

KOSHA GUIDE

P - 10 - 2012

소형 염소설비의 안전작업 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 서울산업대학교 안전공학과 이 영 순

○ 개정자 : 최 이 략

○ 제 · 개정 경과

- 2009년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- HSE BOOKS, HSG40, "Safe handling of chlorine from drums and cylinders"

○ 관련 법규 · 규칙 · 고시 등

- 산업안전보건법 제23조 (안전조치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제299조(독성이 있는 물질의 누출 방지)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제256조(부식방지) 내지 제275조(긴급차단장치의 설치 등)

○ 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

소형 염소설비의 안전작업 기술지침

1. 목적

이 기술지침은 소형 염소 실린더와 염소드럼의 안전설치와 안전취급에 관한 기술지침을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 기술지침은 저장능력이 33 kg이상 73 kg이하의 염소 실린더와 약 870 kg이상 1톤 이하의 염소 드럼의 안전 설치와 안전 취급을 대상으로 한다. 다만, 대량의 염소 취급 작업(Bulk)이나 연구소에서 주로 사용되는 소형 실린더는 예외로 한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 기술지침에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) “플러딩(Flooding)”이란 액체염소가 들어 있는 염소 증발기에서 그 수용능력을 넘어서는 장비의 작동, 적절하지 않은 가열, 열전도 표면의 오염으로 인해 설비 안의 염소가 범람하는 현상을 말한다.

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

4. 위험요인 확인

(1) 염소설비를 운영하는 사업주는 이 설비 중에 잠재할 수 있는 위험요인을 파악하고 관련 위험도(Risk)를 평가하기 위해서 전반적인 위험성평가(Full risk assessment)

를 수행해야 한다. 위험성평가는 부지 주변의 운송, 플랜트에의 접근성 및 보안을 포함하는, 모든 위험 요소들을 다뤄야 한다.

(2) 염소설비를 운영하는 사업자는 다음과 같은 요령으로 위험성 평가를 실시하도록 권장한다.

(가) 염소의 누출 위험을 파악한다. 즉, 잠재적인 염소가 누출될 수 있는 근원지를 찾는다.

(나) 누출이 가능하다면 누출이 일어날 수 있는 사고(Loss-of-containment)가 얼마나 심각한지 결정한다. 즉, 이러한 누출사고가 누구에게 해를 끼치고, 얼마나 심각한지 결정한다.

(다) 이러한 사고가 얼마나 자주 발생할 수 있는지 결정한다.

(라) 관련 위험도(Risk)를 추정하고, 염소의 누출방지 및 누출된 염소로 인한 피해를 완화시키기 위한 사전 조치가 충분한지, 더 필요하지는 않은지 고려한다.

(마) 이러한 과정에서 나타난 중요한 사항들을 기록한다.

(바) 매 3년마다, 또한 중요한 변경을 실시하기 전에, 이들 설비에 대한 위험성평가를 다시 실시한다.

(3) 위험성평가를 수행할 때는 합리적으로 실행 가능할 때까지 위험이 제어되도록 적절한 제어장치를 설치하고, 이 지침에서 제시된 권장사항을 기반으로 하여 안전작업절차를 수립하는 등 염소설비를 운용하는 장소에 대한 특별한 특성을 고려하여야 한다.

(4) 위험성 평가를 실시할 때에는 염소 누출의 가장 큰 잠재적 원인이 무엇인지 고려해야 한다. 드럼과 실린더를 설치할 때 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

(가) 취급 오류 ; 용기 떨어뜨림, 용기의 연결 혹은 분리 시 배관 및 밸브의 손상과 같은 취급상의 오류

(나) 부적절 또는 부정확한 조작 ; 조인트의 조임 실패, 조인트의 과다 조임, 용기 제거 시 밸브 잠금의 실패, 잘 맞지 않는 조인트 링의 사용, 염소와 반응 또는 염소 존재 시 연소할 수 있는 탄화수소와 윤활유 사용

- (다) 부식이나 권장사용 수명이상의 사용(예: 유연한 연결재(Flexible connectors)의 부적절한 교체)과 같이 부적절한 정비로 인한 플랜트의 열화로 인한 결함.
- (라) 외부 요인에 의한 손상(운송장비, 기중기, 근접 사고로부터 날아온 비산물, 화재 등)
- (5) 위험성 평가를 수행하는 사람들은 그와 관련된 경험이나 지식을 갖추고 있어야 한다. 필요하다면, 숙련되고 식견이 있는 사람들로부터 조력자를 구해야 한다. 염소 공급자는 대상 사업장의 위험성 평가를 이행하여 주고, 위험성 평가와 안전 관리를 수행하는 것을 돕기 위한 정보를 제공한다.

5. 염소시설의 설계 및 설치 위치

5.1 설비의 형태

- (1) 염소 공급자는 염소 설비의 디자인, 충전, 유지 보수, 설비의 시험, 드럼과 실린더의 검사 등을 위한 정보를 제공하고 관련 법규에 대한 조언을 제공하여야 한다.
- (2) 다음의 용도로 사용되는 염소 드럼과 실린더는 아래의 요구사항을 충족하여야 한다.
 - (가) 한 개의 실린더 혹은 드럼에 의한 염소 가스 운반 : 33kg 실린더에 염소가스를 공급할 때에는 그 공급 속도를 약 1 kg/h의 속도로 하고, 드럼에는 5 kg/h의 속도로 공급하도록 한다. 다만 간헐적으로 짧은 기간을 요하는 경우에는 높은 공급 속도도 가능하다.
 - (나) 여러 개의 실린더 혹은 드럼에 의한 염소가스 운반 : 5 kg/h 이상의 수요가 예상되면, 하나의 매니폴드에 몇 개의 컨테이너를 연결하여 사용할 수 있다. 다만 하나의 매니폴드에 6개 이하의 실린더나 드럼을 연결할 것을 권장한다. 컨테이너 사이에 많은 양의 염소가 이동될 때에는 하나의 배관이 다른 것들과 현저히 다른 온도로 되지 않도록 하여야 한다.
 - (다) 액체 염소 드럼 :

- ① 이 설비에는 증발기가 사용되고 (가)나 (나)보다 높은 속도로 염소를 공급하기 때문에 자동차단밸브와 염소 탐지기와 같은 설비와 더 정교한 안전수칙이 요구된다. 또한 액체를 운반하는 배관의 배출 속도는 같은 구경일지라도 기체를 운반할 때보다 훨씬 더 크다. 따라서 컨테이너가 같은 온도를 유지하도록 하고, 고립되는 것을 막기 위하여(응급 시 제외), 이 시스템은 액체 염소를 한 번에 한 드럼 이상은 절대 인출하지 못하도록 배열해야 한다.
- ② 위의 (나)나 (다)의 설비에 계속적으로 염소를 안전하게 공급하기 위해서는, 공급 배관의 압력이 미리 설정한 압력으로 떨어지면 새로운 배관으로 자동적으로 바뀔 수 있도록 자동변환 판넬(Changeover panel)을 제공하도록 한다.
- ③ 배관 속의 염소가 다시 액화 되는 것을 막기 위해서 가스가 드럼이나 실린더로부터 제거되어야 하는 시점 이후, 또한 기화된 이후에 곧바로 압력 리듀서(Reducer)를 설치하도록 한다. 국부적인 재액화(Localized re-liquefaction)는 용기나 주변 설비의 부식이나 침식 등을 야기할 위험이 있으므로 재액화를 막기 위해 염소 처리소의 온도가 저장고보다 적어도 5 °C 정도 높도록 설정하여야 한다.

5.2 염소시설

- (1) 염소시설이나 그 작업공정을 디자인 할 때에는 드럼과 실린더 설치 시의 다음과 같은 주요 특징을 고려해야 한다.
 - (가) 조정 가능한 연결을 위한 조인트는 누출의 잠재적 원인이 되므로 조인트가 정확히 설치되고 안전하게 유지되도록 점검해야 한다.
 - (나) 컨테이너에 필수적인 기계 장치의 부재는 내용물의 의도적이지 않은 이동을 가능하게 하고, 이것은 저장고를 넘치게 할 수 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다. 또한 온도 변화로 인해 생긴 균열이나 관로의 파열의 경우를 감안하여 배관을 고립시켜야 한다.
 - (다) 안전밸브나 압력완화 용기(Relief vessel)의 부재 시에는 과도한 압력을 야기할 수 있는 컨테이너나 배관의 직접적인 가열을 피해야만 한다. 만약 패딩(Padding)이 사용되었다면, 컨테이너가 과도한 압력을 받지 않도록 하는 작업

시스템이 필요하다.

