

KOSHA GUIDE

P - 27 - 2012

폐용제 회수작업에 관한 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자: 강 미 진
- 개정자: 최 이 락
- 제 · 개정 경과
 - 2010년 08월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
 - 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 범규개정조항 반영)
- 관련 규격 및 자료
 - Loss prevention data 7-2, 1989
- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지
안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2012년 7월 18일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

폐용제 회수작업에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 패키지 타입(Package-type) 증류시스템과 탄소흡착층을 이용하여 폐 인화성용제 사내 회수 시 화재 및 폭발 예방에 관한 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 패키지 타입(Package-type) 증류시스템과 탄소흡착층을 이용하여 폐 인화성용제 사내 회수작업에 적용한다. 다만, 석유화학 산업의 대단위 증류공정에는 적용하지 않는다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “소형 패키지 증류기”라 함은 <그림 1>의 예와 같은 폐용제 등을 가열하여 용제를 회수하거나 정제에 사용되는 소규모의 증류장치를 말한다.

(나) “탄소층 흡수기”라 함은 <그림 2>의 예와 같이 활성탄소흡착층을 이용하여 용제를 정제하는 소규모 용제회수장치를 말한다.

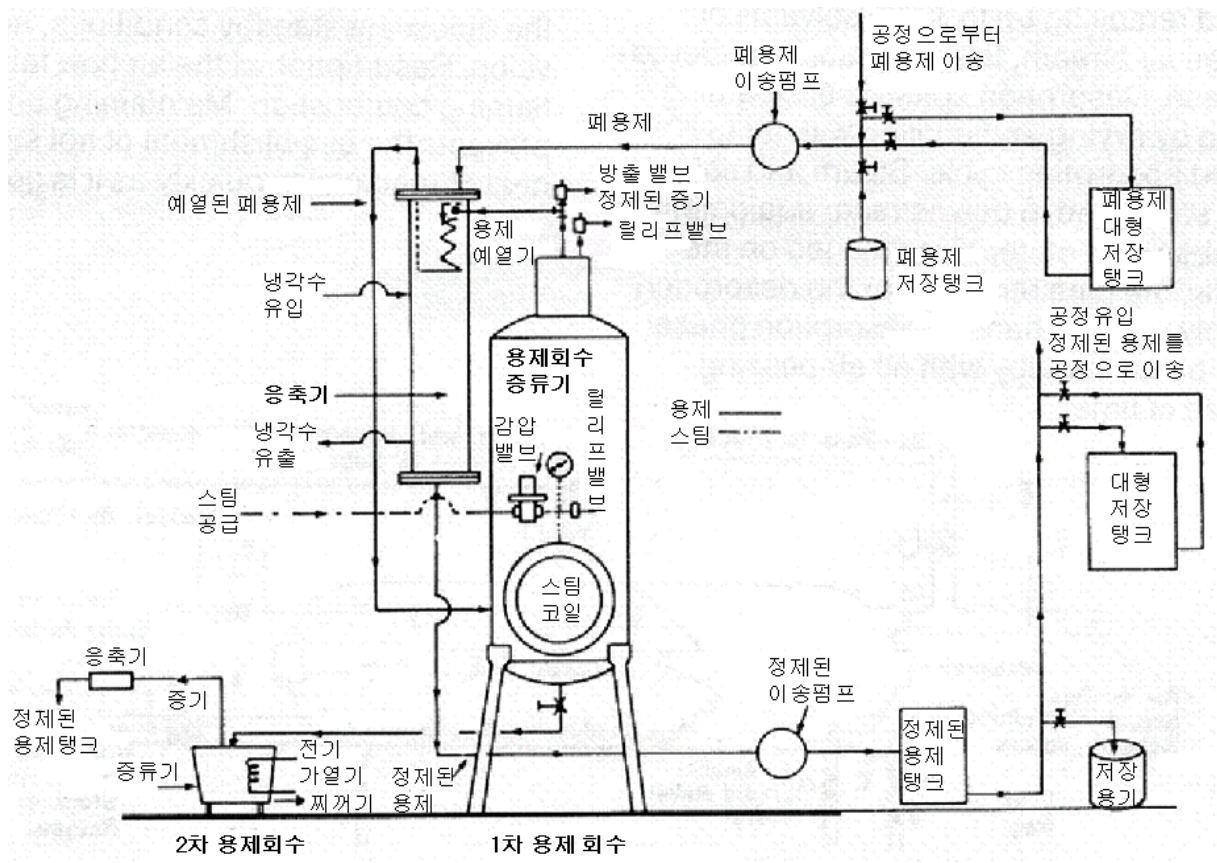
(다) “폭발억제시스템(Explosion suppression)”이라 함은 폭발이 발생할 우려가 있는 용기나 설비 등에 압력 감지기, 동력장치(Power unit), 고속방출용 소화기 등을 설치하여 폭발이 시작될 때 폭발압력을 감지하여 고속방출 소화기를 터트리어 폭발의 확산을 미리 진압하는 폭발방호시스템을 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 공정개요

