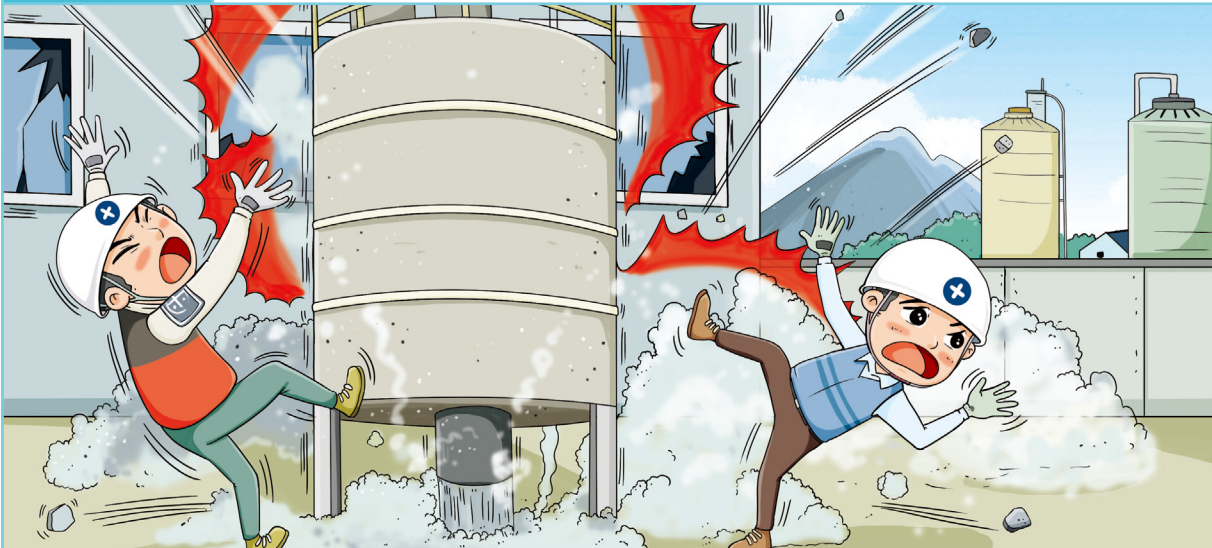




# 소각설비(RTO) 안전

2017-교육미디어-1134

## 재해사례



- ABS 및 PS수지 압출공정에서 발생하는 흙과 악취를 제거하기 위해 설치된 RTO 내부에서 폭발이 발생하여 폭발압력으로 인입덕트에 설치된 응축물 수집기(trap)를 포함한 배관설비 일부가 파열되고 공장 동 유리창 일부가 파손되는 사고

## 휘발성유기화합물(VOC : Volatile Organic Comonuds)

- 탄화수소화합물로서 대기 중의 질소산화물(NOx) 및 다른 화학물질과 광화학반응(Photo-chemical reaction)을 통해 광화학 산화성 물질을 생성시켜 광화학 스모그(Photo - chemical smog)의 원인이 되는 오존(O<sub>3</sub>)을 발생시키는 물질
- 환경부 고시에 의해 휘발성유기화합물 37종 물질 지정
- VOC의 영향
  - 발암성 등 대부분 물질 인체 유해
  - 광화학스모그 형성
    - 눈에 자극, 가시거리 저하
    - 오존은 대기 중의 SO<sub>2</sub>를 산화시켜 산성비의 원인
  - 오존층 파괴 및 지구 온난화
  - 악취 발생



## 유해·위험 요인

- 폐가스 농도가 폭발하한의 25%를 초과하면 폭발 위험성
  - 안전밸브, 파열판 등에서 배출되는 고농도의 위험물이 갑작스럽게 소각설비에 유입되어 폭발하한을 초과할 경우 배관(또는 덕트), 소각설비 내에서 폭발 위험성
  - 축열식 소각로(RTO) 등 소각설비 내부에서 스파크 및 고온에 의한 폭발 위험성
  - 설비 상부에서 고온(약 800℃)에 의해 점화되어 소각설비 내부 및 배출물 유입 배관 폭발 위험성
  - 소각설비 초기 가동 시 폐가스가 다량 유입 시 소각설비가 순간적으로 폭발 위험성
- 폐가스의 응축으로 발생한 침적물의 발화 위험성
  - 소각설비 하단에 공정에서 발생된 폐가스 또는 발생된 흙의 응축물이 침적되어 자연발화 되거나 소각설비 내 온도 상승으로 인한 유증기 발생으로 소각설비 내부에 폭발 분위기 형성

