



폐가스처리설비(스크러버)

2017-교육미디어-1136

재해사례

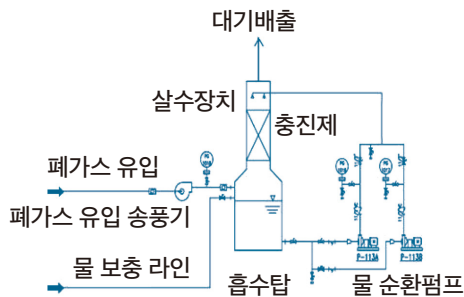


- 액체염소 충전작업장에서 봄베에 충전하기 위하여 배관 내에 남아 있는 염소를 벤트관을 통하여 세정기(Scrubber)로 보내는 작업 중, 세정기 송풍기 고장으로 염소가스가 배기덕트를 따라 역류하여 작업장 내부로 누출되고 일부는 세정기 배출구를 통하여 작업장 밖으로 확산되어 작업자가 중독되고 인근 사업장 근로자가 대피한 사고

유해·위험 요인

- 스크러버는 위험물을 처리하는 데 기체와 액체를 향류 또는 병류로 접촉시켜 폐가스로부터 특정 성분을 흡수액에 흡수시키는 공정으로 다음과 같은 위험이 있다.
 - 흡수탑에서 불용성인 탄화수소(톨루엔 등)를 포함한 폐가스를 흡수처리할 경우, 물에 용해되지 않은 톨루엔 증기가 흡수탑을 그대로 통과하여 대기 중 폭발 분위기 형성 위험
 - 정전, 펌프 고장 등의 이유로 흡수액 순환펌프가 작동하지 않을 경우 안전밸브 등에서 토출된 다량의 위험물질이 대기로 방출되어 근로자 폭로 위험
 - 흡수탑 내부 편류(channeling) 또는 충전재 막힘 등으로 기체-액체 접촉이 불량하여 흡수가 정상적으로 이루어지지 않아 독성물질 등의 대기 방출로 주변 근로자 폭로 위험
 - 안전밸브 등에서 토출된 배출물질이 흡수탑으로 연결된 배관을 통과하다가 흡수탑으로 연결된 다른 포집설비의 배관을 통하여 공정 내로 재유입되어 화재·폭발 및 독성물질 누출 위험

스크러버(흡수액·물) 일반 구조도



안전밸브에서 배출된 염화수소에 근로자 폭로



토출된 안전밸브 및 파열판



염화수소 누출로 고사된 잔디

재해
예방대책

흡수공정은 공정 중에 발생한 유해성분을 흡수액에 흡수시켜 안전하게 처리한 후 대기로 내보내는 공정이다. 즉 안전밸브 등에서 배출된 방출물은 녹아웃 드럼(Knockout Drum)으로 유입되어, 액체 성분과 기체 성분으로 분리되고, 분리된 기체 중 유해성분은 흡수탑에서 살수 또는 분무되는 흡수액에 흡수되고 나머지 성분은 대기 중으로 배출되는 공정이다.
구성 설비로는 녹아웃 드럼, 흡수탑, 흡수액 저장탱크 및 순환펌프 등이 있으며, 설비별로 고려할 안전관련 사항은 다음과 같다.

녹아웃 드럼(Knockout Drum)

- 녹아웃 드럼은 안전밸브 등의 방출물에 포함되어 있는 액체가 흡수탑으로 유입되지 않도록 액체를 분리 포집하는 설비로, 다음 사항을 고려해야 한다.
- 흡수공정에서 처리하는 유해성분은 주로 부식성 물질이 많으므로 용기의 재질은 부식에 충분히 견딜 수 있는 것으로 설계 및 제작
- 드럼 내에 레벨이 일정 수위 이상으로 증가하지 않도록 액면계를 설치하고, 일정 수위 이상일 경우에는 알람이 울리거나, 하부에 설치된 펌프에 의하여 별도의 저장시설 또는 처리시설로 이송되는 시스템을 구축하여야 한다. 이를 위해, 액면계와 알람 또는 하부의 펌프와 연동하여 작동되도록 조치 및 관리
- 안전밸브와 녹아웃 드럼 사이와 녹아웃 드럼과 흡수탑 사이의 배관에는 블록밸브를 설치하지 않도록 한다. 다만, 정비·보수 시에 용기 내의 성분을 흡수탑으로 보내 처리하려는 목적으로 설치한 배관에는 블록밸브 설치 가능
- 드럼 하부에 설치된 펌프는 비상전원에 연결시켜, 주 전원이 차단되더라도 비상전원에 의하여 정상적으로 작동되도록 조치 및 관리
- 녹아웃 드럼에는 고점도의 액체가 그 상태로 배수 또는 이송되는 것을 방지하기 위하여 스팀코일, 자켓 또는 기타 가열장치 설치