4.1 소형 패키지 증류기

- (1) 소형 패키지 증류기에 의한 폐액 용제회수는 증류기 내에서 정제에 의하여 이루어진다.
- (가) 정제는 <그림 1>과 같이 먼저 폐용제가 들어있는 물질을 용제의 비점이상으로 가열하는 증류기로 일괄 또는 연속적인 주입함으로부터 시작된다.
- (나) 증류기에서 증발된 비교적 순수한 용제는 냉각수에 의하여 응축되어 재사용을 위한 저장용기로 보내어 저장한다.
- (다) 잔류 증류찌꺼기(액과 슬러리 혼합물)는 두 번째 단계의 회수조작을 수행하거나 배출한다.



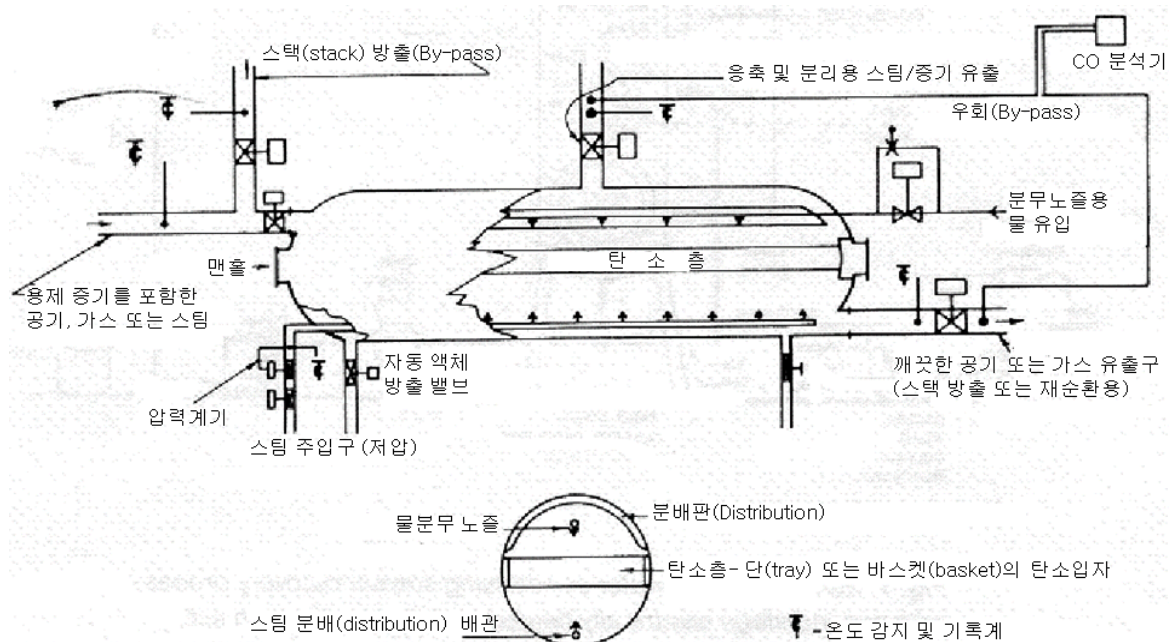
<그림 1> 소형 증류기의 예

- (2) 보다 작은 규모의 증류기는 드럼이나 소규모의 비 압력용기 중 폐용제를 직접 받아서 처리하도록 설계된 경우도 있다.
- (가) 증류기는 밀폐공간에 설치되어 있고, 폐용제는 작업자에 의하여 증류기로 이송된다.
- (나) 회수된 용제는 다른 드럼이나 캔(Can)에 담는다.
- (다) 전 시스템이 차지하는 면적은 수 m² 이하이고 이동도 가능하다. 보다 큰 규모의 작업은 일반적으로 고정된 공정장치가 이용된다.
- (라) 폐기물질은 지하저장탱크의 고정 배관이나 증류실에 위치한 운반용 빈(Bin) 또는 인근의 인화성 액체 저장실에 저장된다.
- (3) 패키지 증류기의 용제 저장용량은 부피로 3.8 L에서 수백 L까지 다양하다.
- (4) 증류기는 스팀, 전기 또는 열전달유에 의하여 가열되며 보통 증류기에서 발생한 증류물은 냉각수에 의하여 냉각된다.
- (5) <그림 1>은 첫째 단계의 가열은 스팀을, 두 번째 단계의 찌꺼기 정제는 전기적 가열을 이용하는 전형적인 이동식 증류기의 예이다.

4.2 탄소층 흡수기

- (1) 폐증기 흐름으로부터 용제의 포집은 보통 활성탄소 흡수층을 이용하여 행해진다.