- (2) 액화 염소가 소량으로 유출될 때는 빠른 속도로 증발된다. 공기보다 밀도가 높은 염소의 증기는 안정되고 지면을 따라 흐르며 낮은 지역에 모이는 경향이 있다. 염소 증기가 공기와 충분히 희석되면 염소와 공기 혼합물은 공기 흐름을 따라서 함께 움직이며 더 희석된다. 염소 저장소의 위치 결정이나, 장비운전(Equipment processing)절차를 수립할 때에는 염소의 위와 같은 특징을 고려해야 한다. 예를 들어, 지면보다 낮거나 염소와 가까운 지역의 방은 작업 공간으로 쓰여서는 안 된다.

5.2.2 염소 컨테이너 저장지역 및 염소 저장실

- (1) 염소 컨테이너는 작업 공간과 떨어진 곳에 저장되고, 사용되어야 한다.
- (2) 컨테이너는 다음과 같은 지역에 보관될 수 있다:
- (가) 지정된 장소(외부)
 - (나) 분리된 빌딩
 - (다) 다른 빌딩 한 부분에 있는 저장소
 - (라) 특히 물기 있는 염소는 대부분의 금속과 반응하여 금속을 극심하게 부식시키고 적은 양의 누출이 급속히 큰 문제로 확대되기 때문에 컨테이너는 물이 있는 곳에는 절대 설치할 수 없다. 따라서 컨테이너는 지면보다 낮은 곳처럼 물이 모이기 쉬운 곳이나, 지하실, 혹은 하수구 주변에서는 절대로 보관하거나 사용하여서는 안 된다.
- (3) 사용되지 않는 드럼이나 실린더의 외부 저장소는 비나 태양 복사열로부터 안전하게 유지되어야 한다. 외부 저장소는 가연성이 있는 물질로부터 최소 5 m이상 떨어져 있어야 한다.
- (4) 대부분의 저장소는 실내에 설치되기 때문에, 컨테이너는 건조하고 일정한 온도를 유지할 수 있다. 저장소를 실내에 설치할 때에는 염소가 외부환경에 누출되는 속도를 조절할 수 있으므로 사고의 피해를 경감할 수 있다. 따라서 비교적 높은 인구 밀도지역에서 멀리 떨어지지 않은 곳, 병원이나 학교, 기타 민감한 지역에 이 시

설을 설치할 때에는 실내 시설로 설치할 것을 권고한다.

- (5) 염소 컨테이너가 사용되는 실내 저장 지역이나 저장소는 가연성이 없는 재질로 만들어져야 하고, 가까운 곳에서 화재가 날 경우에는 열로부터 이 시설을 방호할 수 있도록 방화벽을 제공하여야 한다.
- (6) 배관 내에서 염소가 오래 동안 체류하는 것을 방지하기 위하여, 염소를 다룰 때 이용하는 장구들은 저장 지역 가까운 곳에 놓아야 한다. 연계된 컨테이너에 염소가 흘러 들어가는 것을 막기 위하여 다른 공정에 사용되는 장치와 한방에 놓지 않을 것을 강하게 권고한다.
- (7) 저장 지역은 정확하게 식별되도록 표시되어야 한다. 저장 공간은 오직 염소 저장과 그와 관련된 필수 장구, 이산화황과 같이 양립 가능한 물질들만을 위해 사용되어야 한다. 염소 지역은 허가 없는 사람의 접근이나 진입을 막아야 한다.
- (8) 접근 통로는 누출물을 봉쇄하는데 도움이 될 수 있도록 설치하여야 한다. 보안상의 이유로 직원이 없는 저장소에서 멀리 떨어진 장소에 관찰창을 설치하지 말아야 한다. 저장소부터 다른 작업장까지 이어지는 내부 출입문도 설치하지 않도록 하되, 부득이하여 설치하려면 미량의 누출이라도 이를 제한 할 수 있도록 봉인(Air tight seal)이 필요하다. 인접한 작업실 사이를 도관으로 연결하는 배관이나 케이블도 적절히 봉인되어야 한다. 전등이나 통풍을 위한 제어 스위치는 염소실의 외부에 위치해야 한다.
- (9) 적절한 탈출 루트를 제공해야 한다. 위급 상황에서 근로자들의 탈출을 가능하게 하기 위해서, 염소실은 빌딩 '외부'에 위치하여 대기에 직접적으로 노출되도록 하여야 한다. 탈출로에 있는 비상문은 탈출 방향으로 문이 열리는 구조여야 하고, 정전 시에도 구분이 가능하도록 야광 표시가 있어야 한다.

5.2.3 염소 저장 및 공정실의 위치

- (1) 염소설비지역은 적절한 방화벽을 제공하지 않는 한, 운송 수단이 이용하는 차도에서 5 m이상 떨어져 있어야 한다. 만약 저장소나 염소실의 벽에 강력한 보호 조치를 하려 하면, 붕괴되거나 시설에 손상을 가져오지 않도록 설계해야 한다. 짐을 싣거나 내리기 위해 운송 장비가 저장소에 접근할 수 있는 곳에는, 높은 커브(Kerb)나 다른 고정된 바퀴 멈춤 장치를 제공해야 한다. 또한, 짐을 싣거나 내릴 때 차량

이 후진 할 필요 없이 차량이 전진하면서 상하차 할 수 있는 구조로 하여야 한다. 상하차 전용 지역은 명백하게 표시되어야 한다.

- (2) 염소시설의 경계로부터 저장과 작업 공장의 적절한 이격은 액체를 운반하는 배관의 파열과 같은 심각한 염소 유출로부터 시설 밖에 있는 사람들을 얼마나 보호할 수 있는가를 알아보는 좋은 척도가 된다. 이러한 이격거리의 크기는 다음과 같은 요인들에 의해 결정된다.

(가) 저장된 염소의 전체 재고량

(나) 저장소의 위치(실내 또는 실외)

(다) 소비속도

(라) 현장의 드럼이나 실린더의 조작이나 이동 빈도

(마) 액체와 증기 라인의 길이나 지름과 같은 설비의 디자인, 다기관 컨테이너 수

(바) 주변 인구의 수, 분포도, 타입

- (3) 염소시설을 디자인 할 때나, 이들 시설의 장소를 결정할 때, 위험성평가를 실시할 때에는 이러한 요소들을 주의 깊게 고려해야 한다. 이러한 요소들은 부지 내에서 이들 시설을 재배치할 때에도 적용된다. 초기 단계에 염소 공급자도 포함시켜야 한다. 시설부지의 경계와 내부 라인의 실린더, 드럼 혹은 장비들과의 거리를 최대화 하도록 고려해야 한다.

- (4) 내부 시설을 적합하게 사용하도록 하기 위한 시설부지 경계와의 이격거리는 다음 지침에 따른다.

(가) 실린더 사용만을 위한 시설의 경우 20 m

(나) 약 10톤 드럼 시설의 경우

- ① 드럼 하역 지역과 드럼 저장소의 경우 60 m
- ② 액체 운송을 위해 배열된 온라인 드럼의 경우 60 m
- ③ 가스 운송을 위해 배열된 온라인 드럼의 경우 40 m

(다) 위험성 평가나 개별 환경요인(부지 위치, 현장의 사용 가능한 공간, 부지 주변

환경, 컨테이너 변경의 빈도, 재고 등등)이 이격거리 결정에 영향을 미칠 수 있다는 사실이 강조되어야 한다. 비슷한 환경의 실외 시설의 경우에는 더 큰 이격거리가 필요할 것이다.

- (5) 염소구역을 위한 장소를 선택 할 때에는 우세한 바람의 방향과 관계있는 현장의 다른 건물들의 위치도 고려해야 한다. 염소구역은 바람이 부는 방향에 위치하도록 한다. 현장의 다른 건물의 환기구는 염소 시설로부터 최소 25 m이상 떨어져 있어야 하고, 높은 레벨에 있는 것이 더 좋다. 비상탈출구(Emergency assembly point)의 위치를 결정할 때에도 바람의 방향을 고려해야 한다. 탈출구가 2개일 것을 권고한다. 그래야만 누출이 일어났을 때 바람의 방향과 관계없이 적어도 하나의 비상구를 이용할 수 있기 때문이다. 광범위한 염소시설을 위해서, 실내 탈출구를 권고하고, 단순한 시설의 경우에는 열린 공간에 위치한 탈출구(Open-air assembly point)가 적합하다.