액면계



차단밸브

흡수탑

- 흡수탑은 유해성분이 포함된 폐가스와 흡수액을 접촉시켜 폐가스 중의 유해성분을 흡수처리하는 설비로서, 접촉효율을 높이고자 탑 중간에 충전재를 충전시키거나, 분배기 및 재분배기를 설치한다. 고려할 사항은 다음과 같다.
- 폐가스에 포함된 유해성분의 농도와 처리 후 배출농도를 바탕으로 흡수탑을 설계
- 충전재 상부에 존재하는 분배기가 운전 도중 막히지 않도록 관리하고, 2단 이상의 충전층을 가질 경우에는 충전층 내부에서 편류가 발생하지 않도록 충전층 각 단 사이에 재분배기를 설치
- 편류가 발생하지 않도록 하기 위하여 충전물의 크기는 탑지름의 1/8 보다 작아야 하고 탑의 높이는 탑 지름의 2.5 이상으로 설계한다. 또한 운전은 범람(Flooding)의 40~80%로 유지
- 흡수탑 하부에 샘플링(Sampling) 배관과 드레인 밸브를 설치하여 주기적으로 흡수액의 물성(pH 등)을 파악하고, 일정 값 이상일 경우에는 드레인 밸브를 열어 드레인시키고, 새로운 흡수액을 공급
- 흡수탑의 흡수액 수위가 폐가스 유입배관 위치보다 낮게 유지되도록 폐가스 유입배관 위치 아래에 배출노즐을 설치하고, 배출노즐로부터 배관은 폐수처리장까지 연결하여야 한다. 이때 사이폰 현상이 발생하지 않도록 조치



흡수탑



드레인 밸브

재해
예방대책

흡수탑

- 흡수탑 외부에 Sight glass를 곳곳에 설치하여, 실제로 접촉이 잘되는지를 육안으로 확인할 수 있어야 하며 점검 및 유지 관리가 가능하도록 흡수설비 상부와 전면에 충분한 공간 확보
- 흡수설비 내·외부를 점검하기 위한 작업대, 통행시설, 계단 및 맨홀을 설치

흡수액 저장탱크 및 순환펌프

- ⚙ 흡수액이 물일 경우에는 흡수탑과 물배관을 연결하여, 탑 내부에서 흡수액이 부족하면 즉시 흡수액을 탑하부로 공급하고, 흡수액이 NaOH(20%)일 경우에는 별도의 저장탱크에 NaOH 수용액을 저장하되, 부족하면 별도의 저장탱크에서 흡수탑으로 흡수액을 공급한다. 순환 펌프는 흡수액을 흡수탑 하부에서 상부로 순환시키는 기능을 한다. 고려할 사항은 다음과 같다.



NaOH 저장탱크

- 흡수액 저장탱크에는 흡수액이 일정량 이상 유지되도록 관리
- 흡수탑의 흡수액 레벨 관리를 위하여, 알람을 설치하고 알람이 울릴 경우에는 흡수액이 자동으로 공급될 수 있도록 알람과 펌프 및 컨트롤 밸브 등과 연동 조치
- 순환펌프는 전원이 차단될 경우에도 계속적으로 작동될 수 있도록 비상전원에 연결하여야 하고, 순환펌프 작동 여부를 조정실에서 확인할 수 있도록 조치
- 순환펌프가 작동되지 않을 경우를 대비하여 비상용 순환펌프를 비치하여, 순환펌프 작동 중지 시 비상용 순환펌프가 자동으로 작동될 수 있도록 제어 시스템을 구성
- 흡수액의 pH 등의 물성은 지속적으로 관리하여, 흡수처리 효율이 지속될 수 있도록 조치



흡수액 순환펌프

- 처리하고자 하는 증기 또는 가스 성분을 구성하는 분자가 극성(Polarity)인지 아니면 무극성(Non-Polarity)인지를 구분하고 극성일 경우에는 물을 사용하여 흡수하고 무극성일 경우에는 무극성 용매를 사용하여 처리
 - 보통 염화수소, 암모니아, 에탄올 및 메탄올은 극성으로 물에 잘 녹는 반면 벤젠, 톨루엔, 메탄 등은 무극성으로 물을 이용한 흡수처리가 거의 불가능
- 메탄올 증기 성분들을 수조 등을 이용하여 물에 흡수시켜 처리하고자 할 경우 안전밸브를 통하여 분출될 때의 고온의 증기가 액화될 때의 필요한 냉각열(잠열 포함)이 공급될 수 있도록 고려

스크러버
종류

- ⚙ 스크러버(Scrubber)는 독성물질(염화수소 등)을 처리하는 데 주로 사용된다. 흡수처리는 기체와 액체가 향류 또는 병류로 접촉하게 하여 폐가스로부터 특정 성분을 흡수액에 흡수시키는 공정을 말한다. 보통 기체와 액체가 향류로 접촉되지만 병류와 교차 흐름도 가능하다. 흡수처리에 사용되는 흡수장치는 주로 4가지이며, 각각의 특징은 다음과 같다.