- (가) 폐용제가 포함된 폐증기 흐름은 활성탄소층을 포함하는 두 개 이상의 용기 속으로 팬 시스템에 의하여 덕트를 통하여 용제공정으로부터 흡입되어 들어온다.
- (나) 용제가 포함된 공기흐름이 활성탄소층을 통과하는 동안 용제는 탄소에 흡수된다.
- (다) 탄소층으로부터 용제회수는 스팀을 이용하고 포집된 용제는 냉각기로 이동된다.
- (2) 흡수기(Absorbers)는 100 내지 200 kPa의 운전압력으로 설계된 탄소강압력용기인데, 내식용 금속이 사용될 수도 있다.
- (가) 탱크는 <그림 2>와 같이 수평 또는 수직형을 사용할 수 있다.

- (나) 종종 2개 이상의 흡수기가 병렬로 설치된다. 하나의 장치가 공기흐름으로부터 1~2%의 용제 또는 오염물질이 흡수 또는 제거 되는 동안 다른 유니트는 탈착상을 형성한다.
- (다) 탈착은 층 밖의 스팀, 다음 흡수 사이클을 준비하기 위한 공기의 건조 및 냉각으로 구성된다.
- (라) 스팀과 용제는 하류설비(Downstream equipment)안에서 응축되고 분리된다.
- (마) 소량의 흡수물질은 탄소에 남아있다.
- (바) 종종 탈착에 요구되는 시간이 흡수에 요구되는 시간보다 월등이 짧다. 그러므로 어느 유니트는 일정기간 동안 공기를 통과시키지 않고 대기상태로 있을 것이다.



<그림 2> 탄소층 흡수기의 예

5. 위험요인(Hazard)

- (1) 인화성 용매를 사용하므로 화재 및 폭발위험은 항상 존재한다.
- (가) 용제는 비등할 수 있기 때문에 장치 폭발 위험을 상정할 수 있다. 만일, 장치가 실내에 있다면 작업실폭발도 있을 수 있다.
- (나) 만일 건물이나 작업장에 소방설비 등 위험에 대한 특별한 방호설비가 설치되지

않았다면, 이로 인하여 발생한 화재나 폭발은 중요한 공정장치를 심각하게 손상하게 하고 제품의 생산을 중단시킬 수 있다.