5.2.4 염소 드럼과 실린더 취급 및 사용 실무지침

- (1) 컨테이너를 장비에 연결하거나 취급하기 위한 절차나 배열은 다음과 같다.
- (가) 드럼과 실린더는 밸브의 작동 중단위험을 최소화하기 위하여 공급자로부터 넘겨받은 상태로 사용하도록 한다.
 - (나) 컨테이너는 공급자로부터 수령하였을 때와 연결 이전에 외관검사를 실시하여야 한다. 결함이 있다고 의심 되는 컨테이너는 사용되어서는 안 되고, 결점이 있음을 표시해야 한다. 즉시 공급자에게 알려서 결함이 있는 컨테이너의 사용의 진행과정이 초기화 될 수 있도록 한다.
 - (다) 컨테이너는 다른 장치들과 연결되기 이전에 작업지점에 고정하여야 한다. 드럼은 적절하게 디자인 된 펌목이나 요람위에 정치하도록 하고, 사용 중인 드럼 위에 포개어 쌓아 올려놓아서는 안 된다. 롤러 크래들(Roller cradle)이 드럼을 지탱하기 위해 사용된 곳에서 드럼은 펌목 등으로 안전하게 고정하여야 한다. 실린더는 똑바른 상태로 정치되어 있도록 하여야 한다.
 - (라) 컨테이너를 떨어뜨리지 않도록 하기 위하여 그 취급에 세심한 주의가 필요하다.
 - (마) 컨테이너위에 화물을 떨어뜨리지 않도록 화물 취급에 세심한 주의가 필요하다.

(바) 실린더를 작업장소로 이송하기 위해서는 특별한 목적을 위해 만들어진 실린더 이동손수레(Trolley) 등을 이용하여 운반하여야 한다. 높이가 다른 곳으로 옮길 때에는 계단 보다는 경사로를 이용하도록 한다.

(사) 지게차 트럭은 특별한 목적을 위해 만들어진 부착물이 꼭 맞지 않는 한, 컨테이너 이동에 사용 되지 않아야 한다.

(아) 드럼을 지면보다 높이 들어 올리는 작업은 최소화 하여야 한다. 올려진 드럼데크나 탱크로리 자동차를 위한 낮춰진 접근 플랫폼을 추천한다.

① 컨테이너를 취급하기 위한 배열의 적합성은 매년마다 평가되어야 한다.

② 염소 공급자는 컨테이너의 안전 사용에 대한 추가적인 지침을 제공할 수 있어야 한다.

(2) 승강장치는 주어진 기능대로 적절하게 설계되고, 제작자의 지침에 맞게 정비되고 검사되어야 한다. 새로운 시설을 위해, 호이스트는 하물이 염소 드럼이나 드럼 밸브, 온라인상의 관로 위를 지나가지 않도록 배열하여야 한다. 이를 테면, 드럼 출구는 중앙 리프팅빔이 있는 건물의 가장 가까운 외부 벽을 가리키도록 한다. 만약 이미 존재하는 시설로 이것이 불가능 하다면, 드럼이 온라인 장치 위를 지나가는 횟수를 최소화 하도록 해야 한다.

(3) 염소 드럼을 위한 리프팅빔은 최소 2 m 이상이어야 한다. 호이스트는 하물의 흔들림을 최소화하기 위해서 작업속도를 느리게 하여야 한다. 수직적 움직임은 1 m/min 정도의 속도로 하고, 수평적 움직임은 4.5 m/min의 속도가 적합하다. 드럼이 흔들리는 것을 막기 위해 기술지침 로프가 필요하다.

5.3 환기설비

(1) 염소 저장 공간의 환기는 세 가지의 주요 목적을 수행한다.

(가) ‘신선한 공기’를 유지하고, 적절한 작업환경을 유지한다..

(나) 밀폐된 방에서 소규모의 누출이 발생할 때, 이를 분산한다.

(다) 심각한 누출이 발생한 경우, 제어된 봉쇄와 분산을 제공한다.

- (2) 자연 환기나 강제 환기를 통해서 신선한 공기를 저장소에 공급해야 한다. 자연 환기는 높거나 혹은 낮은 곳에서 루버를 통해 제공된다. 염소 실이 다른 방이나 복도로 직접 연결되거나 외부로 직접 열리지 않는 모든 부지에는, 자동이나 반자동 강제 환기장치를 강력하게 권고한다.
- (3) 강제 환기시스템을 디자인 할 때에는 대체적으로 한 시간에 최소 6번에서 10번 가량의 공기 정화가 필요하다. 실제 요구조건은 방의 크기나 방 안의 장비들의 배치 상황, 강제 환기를 통해 완화될 수 있는 최대 배출비율에 관한 판단에 달려있다. 염소설비를 운용하려 할 때에는 장치 공급자와 함께 이러한 요구 조건을 토론하여 최적의 환기시스템이 되도록 하여야 한다.
- (4) 환기 장치는 일상적 보수가 이루어져야 한다. 이것은 매달 보수점검을 실시하여야 하고 매주 환기효율에 대한 점검이 여기에 포함 될 수 있다. 근로자가 염소에 노출되는 것을 방지하기 위한 제어 수단의 한 부분으로써 환기시스템이 설치된 곳은, 환기 시스템의 철저한 점검과 시험, 모든 작동 효율성 테스트가 적어도 14 개월마다 한 번씩 이루어 져야 한다. 그러한 점검에 대한 결과를 기록하고, 그 기록을 최소 5년간 보유해야 한다.
- (5) 만약 작업 공간에서 냄새로 탐지 가능한 레벨(약 0.5 ppm)의 염소 증기가 존재한다면 공장에 문제가 있다는 것을 가정해야 한다. 안전한 작업 환경을 만들기 위해서 좋은 환기 장치에 의존해서는 안 된다. 누설속도의 증가는 짧은 노출 시간이라도 빠른 속도로 공간을 위험하게 만들 수 있다. 누출을 처리하기 위해서는 호흡 보호기구의 착용이 필요하다.

5.4 염소 감지기 및 경보설비

- (1) 염소 누출에 대한 빠른 경고는, 특히 직원이 상주하고 있지 않은 건물의 경우, 신속한 구제 조치를 가능하게 하는 장점이 있다. 따라서 염소 드럼, 실린더, 증발기 혹은 공정 플랜트를 수용하는 빌딩의 염소 탐지기 및 경보장치의 설치가 적극 권장된다. 실외 설치를 위해서는 설치물의 사이즈나 직원의 수준, 성취 가능한 반응 시간과 같은 요소들을 고려하여 그것의 가치를 평가해야 한다. 누출 탐지를 위한 탐지기는 다음과 같이 설치한다.

- (가) 상주 직원이 있는 곳이나 제어 센터에서 감지될 수 있는 알람을 설치한다.
 - (나) 영향이 미치는 지역에 소리가 들리고 눈에 보이는 알람을 활성화 한다.
 - (다) 적합하다면, 기계적인 통풍을 제어한다.
 - (라) 적합한 곳에 자동 차단밸브를 설치한다.
- (2) 소리를 내는 알람은 톤의 구분이 있어야 한다. 또한, 황색 섬광의 경고등이나 교통 신호등 타입은 염소빌딩의 외부에 적합하다. 예를 들어, 멀리 떨어진 곳이나 민감한 곳에서의 알람은 원격 측정시스템과 연결되어 있어서 직원이 근무하는 통제소로 경고를 확실히 제공하도록 해야 한다. 통제소는 드럼이나 실린더에 잘 맞는, 원격 작동이 가능한 밸브를 통해 염소 공급을 봉쇄할 수 있어야 한다. 혼자서 일하는 근로자로 구성된 부지를 위해서, 한곳에 고정 된 알람뿐만 아니라, 휴대 가능한 알람과 커뮤니케이션 시스템의 제공을 고려해야 한다.
- (3) 일반적으로, 염소 센서는 염소를 이송하는 덕트의 안이나 입구 근처에 설치하도록 한다. 강제 환기 시스템이 설치된 곳에는, 탐지기가 시스템의 출구 쪽에 위치해야 한다. 이것이 실행 가능하지 않은 곳이라면, 탐지기는 저장소나 사용 장소 가까이 있어야 한다. 수직하강기류(‘Still air’ pocket)가 존재하는 저장 공간은, 일반적인 공기 순환과 탐지 시스템의 효율성을 향상시키기 위해 팬을 가동해야 한다. 시스템 설치자는 센서의 최적 장소에 대한 조언을 해야 한다. 일반적으로 저장 장소 내의 센서는 지상으로부터 0.3 m에서 0.5 m 사이에 부착한다. 염소가스 센서는 설치자의 지침에 따라 정기적으로 검사되도록 하고, 탐지기와 그와 관련된 회로가 정확하게 작동하는지 검증해야 한다. 또한 검사 결과에 대한 기록을 보유하고 있어야 한다.
- (4) 탐지 시스템은 다음과 같은 구조여야 한다.
- (가) 염소가 저장소에 있거나 사용될 때, 지속적인 감독 기능을 제공해야 한다.
 - (나) 전기가 나갔을 때, 센서에 문제가 생겼을 때, 예비 배터리가 낮은 상태인 경우 알람이 작동된다.
 - (다) 모든 알람의 중계조작을 위해 배터리의 보완 기능을 가지고 있어야 한다.