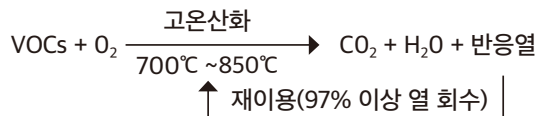


## 유해·위험 요인

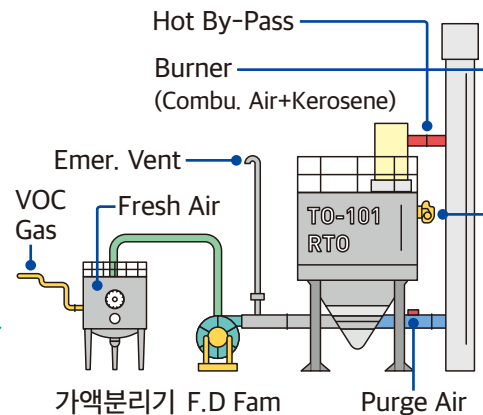
- 송풍기 재가동 시 고농도의 폐가스 유입으로 인한 폭발 위험성
  - 정전, 송풍기 고장 등으로 인한 폐가스 이송용 송풍기 재가동 시 배관 내 폐가스가 폭발 분위기를 형성하는 경우 송풍기 가동에 따른 기계적인 마찰로 인한 폭발 위험성
  - 배관 내 금속 이물질이 송풍기를 통과하면서 스파크를 야기할 수도 있으며, 송풍기 및 주변 배관에서 폭발할 경우 화염이 배관을 타고 저장·취급 용기에 전파되어 대형 폭발 위험
- 가연성 물질이 있는 설비의 정비·보수 작업 시 폭발·화재 위험성
  - 폐가스의 액체를 분리·포집하는 설비인 녹아웃 드럼 등 기액분리장치는 안전밸브 등에서 분출된 배출물 중 액적이나 액체가 소각설비에 유입되지 않도록 하는 설비이며, 고농도의 가연성 물질로 인하여 기액분리장치 정비·보수 작업 시에는 폭발·화재 위험성

## 축열식 소각로 (RTO)

- 휘발성 유기화합물(VOC) 등의 물질을 소각하는 방법 중 배기가스의 폐열을 최대한 회수하여 이를 흡기가스 예열에 이용하기 위해 표면적이 넓은 세라믹 등의 축열재를 직접 가열하고 재생(Regeneration)하는 장치



축열식 소각로(RTO\_Regenerative Thermal Oxidizer)의 일반 구성도



## 재해 예방대책

### 일반기준

- 소각설비는 안전한 설비 설치기준 준수
  - 주변의 가연성 물질 등에 의한 화재를 일으킬 우려가 없는 곳에 설치
  - 외부적인 열, 진동 및 기계적 위험으로부터 안전할 수 있는 곳에 설치
  - VOC 등을 소각할 경우 위험성이 더 커지거나 더 유해한 물질이 발생할 우려가 있는 경우에는 소각설비로 연결금지(단, 추가적인 배기처리시설을 설치하여 해당 물질을 처리하는 경우에는 예외)
  - 소각설비 내부는 인화성 가스 또는 증기가 폭발하한계(Vol%)의 25% 이하로 유지되도록 희석 공기 또는 불활성가스를 주입하는 등의 조치하고, 대기로 배출되는 지점과 저장탱크(또는 장치)와의 사이의 압력손실이 저장탱크(또는 장치)의 설계압력을 초과하지 않도록 조치
  - 부식성 물질을 취급하는 장소로부터 충분한 안전거리 유지
- 안전설비 및 방호조치 실시
  - 소각설비 내·외부를 점검하기 위한 작업대, 통행시설, 계단 및 맨홀 설치
  - 소각설비 및 인접 배관, 굴뚝 등의 외부온도가 70℃ 이상이고 근로자가 접촉할 우려가 있는 부분에는 접촉 시 화상을 방지할 수 있도록 방호조치 실시