(다) 실내 폭발은 용기로부터 비등하는 용제액체나 증기가 누출되어 점화될 때 일어날 수 있는데, 이러한 누출의 원인으로는 가스켓 손상, 기계적 손상 또는 용기의 과압 등이 있다.

(2) 탄소층 흡수기의 기본적 위험은 스팀을 주입하기 전 후 대기 기간 동안 또는 흡수상 직후에 일어날 수 있는 화재 가능성이다.

(가) 화재는 작업자가 탈착을 위한 스팀이 공급되었음을 인지하지 못할 때 일어난다.

(나) 또한 아세톤, 메틸에틸케톤, 및 아세트알데히드와 같은 용제가 사용되는 새로운 탄소 층이 있는 장치 안에서 일어난다.

(다) 염료에 사용되는 것과 같은 소량의 고분자 불포화화합물을 포함하는 안전한 용제를 취급하는 층은 장기간 동안 이들 물질이 축적된 후 연소된다.

(3) 화재는 분해성 물질이 탄소의 활성표면 위에서 분해되면서 발산하는 에너지에 의하여 가열되고 이 열로 인하여 자기분해가 가속되어 자연 발화를 일으킬 수 있다.

(가) 정체상태에서는 국부적으로 뜨거운 부분(Hot spot)이 생길 수 있는데, 공기흐름이 다시 시작될 때 이 부분이 화염의 연소를 일으킬 수 있다.

(나) 물질이 정체되어 있는 동안 공기흐름을 유지하면 생성되는 반응열을 제거하여 열점의 생성을 방지할 수 있다.

(4) 자연 발열성 물질은 케톤, 알데히드, 유기산, 유기과산화물 그리고 비닐 및 아세틸렌 형 불포화탄화수소를 포함한다.

(5) 탄소층 흡수탱크 내부에는 일반적으로 폭발위험이 존재하지 않는다. 그러나 탄소층 탱크 건물 안에서는 인화성 증기의 폭발위험이 존재한다. 왜냐하면 증기는 용제가 포함된 증기흐름이나 팬 보호물로부터 누출될 수 있기 때문이다.

6. 회수설비 설치 및 회수작업 시 안전조치 사항

6.1 일반 사항

- (1) 용제가 포함된 공기를 회수시스템으로 운반하는 덕트는 산업 환기시스템 설치기준에 따라 방호장치를 설치하여야 한다.
- (2) 인화성 액체나 증기가 유입될 수 있는 실내나 건물은 화재 폭발방호를 위한 자동 스프링클러 설비를 설치하고, 환기 및 배수 설비를 완비하며 철저한 점화원 관리를 실시해야 한다. 필요한 경우에는 화재 폭발 억제시스템(Suppression) 도입을 권장한다.

6.2 용제 증류시스템

6.2.1 일반 요구사항

이 기준은 단일 용기에 19 L 이상의 인화성 용제를 취급하는 증발기에 적용된다. 이 기준 범위의 용제는 인화점이 149 °C 이하이고, 그 비점 또는 그 이상으로 가열되는 용제이다.

- (1) 인화성 용제를 처리하는 증류기는 실외에 위치하거나 중요한 건물, 장치, 탱크 또는 실외 저장소로부터 적어도 22.9 m 떨어진 건물 안에 설치되어야 한다. 이격된 건물은 경량으로서 손실이 최소화되는 구조여야 한다.
- (2) 그렇지 않으면 회수 증발기는 공장의 중심부가 아닌 주변 벽 가까이에 위치한 격리된 방이나 부속 건물에 위치해야 한다.
- (3) 폭발 방산구는 실내 공간 75 m³당 1 m² 비의 벤트면적으로 설치되어야 한다.
 - (가) 외부 벽이나 판넬은 0.9 kPa(0.01 bar)에 열릴 수 있도록 설계 되어야 하고, 내부 벽은 4.8 kPa의 폭발력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
 - (나) 만약 벤트판넬이 바람 등의 문제로 더 높은 압력에 견딜 필요가 있다면 벤팅 벽에 대한 내력벽의 비는 5 : 1의 비율이 되어야 한다.
- (4) 증발실은 중요한 생산 기계, 부대설비라인, 인화성 액체 또는 가스의 파이프라인, 주요 소방 설비 또는 소방펌프에 노출되지 않아야 한다.
- (5) 운전자는 공정위험에 관한 훈련을 받아야 하고, 안전표준운전절차를 개발하여 이를 준수하여야 한다.
- (6) 증류실(Still room)은 설비의 정비, 누출 및 누설에 대한 주의 및 일반적인 정리정돈이 이루어지도록 하여야 한다.