- (5) 염소 농도가 1-5 ppm일 때, 탐지 시스템은 낮은 레벨 알람(Low level alarm)이 작동되어야 한다. 저준위알람(Low alarm level)이 울리면 환기팬을 작동시켜야 하고, 공기흡입루버를 열고, 지역 오디오와 눈에 보이는 알람, 원격 측정 알람을 작동시켜야 한다.
- (6) 때로는 염소실 밖의 근로자에게 염소시설 사고의 심각성을 알려주기 위해 2단계의 감지시스템을 사용하는 경우도 있다. 두 번째 단계에서 작동하는 고준위 알람(High-level alarm)은 첫 단계의 알람보다 3배정도의 높은 농도 즉, 3-15 ppm에서 작동하도록 할 것을 제안한다. 고준위알람이 작동될 때에는, 환기 시스템을 차단하고, 자동 운행정지 시스템을 작동시켜야 한다. 높거나 낮은 준위의 경우 알람 톤이 달라야 하고, 관련 근로자는 그 차이점을 인지할 수 있도록 훈련되어야 한다. 또한 각각의 경우에 대해 어떻게 반응해야 하는지도 알아야 한다. 지역 알람은 통제실로의 원격 연결에 의해 보완 될 수 있다.
- (7) 일부 센서는 높은 염소농도에 의해서 손상될 수 있다. 따라서 탐지시스템은 고준위 알람이 작동된 뒤에는 점검을 실시하여야 한다.

5.5 배관 시스템

- (1) 압력이 0.5 bar(gauge) 이상인 경우, 실린더나 드럼으로부터 염소를 운반하는 관로는 ‘압력 시스템’의 일부이므로 배관의 디자인과 설치에 관련 법규의 요구조건을 충족해야 한다. 공급 컨테이너와 사용지점 사이의 관로는 견고해야하고 가능한 짧아야 하고 충격을 피하거나 기계적 손상으로부터 적절하게 보호되도록 설치하여야 한다. 액체 염소를 위한 배관의 루트는 보통 지상에 설치된다. 긴 관로흐름이 불가피 한 곳에서는, 가능한 많은 액체나 고압의 기체보다는 저압의 가스를 운반하도록 해야 한다. 액체가 채워진 긴 길이의 관로에는 적합한 압력 경감 시스템이 필요하다. 압력이 있는 액체 염소나 염소 가스를 이송하기 위해 플라스틱 배관을 사용해서는 안 된다.
- (2) 압력 하에서 액체염소나 염소가스를 운반하는 관로는 ANSI/ASME B31.3과 같은 코드와 일치하도록 설계되어야 한다. 관 부속품은 BS21과 맞아야 한다. 디자인 압력은 최소 12 bar(gauge) 이고, 권장 디자인 온도 범위는 -35 °C부터 +45 °C이다.

- (3) 새로운 강관은 건조한 공기(이슬점 -40°C 이하), 질소 또는 다른 적합한 가스를 이용하여 최소 12 bar(gauge)의 압력에서 압력검사를 실시해야 한다. 45°C 이상에서 작동될 수 있는 시스템의 어떠한 부품도 상응하는 염소의 증기압력에 견딜 수 있도록 설계되어야 하고 일상적인 점검과 보수를 시행하여야 한다. 점검 또는 검사일지의 기록은 최소 5년간 유지되어야 한다. 모든 배관은 청결과 내부의 건조를 유지해야 한다. 습기에 노출되거나 압력시험 이후에는 배관은 완전히 건조되도록 해야 하고(이슬점 -40°C 이하), 접합링(joint ring)은 교체해야 한다.
- (4) 대기 압력이나 그 이하에서 운용되는 염소가스 설비에 적합한 플라스틱 배관(예: 적합한 등급의 UPVC)을 이용할 수 있다. 하지만, 이때에는 플라스틱 배관 공급자로부터 조언을 구해야 한다. 이러한 조언은 설치(예: 팽창/수축을 가능하게 하는 적절한 클립과 점검, 그리고 관로의 보수와 교체에 대한 것을 포함하고, 충격에 의한 손상과 다른 위험의 가능성도 고려해야 한다. 이들 설비는 운용에 앞서 설치의 건전성을 시험해야 한다. 만약 이들 시설에 진공 조절 장치와 대기방출구가 설치된다면, 환기구에는 안전 장소로 향하도록 설치해야 한다. 누출 시 빠른 경고를 제공하기 위해서 배출구의 출구에 염소 탐지기의 설치를 고려해야 한다.
- (5) 적절하지 않은 재료의 개스킷의 사용은 위험할 수 있다. 확실하지 않은 경우, 염소 공급자에게 조언을 구해야 한다. 고무 개스킷은 액체염소 서비스에는 절대로 사용되어서는 안 된다. 모든 패킹, 개스킷, 격막은 극단적인 작업 온도나 압력 사이에 있는 염소의 활동에 저항력을 가지고 있어야 한다. 이를 위해서는 입증된 재료들(예를 들어 Spiral wound Monel, Kel-F, aramid fiber 등)을 적용하는 것이 바람직하다. 시설의 특성에 적합한 재질을 찾아서 적절한 작업방법으로 활용하여 누출을 방지하여야 한다.
- (6) 관로작업에는 다음을 확실하게 하여야 한다.
- (가) 적합한 접합 물질의 적정 공급은 항상 이루어지도록 하여야 하고, 이러한 물질은 재활용되어서는 안 된다.
- (나) 윤활유는 염소와 함께 사용을 권고하는 것만을 사용한다. 탄화수소를 기본으로 하는 윤활유는 절대 사용해서는 안 된다. 그런 윤활유는 염소와 반응하고, 염소 시키거나 컨테이너에 손실을 가져오는 염소-철(chlorine-iron)을 유발할 수도 있다.

(다) 적합한 공구는 언제든지 사용 가능하도록 준비되어야 하고, 접합을 만들 때 사용한다. 조절 가능한 렌지는 권장하지 않는다.

(라) 새롭게 만들어진 이음은 암모니아 시약으로 누출 검사를 실시하도록 한다. 누출은 염화암모니아의 하얀 연기의 발생으로 확인할 수 있다.

(7) 플렉시블 피그테일(Flexible pigtail) 연결 파이프는 주로 구리나 작업을 단단하게 하는데 사용되는 합금으로 만들어진다. 각 드럼이나 실린더를 변경할 때에는 점검을 실시하고, 필요하다면 교체해야 한다. 계획된 교체 프로그램을 진행할 때에는 공급자와 연계가 필요하다. 이러한 프로그램이 효력을 갖기 위해서는 설치물, 갱신 날짜, 점검 기록 스케줄을 플렉시블 연결관에 부착할 것을 권고한다. 연결과 단절이 빈번한 곳에서는 구리와 합금 연결 관이 적어도 매년 한번은 교체되어야 한다. 연결 관이나 관로작업을 할 때에는 염소의 부분적 액화를 막기 위한 대책이 이루어져야 한다.

5.5.2 밸브와 자동차단 장치

(1) 보통 큰 설비에는 글로브 밸브의 사용이 권장되지만, 드럼이나 실린더에는 볼밸브가 사용된다. 응급 봉쇄 시 사용되는 밸브는 표시를 명확하게 하여야 한다. 리모트 컨트롤 자동밸브의 필요성에 대해서는 위험성 평가가 실시되어야 한다. 자동 시스템의 필요성은 잠재적 누출의 가능성, 사이즈, 지속성에 따라 결정된다. 또한 외곽 지역의 인구밀도나 학교, 병원 등과 같은 민감한 단지의 인접성도 자동 시스템의 필요성에 영향을 미친다.

