 볼트를 가열하여 경도를 높이는 단계이며, 고온으로 가열된 볼트가 탄소를 잃어 경도가 떨어지는 것을 방지하기 위해 분위기가스를 투입하여 고온으로 가열된 볼트의 내부 변화를 저지하고 안정된 상태를 유지하기 위해 Quenching oil로 냉각함 (사용한 분위기가스는 도시가스 버너로 소각하여 제거)
- ③ 2차 세척 (Washing & Rinse) : 담금 단계에서 볼트에 묻은 Quenching oil을 진공 상태에서 세척액으로 씻어내는 단계
- ④ 뜨임(Tempering) : 담금질한 볼트를 적정 온도로 재가열하는 단계
- ⑤ 냉각 : 뜨임에서 가열된 볼트를 상온으로 냉각하여 조직을 안정시키고 내부 응력을 제거하는 단계



Ⅲ. 사고분석

01

사고 발생 과정

일시	작업 현황
2021년 06월 ○○일 21:45 경	<ul style="list-style-type: none"> 배치(Type) 열처리로 가동
06월 ○○일 00:29 경	<ul style="list-style-type: none"> 진공세척건조기 진공 파괴 밸브 닫힘 이상 발생
06월 ○○일 00:30 경	<ul style="list-style-type: none"> 진공세척건조기 진공 밸브 열림 이상 발생 및 해제
06월 ○○일 00:41 경	<ul style="list-style-type: none"> 진공 파괴 밸브 닫힘 이상 해제
06월 ○○일 00:41 ~ 46 경	<ul style="list-style-type: none"> 진공 파괴 밸브 “닫힘 이상”, “열림 이상” 발생과 해제가 반복되다 최종적으로 “닫힘 이상”이 해제됨
06월 ○○일 01:41 경	<ul style="list-style-type: none"> 진공세척건조기 Washing 밸브가 설치된 장소로 작업자가 접근함 [그림 3] 참조
06월 ○○일 01:42 경	<ul style="list-style-type: none"> 진공세척건조기 Door 구동부 전자식 밸브로 작업자가 접근하여 라이트를 켜고 점검함 [그림 4] 참조 점검 시작 10여 초 후 진공세척건조기 도어가 개방되고 유증기가 작업장으로 퍼지기 시작함
06월 ○○일 01:43 경	<ul style="list-style-type: none"> 유증기가 진공세척건조기 좌측 약 1m 정도에 위치한 담금(Quenching) 열처리로의 전면 하부에서 점화되어 화재 발생
06월 ○○일 01:44 경	<ul style="list-style-type: none"> 제어시스템에서 Rinse 액 공급 밸브, Air 압력저하, Wash 액 공급 밸브, 냉각수 압력, 응축액 공급밸브, 진공배기밸브, 진공파괴 밸브, 진공세척건조기 Door 위치 이상상태 경보가 동시에 발생됨
06월 ○○일 03:00 경	<ul style="list-style-type: none"> 화재 진압 완료

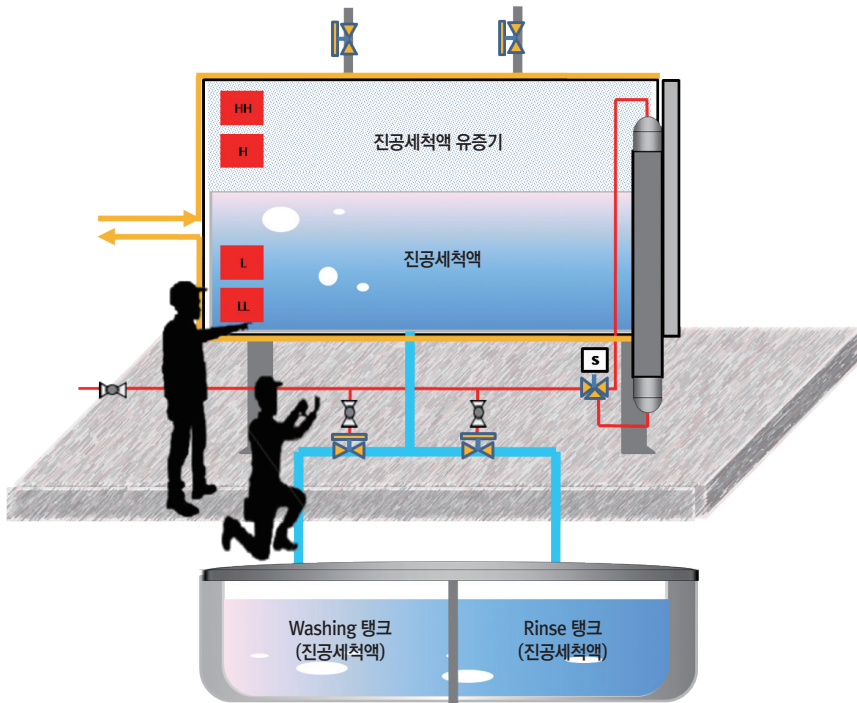


그림 3 사고발생 상황 추정도 (Washing 밸브 접근)