### VOC 배출배관

- VOC 배출배관(또는 덕트) 구성 시 배출물질의 상호 반응성 고려 및 안전조치 실시
  - 소각설비 및 배관(또는 덕트)에서 폭발이 발생할 때를 대비한 완화대책으로 배관(또는 덕트) 중 낮은 지점에는 내부에 체류된 물질을 배출하기 위한 드레인(Drain) 밸브를 설치하고, 높은 지점에는 벤트(Vent) 밸브 설치
  - 소각설비에서 대기로 배출하는 배관(또는 덕트)은 배기가스가 건물 내부로 다시 유입되지 않도록 하고 내부 침적 우려가 있는 경우 분리기와 청소구 설치 등의 조치



VOC 배관



## 재해 예방대책

### 비상배출장치(Emergency vent·damper)

- ❁ 소각설비 인입부 배관(또는 덕트)에는 설비·공정의 이상으로 화재 또는 폭발이 우려되는 경우를 대비하여 자동으로 VOC 등을 배출할 수 있는 비상배출장치 설치
- ❁ 비상배출장치 후단에 흡착탑과 같은 배기 처리시설을 설치하여 해당 물질을 처리하며, 설치가 기술적으로 곤란하거나 다른 위험을 초래할 우려 시에는 안전지역으로 배출



Emergency Damper



Emergency Vent

### 안전 및 방호장치의 설치

- ❁ 폭발시를 대비한 압력방출장치 설치
  - 소각설비 및 배관(또는 덕트)에서 폭발이 발생할 때를 대비한 완화대책으로 소각설비의 VOC 인입배관, 소각설비 인입배관의 비상배출배관과 흡착탑 등의 배기처리장치 사이, 비정상 조건에서 가스 농도가 높아 폭발의 우려가 있는 배관 등의 위치에 파열판 등 압력방출장치를 설치
- ❁ 폭발방산구(Explosion-relief vent) 설치
  - 소각설비의 연소실에는 폭발방산구(Explosion-relief vent)를 설치하고 폭발방산구 위치는 작동 시 다른 위험을 일으키지 않는 곳이어야 하며, 작동압력은 소각설비의 설계압력을 초과하지 않도록 조치
  - VOC 등의 유입량 및 보조연료의 양이 적은 RTO, RCO 및 CTO 설비, 내화재 또는 단열재를 지지하는 철골 빔과 보강 지주로 보강된 4.8mm 이상의 강판으로 동체 구조를 갖는 소각설비는 폭발방산구를 설치 제외 가능
- ❁ 화염방지기(Flame arrester) 설치
  - 소각설비의 본체에 휘발성 유기화합물 등을 공급하는 배관(또는 덕트)에는 화염이 역화되지 않도록 화염방지기(Flame arrester) 설치
- ❁ 인화성 가스농도 감지장치 설치
  - 소각설비 입구에 인화성가스(또는 증기) 농도를 감지하기 위한 장치를 설치하고, 가스 농도가 폭발하한계(Vol%)의 25% 이하가 되도록 희석공기 또는 불활성가스 주입시설을 설치하는 등의 조치
- ❁ 화염감지기(Flame detector) 설치
  - 모든 버너의 불꽃은 화염감지기(Flame detector)에 의하여 감시되고, 버너 불꽃이 꺼질 경우 즉시 감지하여 버너가 정지 되도록 연동 조치
  - 연소실 내의 정상 운전온도가 760℃ 이상인 경우 화염감지기 와 버너가 연동되지 않아도 되나, 연소실 내의 온도가 760℃ 미만으로 떨어지는 경우 화염감지기와 버너 연동 조치