(2) 드럼이나 실린더에는 원격 조정이 가능하거나 자동적으로 운행정지가 되는 밸브가 설치되어야 한다. 자동 차단 장치는 염소 탐지 시스템에 의해 작동되어야 한다. 원격 조작 밸브의 작동지점과 자동 밸브의 수동 최우선제어(Override control)장치는 제어실 외부에 위치하도록 하고, 안전성평가에서 명시된 지역에 설치되도록 한다. 자동적이고 원격 조작 가능한 밸브는 일주일에 한 번 정도로 정기적인 검사를 실시하고, 그 결과를 기록 하여야 한다.

5.5.3 표지 및 표시

(1) 염소 관로는 명확한 이름으로 라벨링하고 노란색 페인트로 칠하여야 한다. 응급

상황에서 작동되어야 하는 밸브에는 그의 작동이나 열림과 닫힘의 방향을 명확하게 표시하여야 한다.

- (2) 관로 표지는 작업 공정도나 작동 안내서에서 일관성을 유지해야 한다. 비상밸브의 작동을 위한 밸브의 키는 밸브 주변에 위치해야만 한다.

5.6 방식(Protection against corrosion)

- (1) 접속, 관부속품, 관로를 포함하는 염소시설 장치는 페인트나 다른 방법으로 보호 코팅을 실시하여 부식으로부터 적절하게 보호되도록 하여야 한다. 파이프래깅(Pipe-lagging, 보온재)과 같이 습기가 모일 수 있는 장소에는 특별한 주의가 요구된다.
- (2) 진공 배출기와 같이 장비로부터, 혹은 장비로 물을 수송하는 파이프라인은 저장소를 통과해서는 절대로 안 된다. 왜냐하면 물을 수송하는 파이프라인은 증기를 응축시키고, 이는 누출의 원인이 될 뿐만 아니라 지속적인 외부의 부식도 촉진시키기 때문이다. 일상적인 검사가 요구된다.

5.7 증발기

- (1) 증발기(Vaporizer)는 액체 염소를 가스로 전환시키는데 사용된다. 염소 사용이 많지 않은 공장은 컨테이너로부터 직접 가스를 유출하여 사용할 수 있다. 약 1 ~ 25 kg/h의 유량은 컨테이너 사이즈와, 매니폴드로부터의 분기된 수에 따라 다르다. 높은 유속(25 kg/h)이 요구될 때는 드럼으로부터의 액화 염소가 가스로 전환되는 증발기가 필요하다. 그렇지 않으면, 가공 액체가 다시 드럼으로 들어가거나 가스 공급이 불규칙할 위험이 있다. 증발기의 필요성은 설계 단계에서 제시된 염소 공급자와 의논하여 결정하는 것이 좋다. 이때 주의할 사항으로는 실린더는 이와 같이 높은 유속이 사용되지 않고, 침지파이프에 의하여 공급되지 않는다는 것이다.
- (2) 드럼 설치에 있어서, 실린더나 중탕 내 코일증발기는 보통 자기제어가 필수적으로 이루어질 때 사용된다. 수요가 높을 때, 액체 염소 레벨은 증발기 안에서 높아지고, 이는 코일이 액체에 더 많이 잠기게 되어 더 큰 열교환표면적이 되도록 하고 이는 곧 증기 발생속도를 증가시키게 된다. 수요가 낮을 때는, 열매체의 온도에서 더 큰

증기 압력이 되고 이는 액체 염소를 증발기 밖의 도관으로 다시 보내어 증발 속도를 떨어뜨린다.

- (3) 중탕의 온도는 자동 온도장치로 제어되고, 탄소강과 건조한 염소 사이의 심각한 반응이 일어나는 온도보다 훨씬 낮은 60 ~ 70 °C를 유지하도록 한다. 실린더나 코일에 직접적인 전기 열을 사용하여서는 안 된다. 이것은 국부적인 과열이 생성될 위험이 있기 때문이다. 젖은 스팀 중탕은 종종 코일타입 증발기로 사용된다. 스팀은 2 bar(gauge)보다 낮은 압력에서 과열되지 않아야 한다.

5.7.2 설치 일반

증발기는 염소 공급 드럼에 최대한 가깝게 설치하여야 한다. 이것은 액체 염소를 운반하는 배관을 짧게 유지하기 위함이다. 긴 파이프 흐름은 압력완화장치가 필요할 것이다. 이들을 설치할 때에는 다음의 원칙에 따르도록 한다.

(가) 사고에 의한 염소 방출의 위험을 최소화 한다.

(나) 사고 발생 시 보수와 응급 처치를 위해 설비로의 충분한 접근과 봉쇄를 제공한다.

5.7.3 위험요소

- (1) 염소 증발기와 관련된 잠재적 위험요소는 다음을 포함한다.

(가) 핀홀 누설 : 빠른 부식을 야기하고 염소 손실 증가

(나) 빠른 부식 : 만약 습기가 염소 시스템 안에 있을 경우.

(다) 증발기 안의 압력 강하, 프로세스 중의 과잉 압력, 유체 안의 염소 가스 용해 등으로 인한 반응 유체의 역류; 증발기 안에 있는 유체(물이나 용매, 반응물)는 부식 또는 급격한 과압이나 도관 과열을 야기하는 국부적으로 격렬한 반응을 일으킬 수 있다.

(라) 가스 라인이나 프로세스로 벌크 유체나 작은 액체방울과 같은 액체 염소를 비말동반(Carry-over)할 때에는 설비재질과 프로세스에 따라서 정도의 차이는 있으나 손상이나 위험의 원인이 될 수 있다.

(마) 염소의 증기압이 온도와 함께 아주 급격하게 상승함으로 인한 증발기의 과열과 이로 인한 시스템의 과잉 가스 압력.

(바) 가열 시, 액체 염소의 팽창으로 인하여 시스템이 폐쇄되거나 액체로 가득 찼을 경우 과도한 수력(Excessive hydraulic forces)의 발생

5.7.4 플러딩(범람)과 액체의 비말동반

(1) 액체염소가 들어 있는 자기조절 증발기에서 열매체의 온도가 너무 낮게 떨어지면, 유출가스가 부적절하게 과열되거나 플러딩 현상을 일으킬 수 있다. 플러딩은 증기 라인 안에 액체 염소의 비말동반과 잠재적 위험(프로세스와 공장 물질에 의존한다)을 초래한다. 물증탕 안의 물 레벨이 떨어질 때에도 똑 같은 일이 일어날 수 있다. 극한의 경우, 염소가 다 배출되고 증발기에 열이 공급되지 않으면, 열교환기 표면에 얼음이 형성될 수 있고, 심한 손상을 가져올 수 있다.

(2) 액체 염소가 파이프의 재질을 손상시키거나 프로세스를 불안정 하게 할 때, 염소 방울이나 스프레이가 가스 관로로 흐르는 것을 방지하기 위해 낙아웃 포트(Knockout pot)의 설치를 고려하여야 한다.

(가) 액체가 프로세스로 흐를 가능성이 없을 경우, 낮은 온도 알람을 낙아웃 포트 가까운 곳에 설치하고, 액체 염소가 증발기에 공급되는 것을 차단하도록 낮은 온도 알람을 설치해야 한다.

(나) 자기조정 타입의 경우에는 기체 염소 배출구는 닫히고, 액체 염소를 다시 드럼으로 유도할 것을 권장한다.

(다) 적합한 계장시스템과 알람은 언제나 이러한 상황에서 갑작스런 경고를 주기 위해 제공되어야 한다. 높거나 낮은 증탕 온도와 설비의 중단을 실시할 수 있는 수준의 알람을 추천한다.

5.7.5 부식의 가속과 반응(고온)

(1) 아연 도금을 한 스틸(Galvanized steel)로 만들어진 열교환표면의 물 층의 빠른 부식을 막기 위해, 작업 온도는 70 °C를 넘어서는 안 된다.

(2) 만약 고열에서의 작업이 요구된다면, 니켈이나 니켈 합금(Monel 400이나 Inconel

같은 물질)으로 만든 증발기를 사용하여야 한다. 그러한 경우, 하류 염소 기체 관로는 높아진 온도에서 부식에 대한 적합한 저항성을 갖도록 업그레이드할 필요가 있다.

5.7.6 고압

(1) 과도한 압력에서 시스템을 보호하기 위해 압력완화장치와 같은 예방조치가 이루어져야 한다. 압력완화장치와 고압 알람은 적절하게 설계, 설치, 보수 되어야 한다. 과압으로부터 시스템을 보호하기 위해 디자인 된 장치는 그와 관련된 능력을 갖춘 사람에 의해 정기적으로 검사를 받아야 한다. 정상적인 작업온도인 70 °C에서 염소의 증기압은 21 bar를 넘는다. 필요시 취해야 할 예방조치는 다음과 같다.