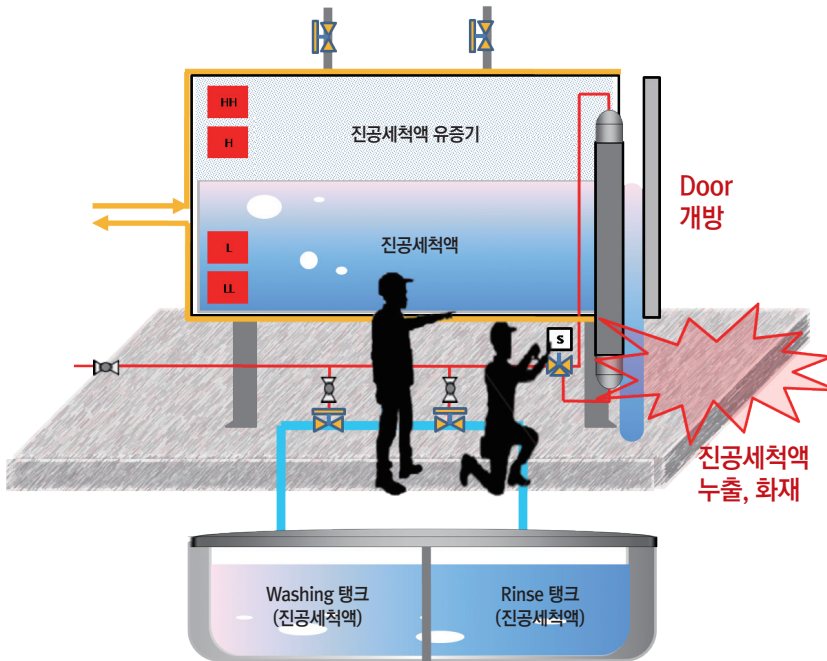


그림 4 사고발생 상황 추정도 (Door 개방 전자식 밸브 접근)



02

사고 발생 물질

1) 세척액

| 표 1 | 사고발생 물질 조성

물질명	CAS No.	함량 % (질량비)	폭발한계 (Vol.%)		인화점 (°C)	발화점 (°C)	증기압 (kPa)	전기전도도
			하한	상한				
알칸, C9-11-ISO	68551-16-6	15	0.7	5.4	58	365	0.106 (at 20°C)	자료없음
알칸, C10-13-ISO	68551-17-7	85						

경고표지 그림문자



인화성
인화성 액체 또는 증기



환경유해성
수생생물에 매우 유독함



자극성, 과민성
눈에 심한 자극을 일으킴

03

사고 발생 설비

- 진공세척건조기

| 표 2 | 진공세척건조기 제원

장치명	크기(mm)			설계조건		운전조건		사용 재질
	너비	높이	깊이	압력(barG)	온도(°C)	압력(barG)	온도(°C)	
배치로-8	760	760	1520	Full Vacuum	160	10 torr ~ 상압	70 (내부) / 130 (열매)	Carbon steel

04

사고 발생 공정(진공세척건조기)

- 진공세척건조기를 진공상태로 만들고 하부에 설치된 Washing 밸브를 개방하면 세척액 탱크에서 진공세척건조기로 압력 차로 인해 세척액이 이송되고, 세척이 종료된 후 진공세척건조기의 진공을 해제하고 Washing 밸브를 개방하면 세척액 탱크로 회수되는 구조로 되어 있다.
- 사고는 Washing 밸브가 제대로 동작하지 않아 보수 중이던 진공세척건조기에서 발생하였다.



그림 5 배치 (Batch) Type 열처리로 구성

▶ 진공세척건조기 운전 절차

- ① 제품 장입
- ② 제어반에서 Washing Start (이후 모든 절차가 자동으로 진행)
- ③ Door 닫힘
- ④ 진공펌프 동작
- ⑤ 진공밸브 열림
- ⑥ Washing 밸브 열림 (세척액 공급)
- ⑦ 액위 High 경보시 Washing 밸브 닫힘
- ⑧ 세척 (Washing) 진행
- ⑨ 진공밸브 닫음, 진공파괴밸브 개방
- ⑩ Washing 밸브 열림 (세척액 배출)
- ⑪ 액위 LowLow 경보
- ⑫ Washing 밸브 닫힘



- ⑬ Rinse Start (Washing 밸브는 Rinse 밸브로 변경되어 ⑤ ~ ⑫ 반복)
- ⑭ 진공파괴밸브 닫음, 진공밸브 열림, 진공 건조 2,000sec 진행
- ⑮ Door 개방 (종료)