6.2.2 안전장치 및 계측장치

적절한 부지 선정 및 물리적 화재 및 폭발 방호에 더하여 용제 증발기 및 그 설비에는 다음과 같은 안전장치가 설치되어야 한다.

- (1) 압력 용기는 적용규칙, 기술기준 및 국가 법규에 따라 설계 및 시공하여야 한다.
- (2) 증류기는 진공 및 압력방출장치를 그 출구가 실외로 향하도록 설치하여야 한다. 응축기의 벤트도 실외로 향하도록 설치하여야 한다.
- (3) 환기장치의 방출구는 최소 지상 6.1 m 높이, 지붕 위로 1.8 m이상의 높이에 위치하도록 하고, 증기는 건물 내로 다시 진입하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 환기의 끝 지점에는 화염방지기를 설치하여야 한다.
- (5) 불결 또는 청정한 용제 탱크 및 증발용기는 역방향의 흐름이 일어날 때 용제 펌프를 멈추게 하고, 경보를 발령할 수 있도록 연동된 고·저의 액위 스위치를 설치하여야 한다.
- (6) 증류기에는 내부온도가 미리 설정된 안전한계를 초과할 때는 경보를 울리고, 열공급을 차단할 수 있는 고온 센서를 부착해야 한다.
- (7) 응축기에 냉각수의 연속공급을 보장하기 위해 다음과 같은 계측장치를 설치하여야 한다.
 - (가) 응축기 냉각수 하류 측 흐름의 냉각수 압력 센서
 - (나) 냉각 펌프 작동을 알리는 지시기, 또는 응축기 용제 배출라인의 고온센서.
 - (다) 만약 냉각수가 손실되거나 역방향 흐름이 존재한다면 증발기에 공급되는 열은 자동적으로 중지되어야 하고 이를 경고하기 위한 경보기가 설치되어야 한다.
- (8) 스팀에 의하여 가열되는 증류기에는 정상운전압력 위인 34.4 내지 68.5 kPa로 설정한 감압밸브의 스팀공급하류에 압력방출밸브를 설치하여야 한다. 만약 스팀 가열시스템을 운전압력이 감압밸브의 최대 메인라인의 상류 스팀 압력과 최소한 같다고 한다면 압력방출밸브는 생략될 수 있다.
- (9) 인화성 증기나 액체의 누출을 조기에 경고 할 수 있도록 증류실에 인증된 연속 시료 채취 가연성가스 감지기를 설치한다.

- (가) 감지기는 증발용기의 바닥에서 0.1 m의 높이에 위치하도록 설치한다.
- (나) 감지기는 폭발하한의 10% 농도에서 경보하고 폭발하한의 25%에서 공정을 차단할 수 있도록 한다.
- (다) 연속감지가 이루어지지 않는 작업실은 운전자 또는 보안 요원이 적어도 1시간에 1회 정도 방문점검을 실시하여야 한다.