(가) 액체 염소가 꼭 차 있을 때에는 증발기가 밸브 등에 의하여 격리되어 있지 않은지 확인한다. 차단을 위한 서면절차서의 정확한 관찰이 필수적이다.

(나) 뜻하지 않은 증발기의 격리를 피한다. 비상밸브의 폐쇄조치가 이를 고려하고 있는지를 확실히 하기 위한 주의가 필요하다.

(다) 증발기의 투관은 운전압력에 견딜 수 있도록 설계해야 한다.

(라) 초과되는 운전압력의 위험을 최소화 하는 운전제어를 이행한다.

(2) 만약 염소 증발기에 압력완화장치가 제공되지 않는다면, (가)에서 (라)까지의 조건을 충족시킬 수 있는 절차를 채택하거나 적절한 압력완화방법을 마련하여야 한다. 압력 완화를 위한 조치는 배출되는 염소를 봉쇄하거나, 환기라인으로의 배출이 적절히 진행되고 있음을 확인할 필요가 있다.

5.7.7 역류

(1) 적절한 디자인으로, 증발기로 역 흡입(Suck back)이나 거꾸로 밀어 넣기(Push back)의 가능성을 제거해야 한다. 이의 일환으로 저압력 가스 알람을 유출가스라인에 설치하는 것을 고려해야 한다. 이것은 프로세스로의 공급 중 손실에 대해 경고해 주고, 역 흡입 방지를 위해 건조한 공기나 다른 적합한 건조 가스(이슬점 -40 °C이하)를 이용한 시스템 퍼지를 시작할 필요성을 나타낸다.

(2) 어떤 방법이 사용되든 간에, 시스템은 정기적으로 검사되고 보수되어야 하고, 이와

관련한 기록은 보존되어야 한다.

5.7.8 일상 및 비상 격리

- (1) 증발기는 보수를 위해 혹은 누출로 인한 증발에 실패하거나 가스 라인 하류부의 실패와 같은 응급 상황에서 격리될 능력을 갖추고 있어야 한다. 액체 입구나 배출구에 있는 수동 밸브 외에, 원격 조정 혹은 자동 조작이 가능한 밸브가 입구나 배출구 모두에 설치할 것을 강력하게 권고한다. 압력 감소나 흐름제어 밸브는 거의 대부분 배출구에 설치되고, 때때로 이 밸브가 원격 조작 차단 밸브로도 사용이 가능하다.
- (2) 위험성 평가는 자동 밸브가 작동에 실패 했을 경우(혹은 원격조정밸브가 작동하지 않는 경우)를 대비한 추가 방호대책을 고려해야 한다. 예를 들면, 액체 출입에서의 흐름 제어(일반적으로 드럼으로부터의 출구 쪽)는 중요한 공장실패를 초래할 수 있는 방출을 방지할 수 있다.
- (3) 증발기가 전체적으로 격리될 때의 위험이 크고 증발기가 가득 찼을 때(예를 들어 만약 주요 가스 라인 실패의 상태로 밸브가 함께 닫혔을 때), 그 위험은 더욱 심각하다. 증발기가 격리되거나 가열되었을 때, 액체 염소 위에 가스공간이 있다면, 내부의 압력은 열매 온도에서 염소의 압력에 도달할 것이다. 증발기, 라인, 그리고 밸브는 그러한 압력을 견디거나 안전한 장소로 배출할 수 있도록 설계하여야 한다. 자동 밸브의 제어장치는 알람이 울릴 때 밸브가 함께 닫히지 않는 구조로 하여야 한다.
- (4) 증발기의 격리는 여전히 가능하지만, 전체 격리를 방지하기 위한 입구와 배출구 밸브 사이의 연동장치는 적합하지 못하다. 왜냐하면 연동장치는 때때로 청소나 정밀 검사를 할 동안 입구와 배출구 밸브 모두 닫아야 하기 때문이다. 그렇기 때문에 보수와 작동을 위한 작업의 안전 시스템은 안전배치에 필수적인 부분이다.

5.7.9 압력 제어밸브

- (1) 모든 증발기 디자인은 증발기 자체 내 또는 분리된 장치에서 증기의 과열 요인을 줄일 수 있는 방안을 활용한다. 염소가 컨트롤 밸브 안에서 다시 액화 되면, 작업 중 불규칙한 압력 문제나 국부적 외부 부식을 초래할 수 있다.

- (2) 이러한 문제를 방지하기 위해서 위와 같은 증발기 디자인이 필요하다. 이러한 문제들은 증발기로부터 출구에 가스 압력을 줄임으로써 피할 수 있다. 또한, 적절한 압력 감소 제어 시스템이 제공되도록 권장한다.

5.7.10 부식

- (1) 증발기 튜브나 코일의 부식은 봉쇄의 손실 사고를 야기한다. 증발기 가열배스의 염소 측에서 소량의 염소 누출 결과는 매우 심각하다. 왜냐하면, 염소와 습기의 혼합은 증발기 표면의 급격한 부식을 초래하고 염소의 지속적인 방출을 야기하기 때문이다.
- (2) 서면 검사 계획에 따라서, 유자격자로 하여금 증발기나 다른 압력 시스템에 관한 정기적인 검사를 실시하도록 해야 한다.
 - (가) 유자격자는 서면검사계획이 시스템에 저장된 에너지의 비의도된 방출로부터 사람에게 합리적으로 예상 가능한 위험을 방지하기 위한 목적으로 적합한지를 확인하여야 한다.
 - (나) 서면검사계획에는 검사의 빈도와 상태를 포함하여야 한다. 검사의 빈도와 상태는 마지막 검사 때 증발기의 상태나 의무에 따라 달라진다.
 - (다) 유자격자는 적절한 검사와 시험영역, 증발기의 교체시기에 대해 조언을 하여야 한다. 점검 기간은 보통 1년에서 5년 사이이다.
 - (라) 중탕 내 코일형 증발기는 주로 2년마다 검사가 시행되고, 코일의 경우 심각한 부루통한(Petted) 현상이 발견되면 폐기해야 한다. 염소 증발기 실린더는 5년마다 교체하여야 한다. 이어지는 검사에서, 장치는 폐기되기 이전에 이슬점이 -40°C 미만이 되도록 철저히 건조하여야 한다.
- (3) 열교환기 표면의 부식은 직접적으로 모니터링되지 않는다. 대신, 증발기의 용기나 튜브는 종종 음극 방식에 의해 물 부식을 방지한다.
 - (가) 이때 양극은 일반적으로 매 3개월에서 6개월 마다 점검하여야 한다. 점검빈도는 양극의 소모된 비율과 교체 경험에 의하여 결정한다. 만약 검사 시 양극이 완전히 소모되었음이 발견 된다면, 증발기는 총괄적으로 철저한 검사를 실시하

여야 한다.

(나) 물중탕이나 응축액 배출구는 산화 환원 반응이나 전도도 측정을 통해 염소 누출을 모니터해야 한다. 소량 누출의 조기 경고는 모든 경우에 있어서 도움이 된다. 따라서 음극 방식이 제공되지 않거나 유지되지 않는다면, 소량 누출의 초기 경고시스템을 강력하게 권고한다.

(4) 고체 퇴적물의 축적은 증발기의 효율을 감소시키고, 부식을 촉진시킬 가능성이 있다. 증발기는 정기적인 청소와 건조가 필수적이다. 이때 퍼지 가스는 기름 성분이 없어야 하고, 이슬점이 -40°C 미만이어야 한다.

5.8 염소 흡수시스템(흡 스크러버, 흡 세정장치)

(1) 다량의 염소 실린더와 드럼 시설에서 배출하는 염소를 처리하기 위한 염소 스크러버의 규모를 정확하게 정하기는 쉽지 않다. 그러나 10톤 이상의 보유량을 갖는 넓은 사업장에서는, 스크러버의 필요성을 위험성평가 시 언급하여야 한다.

(가) 새로운 시설부지에는, 설계 단계에서부터 이러한 필요성을 고려하여 염소가 누출될 수 있는 장소를 위험통제장소(Risk control place)로 지정하여 이에 관한 위험관리계획을 수립하여야 한다.