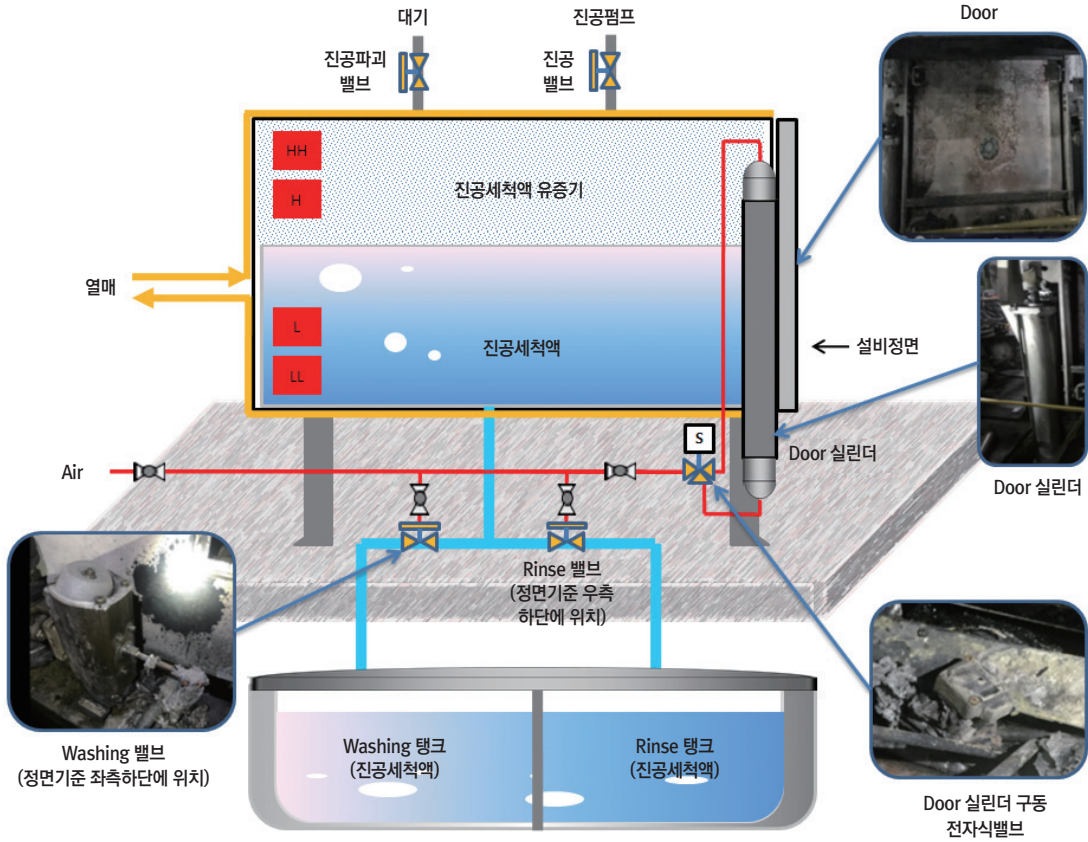
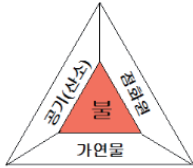


그림 6 진공세척건조기 계통도

05

폭발·화재 원인 분석



☑️ 폭발·화재가 발생하기 위해서는 가연물(폭발 위험분위기를 형성하는 인화성물질), 점화원, 공기(산소)가 공존해야 하므로 이를 기준으로 다음과 같이 추정하였다.

1) 가연물

※ 화재가 시작된 진공세척건조기가 포함된 배치(Batch) Type 열처리로 설비에서는 인화성 액체인 세척액 외에도 인화성 가스인 도시가스, 분위기가스를 사용하고 있었으나 사업장 CCTV 영상에서 진공세척건조기 Door가 개방되며 유증기가 실내로 확산되는 것이 확인되어 타 인화성 물질의 누출에 의한 화재는 배제한다.

- 진공세척건조기 내부 운전온도는 세척액의 인화점인 56℃ 보다 높은 약 70℃이고 약 70℃에서의 세척액 증기압은 (약 23.6torr) 진공세척건조기의 운전압력 (10torr) 보다 높아 세척액이 기화되기 적당한 조건이었을 것으로 추정된다.
- 진공세척건조기 Washing 밸브 점검을 수행하기 전에 진공세척건조기의 진공파괴밸브의 열림/닫힘 동작이 반복되었기 때문에 진공세척건조기 내부의 압력은 정상운전 압력인 10torr 보다 상승하여 대기압력에 가까워져 있었을 것으로 추정된다. 이로 인해 기화된 세척액이 다시 응축되었다라도 진공세척건조기 내부에 아직 응축되지 않은 세척액 증기가 남아있었을 가능성을 배제하기 어렵다.
- 따라서, 진공건조세척기 내부에 남아있던 세척액 증기가 진공세척건조기 Door가 개방되는 순간 대기로 누출되었고 가연물로 작용하였을 것으로 추정된다.
- 세척액 및 증기의 누출 원인 추정
 - 진공세척건조기 Door는 세척액 액위가 LowLow 아래로 내려가야만 개방되도록 인터록이 되어 있고, 이는 자동모드/수동모드 모두에 적용되어 있어 세척액이 진공세척건조기 내부에 남아있는 상태에서는 정상 조작으로 Door를 개방할 수 없다.
 - 진공세척건조기 Door는 복동 공압실린더로 구동되어 공기압력으로 한번 열린 (또는 닫힌) 후에는 닫힘 (또는 열림) 방향으로 공기가 주입되지 않는 이상 열림 (또는 닫힘) 상태가 유지된다.
 - Door 개방 실린더를 열고 닫는 전자식밸브의 열림/닫힘을 조작하는 방법은 단 두 가지로, 제어설비의 인터록에 의한 열림/닫힘 전기적 신호 또는 전자식밸브 자체에 부착되어있는 열림/닫힘 조작 버튼을 사람이 누르는 방법이다.
 - 세척액을 Washing 탱크로 내보내는 Washing 밸브가 고장나 세척액이 배출되지 못한 상태에서 점검을 진행하였던 점과 Door가 개방되며 내부에 남아있던 세척액과 유증기가 외부로 누출된 점 등으로 미루어 보아 진공세척건조기의 액위는 LowLow보다 높았을 것으로 추정된다.