6.3 탄소층 흡수기

- (1) 탄소층 흡수기는 실외에 위치하여야 하고 중요 공장 시설로부터 최소 7.6 m 이상 이격하거나 또는 손상방지 구조로 된 공간이나 그 부속시설에 위치하도록 하여야 한다.
 - (가) 실내 설비(응축기, 회수기, 침전분리기, 원심분리기, 증발기 및 탱크)를 위한 화재 및 폭발 방호장치는 6.2항의 현장 사항에 따라야 한다.
 - (나) 실외 시설에 대한 방호는 관련 규격 및 문헌에 따른다.
- (2) 실외 상층액 분리기, 응축기, 증류탑 또는 서지탱크는 적절한 양의 용제를 유지하도록 방호장치를 설치한다.
- (3) 흡수기에는 다음의 조건을 충족하도록 한다.
 - (가) 과온이나 화재 시 층을 적시기 위한 흡수기 내부에 고정 물 분무노즐을 설치하되, 발사층 면적(Projected bed area)의 최소 밀도는 12 mm/min가 되도록 하여야 한다.
 - (나) 흡수용기와 그 지주 및 기초는 물로 채워진 용기의 전체 무게에 견딜 수 있도록 설계한다.
 - (다) 만약 용기가 화재 서비스 시스템에 의한 최대 유효 압력에 견딜 수 없다면 자동으로 열리는 장치 또는 액체 방출 밸브가 설치된 배수라인을 설치한다. 이 때 배수라인은 최소 직경이 5 m가 되도록 하고 세척으로 씻기어 나온 탄소에 의한 막힘을 최소화하기 위하여 가능한 한 직관으로 설치한다.
- (4) 자발적인 가열(자기가열)물질을 취급하는 시스템에서 물 분무시스템은 일산화탄소(CO) 농도의 제어와 유사한 것과 같은 자동제어가 되어야 한다.

- (가) 대부분의 흡수기는 2000~3000 ppm의 일산화탄소농도를 유지해야 한다.
 - (나) 감지기의 경보 점은 특정 설치에 의한 결정 값 보다 50% 높게 설정되어야 한다.
 - (다) 흡수장치의 작동 중지 점은 기저 CO 농도이상 10%가 유지되어야 한다.
 - (라) 열감지기는 CO 감지기를 지원하기 위하여 사용될 수 있다. 그러나 이는 화재의 존재를 알려 줄 수는 없다.
- (5) 계산상 최소 공기 흐름율을 기반으로 하여 흡수기로 들어가는 인화성 증기의 농도가 폭발하한의 25% 이하로 유지하도록 한다. 이때, 인증된 연속가연가스 감지기가 경보할 수 있도록 설치되어있고 폭발하한의 60% 미만에서 설비를 안전하게 가동 정지할 수 있다면 정상 유입속도는 폭발하한의 50% 정도면 될 것이다.
- (6) 모든 흡수용기의 입·출구에는 공정흐름이 설계한계 이하로 유지하고 이를 감시하기 위하여 경보 기능을 지닌 온도측정 및 기록 장치를 설치한다. 만일 운전교범에는 흡수기 출구에 있는 고온 경보기가 운전자 조치에 의하여 즉시 교정될 수 없다면 물 분무시스템을 수동 조작할 수 있도록 하여야 한다.
- (7) 온도차트는 운전절차와 운전상태를 점검하는 것과 같이 적어도 매일 운전자에 의하여 검토되고 매주 감독자에 의하여 검토되어야 한다. 단일 또는 그 중 근무조에 의하여 운전하는 흡수의 경우 온도는 각 조의 근무시작 및 종료 시에 점검되어야 한다.
- (8) 흡착이 이루어지는 동안 자기가열의 가능성을 극소화하기 위하여 다음 중의 하나가 실시되어야 한다.
- (가) 스팀을 공급하지 않을 때 탄소 층을 통한 공기흐름은 최소한 정상흐름의 75%를 유지한다.
 - (나) 스팀공급이 확대되고 건조/냉각 상이 다음 흡수 상이 시작되기 전에 흡수 상이 이루어지도록 프로그래밍한다. 이때, 탄소 층은 대부분의 흡수 상 동안 축축하게 젖어 있도록 한다.
- (9) 장치의 운전을 정지하기 위해서는 정지 전에 수 일 밤과 수 주 동안 냉각, 봉합 및 흡수가 이루어지도록 한다. 일산화탄소 분석기와 자동 물 분무는 운전정지기간 동안 작동되어야 한다.
- (10) 운전정지 기간이 연장되는 동안 자기가열의 가능성을 극소화하기 위해 다음 중의

하나가 이루어져야 한다.