(나) 만약 흡수장치가 필요하다는 결론이 나면, 다른 전문가 및 염소 공급자와 관련 기술기준에 대한 토의를 실시해야 한다. 만약 흡수기를 사용하기로 결정했다면, 필요할 때 즉시 가동할 수 있도록 좋은 작동상태로 유지하는 것이 필수적이다.

(2) 위험통제장소에 대한 기본적인 위험관리계획은 다음과 같다.

(가) 안전한 설계, 보수와 공장운전을 통한 누출사고 방지.

(나) 조기 탐지 및 원격 또는 자동조절차단 밸브를 통한 가동정지에 의한 누출기간의 극소화.

6. 운전절차와 훈련

6.1 운전 절차서(Operation instructions)

- (1) 주위 환경으로 염소가 누출될 수 있는 가장 큰 위험중의 하나는 공장의 부적합한 운전으로 인한 것이다. 그러므로 공정의 운전절차 및 공정 운전원의 선발과 훈련은 염소시설의 효율적 그리고 안전 운전을 위한 아주 중요한 고려사항이다. 운전절차는 각 공정작업을 안전보건 법규에서 요구하는 모든 기준을 포함하여 서면으로 작성되어야 한다.
- (2) 운전절차서나 위험작업 계획서의 수정을 대비하여 사업장에는 이들 수정을 인가할 책임이 있는 부서 관리자나 담당자를 임명 또는 지정하여야 한다.
 - (가) 운전매뉴얼에는 공정흐름도가 포함되고, 비상시에 닫혀야 할 밸브가 표시되어야 한다.
 - (나) 운전매뉴얼은 작업 장소에서 근로자들이 이용 가능해야 하고, 제어실이나 제어센터의 근로자들도나 감독관에게도 이용이 가능해야 한다.
 - (다) 감독관은 서면 운전매뉴얼에 따라 작업이 정밀하게 수행되는지 정기적으로 점검해야 한다.

6.2 유지 보수 및 검사

- (1) 공장, 장치 및 계장의 만족스러운 유지관리는 위험을 최소화하는데 필수적이다. 관련 법규 및 기술지침을 준수하여야 한다.
- (2) 모든 일상적인 보수 작업을 포함하는 자세하게 써진 안내문이 이용 가능한 것인지 확인할 필요가 있다. 이러한 사항은 공식적으로 승인 되어야 하고, 신뢰할 수 있는 보수 엔지니어로부터 발행되어야 한다. 감독관은 이러한 절차에 따라서 작업이 이루어지는지를 정기적으로 확인해야 한다.
- (3) 보수 엔지니어와 공정관리자간의 긴밀한 협의체계(Liaison)의 구축이 필요하다.
- (4) 모든 보수 엔지니어에게 적합한 훈련이 필요하다. 이러한 훈련은 염소의 성질, 안

전 예방, 위급 절차와 같은 기본적인 정보를 포함해야 한다.

6.2.2 염소 시스템의 변경 및 정리 절차

- (1) 염소 시스템의 변경은 위험성평가 이후에만 이루어져야 한다. 변경의 허가는 관련된 작업과 엔지니어링 섹션을 포함하는 신뢰 가능한 스태프에 의해 주어진다. 또한 적합한 절차는 요구되는 절차들을 처리하기 위해 실시되는 것을 확인해야 한다. 제안된 주요 변경은 염소 공급자와 논의되는 것이 좋다.
- (2) 시스템의 보전에 영향을 미칠 수 있는 변형이나 **수리**는 명확히 밝혀져야 하고, 유자격자에 의해 감독되어야 한다.
- (3) 공식적인 정리절차는 작업허가 시스템의 한 부분으로써 확립될 필요가 있다. 그 목적은 다음과 같다.
 - (가) 공장이 보수와 내부 점검, 적절한 격리를 위해 만족스러운 상태에 있고, 염소가 없는 것을 확인하기 위함이다.
 - (나) 크레인이나 이동 장비, 용접 세트, 염소 시스템에 우발적인 사고를 초래할 수 있는 다른 공장의 사용에 요구되는 염소 지역 내의 모든 작업을 포함한다. 이러한 안전 지침은 작업이 염소포함 라인이나 장비를 수반하지 않을 때에도 꼭 필요하다.
 - (다) 작업이 완료된 이후에 공장이 작업을 위해 안전하다는 것을 공식적으로 승인하기 위함이다.

6.3 훈련

- (1) 염소설비를 취급하는 사람은 각 업무절차에 대하여 적절한 훈련과 실습을 수행하여야 한다.
 - (가) 사업장에서는 자기의 비 직무 및 직무 관련 사항을 포함한 훈련 프로그램을 개발하여 훈련을 실시하고 이 프로그램의 효율성을 측정하기 위해 정기적인 프로그램 평가를 실시하여야 한다.
 - (나) 비 직무 관련 훈련에는 다음과 같은 기본 정보를 포함하고 있어야 한다.

- ① 법적인 요구 사항(규정 및 지침 포함)
- ② 염소의 물리적, 화학적, 독성 특성
- ③ 안전 예방책
- ④ 개인보호 장치
- ⑤ 공정 운전과 시스템 형태
- ⑥ 컨테이너의 타입과 취급 및 보안 방법
- ⑦ 운전 절차
- ⑧ 보수 절차
- ⑨ 결점 교정
- ⑩ 자동제어 시스템
- ⑪ 누출감지 시스템
- ⑫ 누출봉쇄를 포함하는 비상조치절차
- ⑬ 염소 공급자의 지원 설비

(다) 보수 엔지니어는 시스템 건전성 검사, 압력 경감, 안전장치에 관한 훈련과 함께 위에 언급한 사항에 관한 더욱 자세한 훈련을 제공하여야 한다.

(2) 직무 훈련은 안전 예방조치와 비상 대처 방법을 알고 프로세스를 잘 알고 경험이 있는 운전/보수 엔지니어의 안내 하에서 실행할 필요가 있다. 다음과 같은 상황에 특별한 주의를 기울여야 한다.

(가) 염소의 위험요인과 특성

(나) 실린더나 드럼의 취급, 채택된 시스템의 정기적인 모니터링과 적합성 확인과 함께 공급 시스템으로의 연결과 분리를 포함한 플랜트 안전운전 방법

(다) 보수와 검사, 특히 관련 표준이나 코드의 적용 방법

(라) 특수 운전 (예를 들어, 공장의 가동중지와 시운전. 격리와 주기적인 보수나 검사를 위한 장치의 준비 방법)

(마) 비상 차단밸브, 환기장치, 경보시스템, 누출 탐지기 등의 위치와 작동

(바) 누출이 일어날 때 따라야 할 절차, 여기에는 누출물의 격리와 봉쇄, 비상조치계획이 포함되어야 한다. 이러한 절차에서는 사업장의 특성과 누출된 양의 크기도 다루어져야 한다.

(사) 공급된 개인 보호 장구(PPE: Personal protective equipment)의 사용법에 대한 훈련. 보수 엔지니어들은 또한 결함의 수정도 다루어야 한다.

6.3.2 적격성과 감사(Competency and audit)

- (1) 위 토픽에 대한 적격성은 문서화된 절차를 사용한 훈련 후 평가를 통해 평가할 필요가 있다. 훈련과 안전운전 절차는 매니지먼트나 회사 감사 프로그램의 일부분으로써 관련 경험이 있는 감사 팀으로부터 매년 감사를 받을 것을 권고한다.
- (2) 내부 감사는 염소 공급자 등 외부 감사에 의한 지원을 받을 수 있다. 드럼 설치를 위해서는 약 3년, 실린더 설치를 위해서는 약 5년간의 기간 동안 다른 유능한 사람에 의해 감사되어야 한다.

6.3.3 개인보호장구

- (1) 염소는 독성이 강한 물질이기 때문에 급성 노출은 치명적일 수 있다. 따라서 안전 작업 실무규정과 제어 대책(개인보호장구, PPE 포함)을 수립하여 이를 기준으로 한 작업이 이루어져야 한다. 또한 근로자들이 이를 이해하고 있음을 확인해야 한다. 안전 절차는 밀폐된 저장 공간이나 염소가 누출된 방에 들어갈 필요가 있는 곳에 필수적이다. 위험한 공간에 들어가서 실시하는 작업은 관련 법규나 코드 또는 지침에 따라야 한다.
- (2) 보통 염소의 노출원은 염소관로의 연결부, 특히 컨테이너 연결부의 제조나 파괴와 관계된 작업에서 유래한다. 따라서 이러한 가능성을 예방하거나 이러한 예방이 합리적으로 실현 불가능할 경우에는 근로자로 하여금 개인보호 장구를 착용하게 하거나 기타, 다른 방법에 의하여 염소의 노출을 경감하도록 하여야 한다.
- (3) 개인보호장구나 호흡보호장구(RPE: Respiratory protective equipment, 예를 들어, 방독 마스크, 호흡 기구(BA: Breathing apparatus) 혹은 탈출 호흡 기구)의 사용이 요구되는 모든 직원은 적절한 안내와 그것에 대한 안전과 올바른 사용에 대한 훈련을 받아야 한다. RPE는 제조업자의 권고에 따라(보통 최소 매달 한번) 완전하게

점검 및 검사가 실시되어야 하고, 이를 기록하여 보관하여야 한다.