- 이 경우 정상적인 제어기 인터록이라면 Door가 열리지 않았을 것이므로 밸브 점검 작업 중 누군가 전자식밸브의 열림 버튼을 조작하여 Door가 개방되고 진공세척건조기 내부에 남아있던 세척액과 유증기가 외부로 누출되었을 가능성이 크다.
- 낮은 가능성이긴 하나 제어기 오작동 또는 전기적 신호의 노이즈 등에 의해 Door가 열렸을 가능성도 완전히 배제하기는 어렵다.

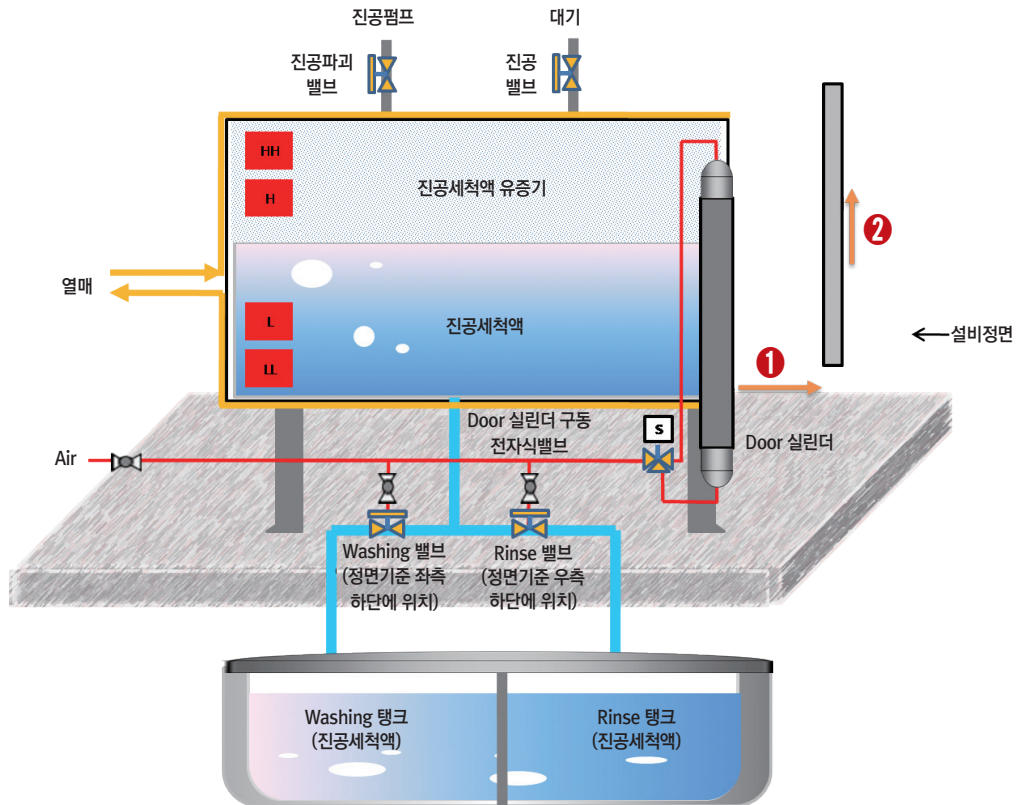


그림 7 Door 열림 방식 (①에서 ② 순서로 열림)

2) 공기 (산소)

- 열처리 작업장 내 대기 중의 산소가 진공세척건조기에서 누출된 세척액의 유증기와 혼합되며 폭발분위기를 형성하였을 것으로 추정한다.