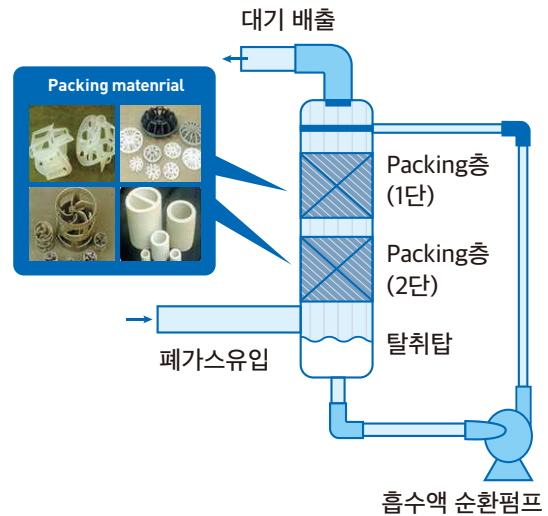
스크러버 종류

충전탑(Packing Tower)

충전탑은 탑 내에 금속, 세라믹 또는 플라스틱 재료로 된 불규칙 충전물이나 규칙 충전물로 채워져 있는 흡수장치다.

액체는 기체와의 접촉면적을 크게 하기 위하여 탑정에서 고르게 분산되며 분산된 액체는 충전물의 표면에 얇은 필름을 형성하면서 아래로 흐른다. 이때, 폐 가스는 탑저로 공급되며, 액체와 접촉하면서 폐가스 중 VOC 등 특정 성분이 액상으로 흡수되고, 폐가스의 나머지 성분들은 탑정으로 빠져 나가게 된다.

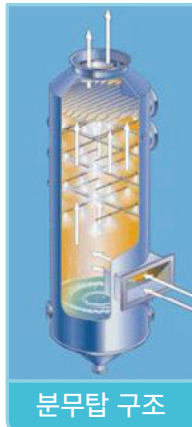
충전탑의 구조



다단탑(Tray Tower)



다단탑 구조



분무탑 구조

다단탑은 증류공정의 증류탑과 유사하고, 접촉 시간이 비교적 길고 각 단계에 있는 액체에 기체가 고르게 분산되어 흡수탑으로 많이 사용되고 있다. 흡수액 내 부유물이 있을 때는 충전탑에 비하여 적응성이 좋으며, 온도 변화가 큰 곳에 사용하기 좋다는 장점이 있으나, 비용이 많이 들고 압력손실이 크며 흡수액의 Hold up(탑 내의 액 보유량)이 충전탑보다 크다는 단점이 있다.

분무탑(Spray Tower)

분무탑은 충전물 등을 사용하지 않고 폐가스가 액체흡수제의 아주 작은 액적과 접촉하면서 물질 전달이 일어나게 한다. 이때, 작은 액적은 폐가스 중 특정 성분이 흡수되는 데 필요한 표면적을 제공한다. 이런 분무탑은 기체와 액체의 접촉시간이 짧아 암모니아나 이산화황과 같이 물에 용해력이 큰 가스를 처리하는 데 주로 사용된다.

벤추리 스크러버(Venturi Scrubber)

벤추리 스크러버는 벤추리 노즐에서 폐가스와 흡수액을 강제로 접촉시켜 폐가스의 특정 성분을 흡수처리하는 설비이다. 벤추리 스크러버는 분무탑과 마찬가지로 기체와 액체의 접촉시간이 짧기 때문에 흡수제에 용해력이 큰 가스를 처리하는 데 적합하다.



관련 법령 및 작성 기준

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제267조(배출물질의 처리)
- 폐가스처리설비(스크러버) 화재·폭발 예방 매뉴얼

※ 해당 자료의 자세한 내용은 공단 홈페이지 ▶ 사업안내/신청 ▶ 전문기술 ▶ 공정안전보고서 심사·확인 ▶ 자료실을 참고하시기 바랍니다