(가) 탄소를 제거한다.

(나) 공기흐름은 정상흐름의 75%로 유지한다.

(다) 물이나 스팀을 주기적으로 분사하여 탄소층을 축축하게 한다.

(라) 질소나 이산화탄소로 불활성화한다. 층 외의 공간을 포함한 장치 내의 산소함량은 부피로 1%를 초과해서는 안 된다.

(11) 흡수 동안 흡수 층의 온도가 흡수되는 물질의 발화온도에 도달할 수 있으므로 흡수를 위한 과열온도의 사용을 피한다.

(12) 흡수기는 탄소 층을 통한 공기가 고루 분배되도록 설계 하여야 한다. 층 내의 사역(Dead spots)은 자기 가열의 가능성을 증가시킨다.

<부록>

사고사례

(1) 최근까지 화학 산업 외의 사내 용제 회수 시스템관련 사례는 많지 않다. 소규모 증발기 조작 중에 일어난 화재 및 폭발 사고는 거의 보고되지 않고 있다. 그러나 화재 및 폭발의 잠재 위험성은 광범위한 손실사례를 가져온 재래식 인화성 액체와 동일하다.

(가) 용제 회수와 관련된 심각한 사고가 0000년에 발생했다. 1000~2000 ppm의 톨루엔 증기가 들어 있는 용제가 함유된 공기가 프린트 공장의 세 개의 운전 그라비아 잉크건조부에서 배출되고 있었다. 그 공기는 덕트를 통하여 건물 외곽에 있는 탄소층 흡수기로 보내졌다. 여기에서 탄소는 톨루엔을 흡수하였다. 탄소층에서 용제를 탈착하는 데는 스팀이 사용되었다. 용제와 스팀의 혼합물은 냉수로 냉각되는 응축기에서 응축되었고, 챔버 내의 가스를 제거하였다. 그리고 용제는 정치였다가 저장조로 보내었다. 응축기 및 관련 회수장치는 30 m²당 1 m²의 벤트면적을 가진 폭발 벤트 패널이 설치된 콘크리트 블록 벽 내부에 설치되었다.

(나) 사고 동안 응축기의 냉각 기능이 손실되었고, 스팀 및 용제 증기는 응축기 및 탈기장치를 통과하도록 허용되었으며, 실내를 개방하여 탈기기에 공기가 들어가도록 하였다. 폭발성 혼합물은 전기 콘트롤 패널 안에서 점화되었고, 격렬한 폭발의 발생으로 빌딩, 장치 및 인근 구조물이 심히 손상되었다. 그 건물은 손상을 줄이는 구조로 재건축되었고, 장치의 배치와 연동장치의 개선이 이루어졌다. 이 사고로 재산상의 손실은 \$940,000이었고, 업무 중단 손실은 \$1,100,000로 집계되었다.

(2) 탄소층 흡착기와 관련된 사고 사례는 여러 건 발생하였다. 직경 1.8 m, 길이 7.3 m의 탄소층 흡수기는 고무판 제작을 위한 라텍스(Latex)로부터 톨루엔과 나프타를 흡수하였다. 탱크는 실외에 설치되었다. 그들은 스팀 탈기동안 약 110 °C에서 작업하였다. 실내 고무판지역에 화재가 발생하여 덕트를 통하여 탱크 A로 인화되었다. 소방대원이 고무판지역에서 작은 호스를 사용하여 불을 끄려고 하였다. 흡수탱크의 내부는 스팀으로 불활성화하고 있었다. 시운전을 하고 몇 시간 지나서 탱크 B의 탄소 층에 또 다른 화재가 발생하였다. 이는 수동 호스로 물을 분무하여 소화하였다. 구리 스크린, 활성탄, 탱크 절연물이 손상을 입었다. 재산 손실은 \$65,000이었다.