3) 점화원

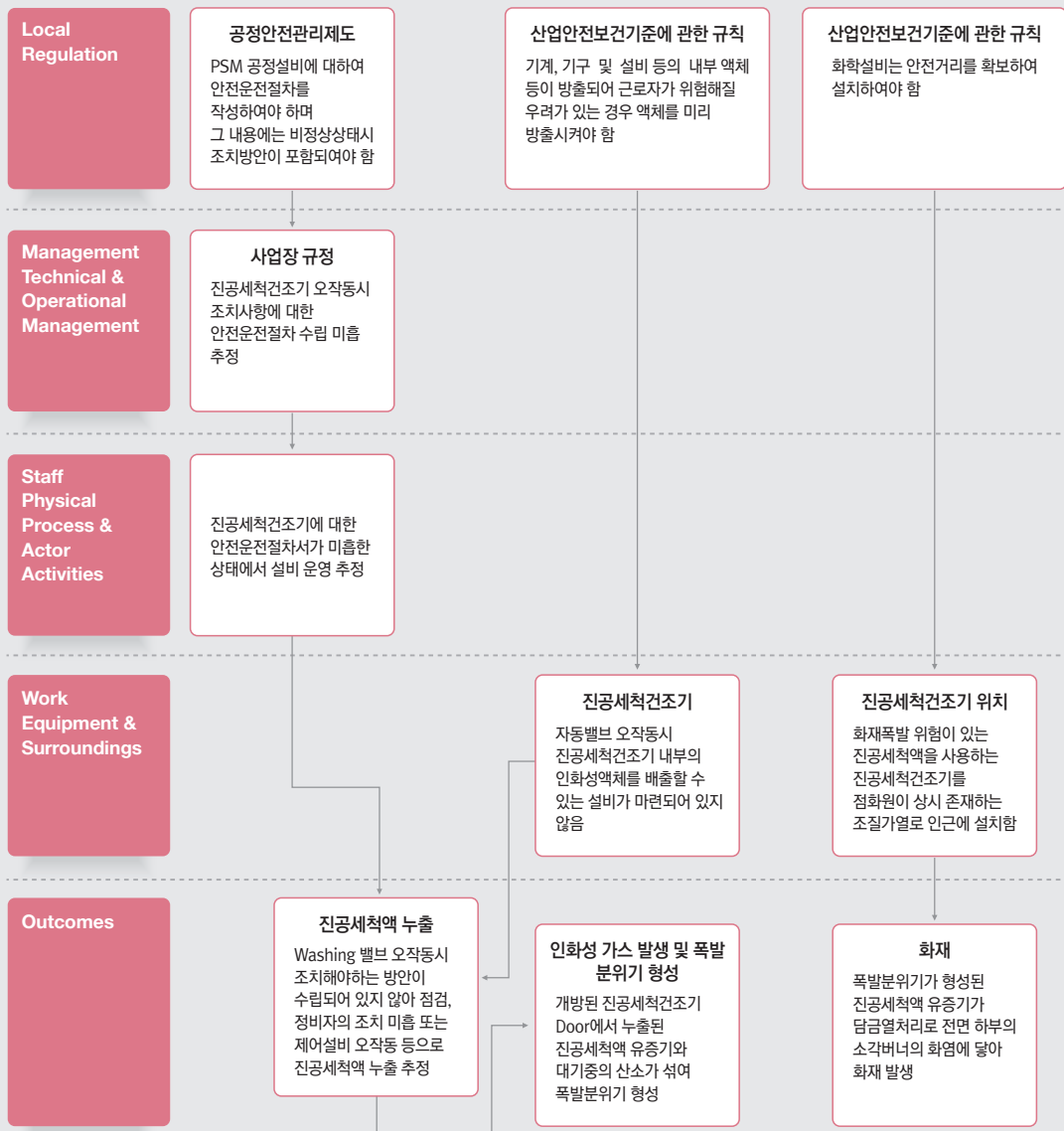
- 점화원에 대하여 아래와 같이 검토한 결과 세척액 유증기는 인근 담금열처리로 분위기가스 소각용 버너의 화염이 점화원으로 작용하였을 것으로 추정된다.
- 담금(Quenching) 열처리로 분위기가스 소각용 버너의 화염

- 진공세척건조기 Door가 개방된 직후 유증기가 바닥으로 깔리며 좌우로 확산되고 증기가 짙어진 후 담금(Quenching) 열처리로 하부에서 최초 발화되었다.
- 담금(Quenching) 열처리로는 전면 상부와 하부에 각 1개소씩 분위기가스를 소각하기 위한 소각설비 버너가 있으며 진공세척건조기와 약 1 m 정도 떨어져 있다.
- 사고 발생 단계는 절삭유를 제거하는 1차 세척 단계로 담금(Quenching) 열처리를 사용하기 전 단계이긴 하나, 사고 발생 당일 작업일지에 21시 45분경부터 다음날 01시 55분까지 담금(Quenching) 열처리에 다른 제품을 장입하고 열처리로 내부 온도를 870°C로 유지하도록 기록되어있는 것을 미루어보아 사고발생 시점에 담금(Quenching) 열처리와 분위기가스 소각용 버너가 가동되고 있었을 것으로 추정된다.
- 담금(Quenching) 열처리와 분위기가스 소각용 버너는 폭발분위기를 형성하며 확산하던 세척액 유증기와 접촉하기 쉬운 진공세척건조기 인근에 설치되어 있어 소각용 버너의 불꽃이 세척액 유증기와 접촉하며 점화원으로 작용하였을 가능성이 크다.
- 정전기
 - 사고 당시 인근 작업자 활동에 의한 정전기 대전 및 방전, 진공세척건조기 전면 Door 움직임에 의한 정전기 대전 및 방전 등을 고려하였으나, 사고 당일 기후(기온 약 20.6~21.2°C, 습도 약 75%~77%, 기상청 자료)는 정전기가 쌓이기 어려운 조건이고 CCTV에서 확인된 발화 위치에 작업자가 없는 점과 화재 발생 순간에는 Door가 멈추어 있던 점 등으로 미루어보아 정전기로 인해 점화되었을 가능성은 매우 낮을 것으로 추정된다.



사고 발생원인 분석(AcciMap)

- 사고가 발생한 설비는 위험물을 취급하는 설비이므로 내부의 위험물로 인해 사고 발생 위험이 있는 경우 위험물을 제거하고 안전한 상태에서 점검·정비가 가능하도록 설계·시공하고 운전절차를 수립·교육·준수토록 하여야 하나, 이를 이행하지 않는 등 복합적인 요인에 의해 사고가 발생하였다.





IV. 사고발생 원인

- ☑ 사고 후 현장 조사시 확인된 작업방식, 설비유지관리실태 등을 고려하였을 때, 사고발생 원인은 아래 원인이 복합적으로 작용하였을 것으로 사료된다.