폭발방산구



화염감지기

### 연료배관의 긴급차단밸브(Shut off valve)

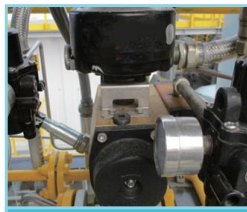
- ❁ 연료 공급배관에 비상시를 대비한 긴급차단밸브를 설치한다.
  - 연료로 가스를 사용하는 경우 공급배관(보조 버너용 배관 포함)에는 2개의 긴급차단밸브를 최단거리로 설치하고, 2개의 긴급차단밸브 사이에는 비상배출밸브 설치
  - 비상배출밸브 전단에 수동밸브를 설치할 경우에는 열린 상태로 관리하고 비상배출밸브의 후단 배관은 안전지역으로 연장



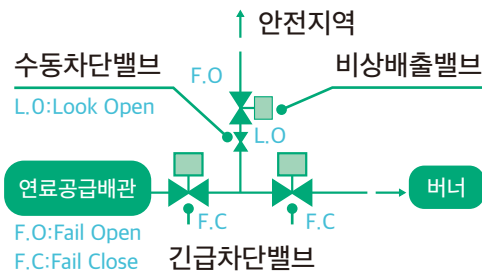


## 재해 예방대책

### 연료배관의 긴급차단밸브(Shut off valve)



Shut off valve



자동제어밸브

### 자동제어밸브(Auto control valve)

- 소각설비의 덕트나 배관에 설치된 각종 자동제어밸브(On-off 밸브 포함)는 계장설비가 실패(Failure)할 때 다음과 같이 작동되는 구조로 설치(밸브 위치가 운전 중인 상태로 유지되어도 안전상 문제가 없는 경우 제외)
  - 비상배출시설과 관련된 밸브는 자동 열림(Fail Open) 구조
  - 소각설비로 인입되는 VOC 덕트나 배관상의 밸브는 자동 닫힘(Fail Close) 구조
  - 연료배관상의 2중 차단밸브는 자동 닫힘 구조
  - 연료배관상의 2중 차단밸브 사이의 배출밸브는 자동 열림 구조
- 자동제어밸브의 동작 상태를 가능한 한 조정실에서 감시할 수 있도록 설치

### 연료 공급설비

- 소각설비에 유입되는 VOC 등의 양에 따라 연료를 자동으로 공급하는 설비를 설치하고, 연소용 공기를 공급하는 설비를 연료의 양과 연동되도록 설치
- 연료로 인화성 가스를 사용하고, 해당 인화성 가스가 체류할 우려가 있는 경우에는 가스누출감지경보기 설치



연료공급설비

### 연료 연소장치(Burner)

- 버너의 연소상태를 관찰할 수 있는 관측구를 설치하고 연소용 공기가 연료보다 먼저 공급되는 구조여야 하며, 공기 공급이 중단 될 때에는 연료 공급이 자동으로 차단되도록 연동되도록 조치
- 버너는 연소실 내부의 온도가 설정된 온도 범위 내에서 자동 운전되도록 조절



연소장치

### 굴뚝(Stack)

- 소각설비에는 연소가스를 배출하는 굴뚝(Stack)을 설치하며, 이는 고온의 연소가스가 다른 위험을 유발하지 않는 장소로 유도 되도록 설치
- 굴뚝 상단이 인접 건축물 등의 피뢰설비에 보호되지 못할 경우 피뢰침 설치
- 굴뚝이나 굴뚝과 연결된 덕트에는 연소가스의 배기상태를 측정 하기 위한 측정구를 설치하고, 측정구 접근에 적합한 통행시설 설치



굴뚝



## 관련 법령 및 작성 기준

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제267조(배출물질의 처리)
- KOSHA GUIDE P-66-2012 연소 소각법에 의한 휘발성 유기화합물(VOC) 처리설비의 기술지침

※ 해당 자료의 자세한 내용은 공단 홈페이지 ▶ 정보마당 ▶ 법령/지침 ▶ 안전보건 기술지침을 참고하시기 바랍니다.