원인
1

화학설비 및 부속설비의 설계 · 시공 미흡 추정

- 화학설비 및 부속설비의 점검 또는 정비시에 화학설비 내부의 유해위험물질로 인해 작업자가 위험해 질 수 있다고 판단되는 경우 해당 설비 내부의 유해위험물질을 제거한 후 작업을 하여야 하나
 - 재해 발생 설비인 진공세척건조기는 Washing 밸브(수동조작불가)를 통해서만 세척액을 진공세척 탱크로 배출할 수 있고 해당 밸브가 동작하지 않는 경우 진공세척건조기 내부의 세척액을 안전하게 배출할 방법이 없어 불가피하게 설비 내에 위험물이 남아있는 상태에서 작업을 하였을 것으로 추정 된다.

원인
2

안전운전절차 수립 및 작업위험성평가 실시 미흡

- 설비 오동작 상황에서 운전원 또는 정비보수원이 적절한 조치를 하여 안전한 상태에서 설비 점검 · 정비가 이루어 질 수 있도록 안전운전절차를 마련하여 운전원 및 작업자에게 교육하고 준수하도록 해야 한다.
 - 이번 사고 설비는 설비 운전 중 발생할 수 있는 오동작 경우(case) 및 예상되는 오동작 상황별로 취해야 할 조치와 관련한 내용이 안전운전절차에 기재되어 있지 않아 현장에서 임의로 조치를 취하다가 설비가 개방되고 위험물이 외부로 누출되었을 것으로 추정된다.
- 작업 대상 설비는 인화성액체 등 위험물질을 취급하여 위험물 누출 · 화재 · 폭발의 위험이 상존함에도 불구하고 관련 작업위험성평가를 미흡하게 실시
 - 위험물이 잔존하고 있는 설비 점검시 점화원으로 작용할 수 있는 인접한 설비의 가동을 중지하지 않은 채 작업하는 등 작업 전 누출 · 화재 · 폭발 위험요인의 사전 발굴 및 개선 활동이 미흡하였을 것으로 추정된다.



V. 동종사고 예방대책

대책 1

공정 설비에서의 누출 예방 조치

- 화학설비 및 부속설비의 점검 또는 정비시 위험물의 누출을 예방하기 위해서 가장 근본적인 안전조치는 위험물을 제거하고 작업하는 것이며 이를 위해서는 어떤 상황에서도 적용 가능한 위험물 제거 방안이 마련되어 있어야 한다.
- 모든 화학설비 및 부속설비는 고장이 발생할 수 있으며 이는 화학설비 및 부속설비에서 위험물을 제거하는 설비도 동일하다. 즉, 화학설비 및 부속설비로부터 위험물을 제거하는 방안이 특정 설비(밸브 등)를 이용해야 하는 단 한 가지 방안뿐이라면 해당 설비 고장시 위험물을 안전하게 제거할 방법은 없다.
- 따라서, 화학설비 및 부속설비의 위험물 제거 방안은 두 가지 이상이 마련되도록 화학설비 및 부속설비를 설계하고 시공되어야 한다. 이번 사고 설비를 예로 들자면 Washing 밸브의 고장시에도 세척액을 진공세척건조기에서 진공세척탱크 (Whasing tank 또는 Rinse tank)로 배출할 수 있는 점검·정비목적의 By-pass 배관 및 밸브를 구성하는 것이다. [그림 8] 참조

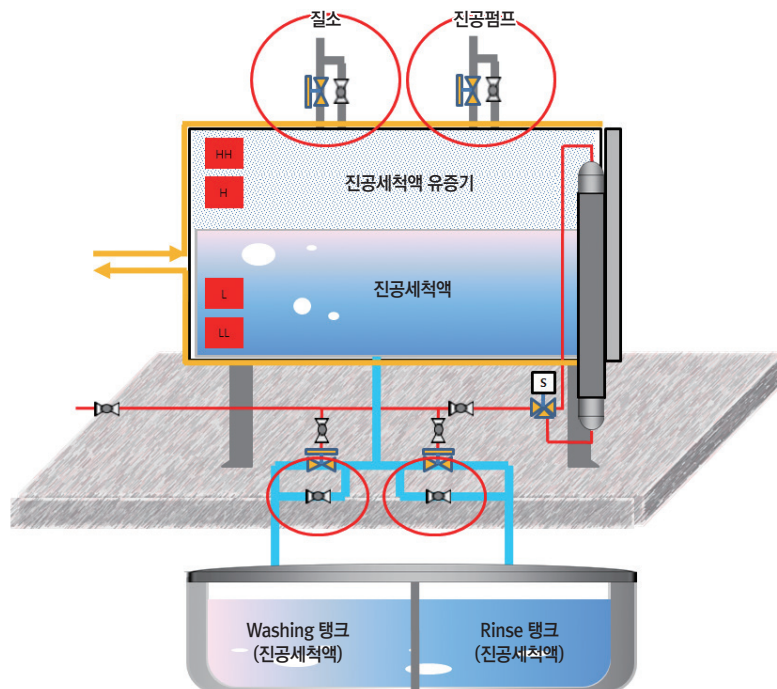


그림 8 위험물 배출을 위한 Bypass 구성 예시

대책
2

작업위험성평가를 통한 설비 오동작 조치를 위한 안전운전절차 작성

- 이번 사고는 자동으로 운영되는 진공세척건조기가 Washing 밸브 오동작시 취해야 하는 적절한 방안에 대한 절차 없이 여러 가지 방법을 현장에서 시도하다가 일어난 사고로 추정된다.
- 따라서, 진공세척건조기 운전 중 발생될 수 있는 오동작 사항을 목록화하고, 각 오동작 발생시 적정 조치 방안을 마련하여 안전운전절차서에 반영하고 해당 내용에 따라 작업자가 안전하게 조치할 수 있도록 교육하여야 한다.
- 안전운전절차를 수립할 때는 예상되는 작업에 대한 작업위험성평가를 실시하여 작업 중 발생할 수 있는 위험요인을 사전에 발굴하고 제거할 수 있도록 하여야 한다.



VI. 사고로부터 얻은 교훈

- ☑ 화학설비 및 부속설비 점검 중 위험물 누출로 인한 화재사고로부터 얻은 교훈은 다음과 같다.

교훈 1

화학설비 및 부속설비의 안전 설계·시공은 사고예방의 시작이다.

- 화학설비의 부속설비 설계시에는 발생가능한 모든 요소를 고려하여 설계되어야 하며, 여기에는 설비 점검을 위한 위험물 제거 방안 및 대안을 포함하여 설계되어야 함을 의미한다. 그러나, 화재사고 발생 설비인 진공세척건조기는 설비의 구조상 위험물을 제거 할 수 있는 방안이 한 가지 방법만 고려되어 설계·시공된 것으로 추정되었다.
- 따라서 설계 및 시공자는 화학설비 및 부속설비가 설치될 공정의 온도·압력·유량 등 공정 유체 흐름 조건 외에도 화학설비 및 부속설비 자체가 갖고 있는 근본적인 취약점, 설비의 전·후에 설치된 시설과의 상호 영향, 설비가 설치될 때 발생 할 수 있는 설치 오차, 설비의 오동작시 조치 방안 등을 전반적으로 고려하여 화학설비 및 부속설비를 설계하고 시공해야 한다.
- 화학설비 및 부속설비 설계·시공의 개선을 통하여 유해·위험 요인 발생 가능성을 낮추는 것이 공정 사고 예방의 방법이라 할 수 있다.

교훈 2

안전운전절차의 적정 수립과 작업위험성평가는 사고 예방의 필수활동이다.

- 정상적으로 동작하는 화학설비 및 부속설비로 인해 사고가 발생하는 경우는 매우 드물다. 대부분의 화학사고는 화학설비 및 부속설비의 비정상 동작시에 발생하게 되며 비정상 상태가 지속되거나 비정상 상태를 무리하게 정상상태로 전환하려다가 위험 조건으로 발전하는 경우 대형 사고로 이어지게 된다.
 - 이를 예방하기 위해 안전운전절차에는 화학설비 및 부속설비의 정상적인 동작을 위한 절차 외에도 비정상 상태를 목록화하고 각 비정상 상태별로 운전원과 작업자가 취해야 하는 조치 사항을 구체적으로 기술하고 이를 운전원과 작업자에게 교육하여 숙지하도록 해야 대형 사고를 예방할 수 있다.
- 작업 대상 화학설비 및 부속설비의 형태, 작업자의 숙련도, 작업 장소 및 시간 등 작업 여건 등이 사업장마다 다르고 이로 인해 작업의 위험도 또한 큰 차이를 보이게 되므로, 단순히 법에 명시된 사항을 준수하는 것으로는 화학설비 및 부속설비 점검·정비 중 발생할 수 있는 위험에 의한 사고를 모두 예방하기에는 부족하다.
 - 따라서, 사업장의 작업 여건을 고려한 작업위험성평가를 실시하여 위험요인을 발굴하고 제거하는 활동은 작업 중 사고를 예방하는데 필수적이다.
 - 또한, 작업위험성평가지시에는 해당 작업에 대하여 이해도가 높은 각 분야별 담당자, 설계자, 시공자, 작업자 등이 참여하여 작업 관련 내용 중 평가에서 누락되는 부분이 없도록 다양한 관점에서 위험성을 검토하는 것이 중요하다.



VII. 유사 사고사례

01

정비작업 중 밸브 개방으로 인한 화학물질 누출·폭발 사고

구분	사고사례 내용
발생일시	2003년 10월
사고장소	전라남도 소재 화학공장
피해내용	작업자 사망 및 부상
사고내용	<ul style="list-style-type: none"> 폴리에틸렌 반응기 하부의 펌프 흡입측 스트레이너를 청소하기 위해 분리해 놓은 상태에서 차단밸브가 열리며 핵산 등이 누출되고 폭발한 사고이다.

02

정비작업 중 위험물 배출 밸브 오조작에 의한 사고

구분	사고사례 내용
발생일시	2013년 4월
사고장소	울산광역시 소재 화학공장
피해내용	작업자 부상
사고내용	<ul style="list-style-type: none"> 염소처리 공정에서 염소공급 펌프 작동 중지를 보수하기 위해 염소를 스크러버로 처리하고자 하였으나 진공배관 밸브를 오조작하여 염소가 누출된 사고이다.



VIII. 참고자료

- 1 산업안전보건법, 고용노동부; 2020
- 2 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단; 2006
- 3 중대산업사고 조사의견서; 2021

진공세척건조기 세척액 누출 화재 사고



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

사고개요

- 2021년 6월 ○○○○사업장 열처리 공정에서 진공세척건조기의 세척액 공급밸브 동작 불량 점검 중 세척액 누출로 화재가 발생하여 작업자 2명이 화상을 입은 사고이다.

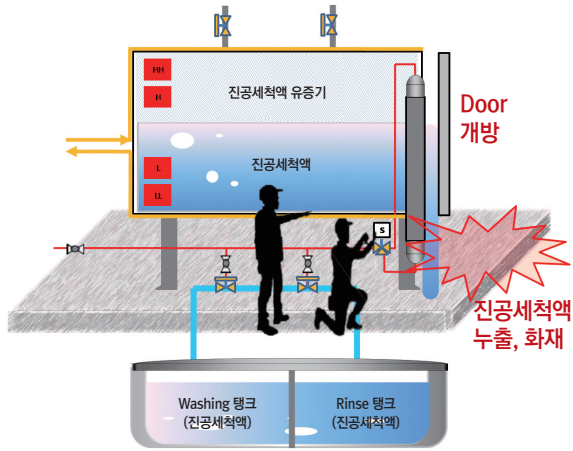
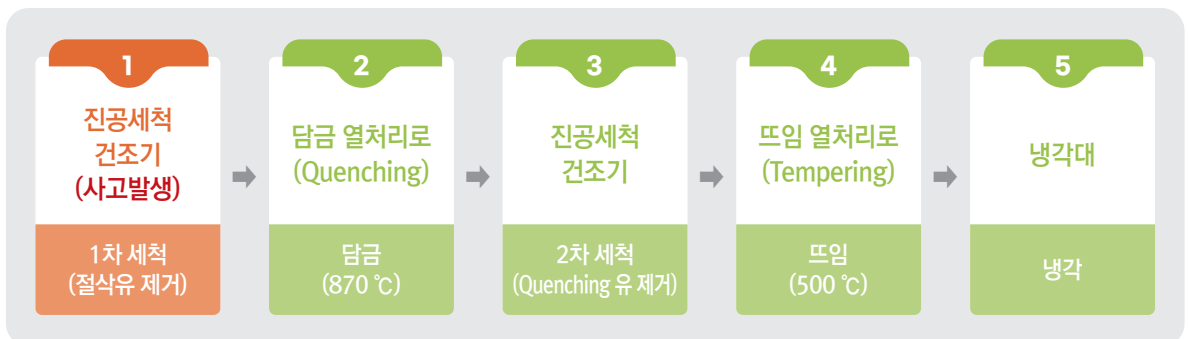


그림 1 진공세척건조기 및 사고발생상황



사고발생공정 및 물질

- 사고발생설비인 진공세척건조기는 담금(Quenching) 전에 제품(볼트)의 기계적 가공 시 묻어 있는 이물질과 절삭유를 진공상태에서 세척액으로 씻어내는 설비이며 Washing과 Rinse를 순차적으로 수행하는 설비임



진공세척건조기 세척액 누출 화재 사고

사고발생물질(세척액, 인화성액체)

물질명	CAS No.	함량 % (질량비)	폭발한계 (Vol.%)		인화점 (°C)	발화점 (°C)	증기압 (kPa)	전기전도도
			하한	상한				
알칸, C9-11-ISO	68551-16-6	15	0.7	5.4	58	365	0.106 (at 20°C)	자료없음
알칸, C10-13-ISO	68551-17-7	85						



사고발생원인

- 화학설비 및 부속설비의 설계 · 시공 미흡 추정
 - 세척액 공급 Washing valve 고장시 진공세척건조기 내부의 인화성액체를 배출할 수 있는 설비가 마련되어 있지 않음
- 안전운전절차수립 미흡 추정
 - 진공세척건조기의 세척액 공급밸브 오동작시 조치를 위한 안전운전절차가 수립되어 있지 않음



동종사고 예방대책

- 인화성액체의 안전 제거를 위한 설비 보완
 - 자동화 설비 고장시에도 화학물질 등을 화학설비 및 부속설비에서 안전한 설비로 수동 배출할 수 있는 점검 · 정비 목적의 By-pass 계통 구성
- 안전운전절차 수립
 - 설비 오동작 상황에서 운전원 또는 정비 · 보수원이 적절한 조치를 할 수 있도록 안전운전 절차서를 작성하고, 해당 운전절차에 대한 작업위험성평가를 실시하여 정비 · 보수 작업시 발생할 수 있는 위험요인을 사전에 발굴하고 제거할 수 있도록 하여야 함

작성

강기완(안전보건공단 충남지역본부 화학사고예방센터(서산))

윤필상(안전보건공단 충남지역본부 화학사고예방센터(서산))

검토

안전보건공단 중대산업사고예방실 공정안전부

2022-중대산업사고예방실-269

「진공세척건조기 세척액 누출 화재사고」 사례 연구

발행일 2022년 6월

발행인 한국산업안전보건공단 이사장 안종주

발행처 한국산업안전보건공단 중대산업사고예방실

주소 울산광역시 중구 중가로 400

전화 (052) 703-0605

팩스 (052) 703-0312

홈페이지 <http://www.kosha.or.kr>

※ 무단 복사 및 복제하여 사용하는 것을 금지함



2022년
**화학사고
사례연구**

6호 : 진공세척건조기 세척액
누출 화재사고