6.4 적절한 호흡보호장구 선정

RPE를 포함한 PPE의 착용이 필요한 곳에서는, 이것이 적절하게 선정되고 올바른 보호를 제공하는지 확인해야 한다. 선정 방법은 KOSHA GUIDE (염소저장설비에 관한 기술지침)에 따른다.

7. 비상조치

(1) 염소설비를 보유한 사업장은 비상조치 계획을 수립하고 관련부서(노동부, 환경부, 소방서, 경찰, 염소 공급자 등)와 연계하여 운용하여야 한다.

(가) 비상조치계획은 위험성 평가에 기반으로 하여 작성하도록 하되 이 계획서에는 사업장내의 구성원이 어떻게 가스 누출을 안전하게 처리할 것이며, 또한 사업장의 범위를 넘어서는 곳으로부터 어떤 지원을 어떻게 받을 것인가에 대한 사항도 포함되어야 한다.

(나) 또한 위험성 평가는 프로세스나 시설의 화재 안전과 이웃 사업장으로부터 가능한 충격에 대한 사항도 다루어져야 한다.

(2) 비상조치계획은 염소 누출의 예측 가능한 지역을 포함해야 한다.

(가) 계획서는 복사하여 이 업무에 관련된 모든 직원에게 이용 가능하도록 하여야 한다. 그러한 계획서는 사업장 밖에 경보를 발령할 사람의 이름이나 포지션을 포함할 것을 권장한다.

(나) 비상조치계획에는 사업장내의 응급처치와 대피계획을 포함하여야 하고 필요하다면 사업장 밖의 비상대응계획도 포함되어야 한다.

(3) 모든 염소시설은 가스 누출이 일어났을 경우 구성원 모두에게 즉시 경고할 수 있는 수단을 가지고 있어야 한다.

(가) 눈에 보이는 높은 위치에 바람 방향 지시기를 설치하여 근로자의 탈출방향을

결정하는데 도움을 주도록 하여야 한다.

(나) 가스 누출 경고에 이어서 행해지는 적절한 행동은 기록된 안내서에 정의 되어야 하고, 적절한 훈련을 실시하여야 한다.

(4) 적은 양의 가스 방출에는, 단지 단순한 조치계획이 필요할 것이다.

(가) 하지만 다른 상황에서는 더욱 특별한 경고 시스템이 요구되는데, 이것은 비상 조치계획을 수립하고, 만약 필요하다면 사업장 외의 비상조치계획도 수립하는 것이 바람직하다.

(나) 염소누출사고가 발생하였을 때 가장 먼저 지원을 요청할 곳은 사고 통제와 구조를 위한 비상서비스센터이고 그 다음은 방출에 대처할 수 있는 방안에 대한 조언을 제공할 수 있는 안전관련 전문기관이다.

(다) 이에 관한 상황을 정확하게 파악하여 긴급상황이 발생하였을 때에 적절하게 대처하여야 할 것이다.

(5) 비상조치계획에는 훈련 계획이 수립되어야 하고 이에 의하여 정기적인 훈련을 실시하여야 한다. 이 훈련 계획에는 적절한 빈도로 상담이나 조언을 해주는 비상 관련 전문기관과의 연계활동이 포함되어 있어야 한다.

7.2 비상시 보호 및 구조장비

(1) 위험성 평가에서는 전신을 보호할 수 있는 화학물질보호의를 포함하는 비상장비의 범위, 타입 및 배치 위치 등을 고려해야 한다.

(가) 이것들은 공기공급식 완전보호의나 자급식호흡장구(SCBA: Self contained breathing apparatus)가 장착된 완전보호의로 압축 될 수 있다.

(나) 비상 장비에 설치된 경고 시스템은 공기 실린더의 압력이 규정된 기준수치보다 낮아질 때 운전자자로 하여금 오염된 공간을 떠나도록 경고한다.

(다) 압축공기호흡장구는 시간의 제한을 받지 않고 동일한 보호 작용을 제공하지만, 탐색과 구조 작업에 있어서의 활동의 자유를 제약한다.

- (2) 염소시설에서 사용되는 비상 탈출 호흡용 보호 장구는 인증(KCS)표시가 되어있는 것을 사용하고, 전체 얼굴 마스크와 같이 눈도 보호할 수 있는 것 이여야 한다. 인증 탈출 장비는 오직 탈출을 위한 것이고, 일상적인 작업 중의 사용을 위한 것은 아니다.
- (3) 비상 및 구조 장비는 모든 염소 공장 지역에서 언제나 사용 가능해야 하고 쉽게 접근 가능한 위치에 위치하도록 하며 장비의 위치가 적절하게 표시 되어야 한다. 이러한 장비는 정기적으로 검사하고 보수/관리 되어야 한다. 장비의 보유량을 파악하여 관리하고 공장 운전 및 응급 절차에 첨부되어야 한다.

7.3 누출관리

- (1) 관로의 결함으로부터 염소가 심하게 누출될 때, 염소빌딩에 설치된 환기시설 및 외부로 트여진 공간이 단혀있거나 봉합되어 있다면 누출된 가스가 대기 중으로 방출될 시간을 약간 지연시킬 수 있다.
- (가) 이는 기술자나 관리요원이 염소누출의 근원을 밝히고 처리 하는데 약간의 시간을 준다.
- (나) 염소실로부터 봉쇄된 누출 물을 분산시킬 때에는, 공장외부에 미치는 영향을 필히 고려하여야 하고, 공장외부에 알람(적합할 경우)을 울려 사람들이 실내로 들어가도록 하거나 그곳에 남아 있도록 알려줄 필요가 있다.
- (다) 이때 비상통제센터에서는 이러한 누출 시 누출 설비의 풍하 지역에 있는 주민들의 소개를 고려해야 한다.
- (라) 빌딩으로부터 염소 방출의 급격한 감소는, 누출이 빠른 속도로 제어 되거나 염소실안에서의 공기 변화 속도가 느릴 때 얻을 수 있는 결과이다. 그렇기 때문에 염소세정시스템이 염소를 제거하기 위해 설치되지 않는 한, 염소실의 환기 시스템은 스위치가 꺼져야 하고, 모든 기구들은 닫히거나 봉인될 필요가 있다.
- (마) 통풍벽돌은 테이프로 감거나 다른 방법으로 봉쇄되어야 한다.
- (2) 500 ppm까지의 농도를 측정할 수 있는 추가적인 센서의 사용 및 염소 실 밖과 작업통제실 안에서 볼 수 있는 화면표시기를 제공하는 것을 고려하여야 한다.

- (가) 이러한 화면표시기는 누출의 심각성과 그것이 안전하게 격리 가능한지를 평가하는데 유용하다.
- (나) 농도가 1000 ppm(이것은 구름이 눈에 보이는 한계농도이다)을 넘으면, 방출을 처리하는 근무자는 추가적인 예방조치를 취해야 하고, 오염된 공기의 호흡을 인지하고 되도록 빨리 안전 지역으로 대피해야 한다.
- (3) 누출이나 상당한 양의 방출이 이루어진 후, 염소 실은 철저한 환기가 필요하다. 운전자는 염소로 오염된 의류를 제거하고 안전한 환경에 있을 때까지 RPE를 벗어서는 안 된다.
- (4) 액체 염소의 누출을 봉쇄하기 위한 모래나 플라스틱 시트를 포함하는 재질과 장비는 언제나 사용 가능해야 한다.
- (가) 만약 누출이 실내에서 이루어지고 모래나 방류독의 사용에 의해 봉쇄된다면, 누출은 빠른 속도로 축축한 염소수화물의 코팅과 차가운 증기 층으로 자기 자신을 덮을 것이다.
- (나) 폼 소화약제의 적용은 공급된 열 때문에 새로운 증기의 발생을 야기할 것이므로 플라스틱 시트로 안정된 누출을 덮는 것이 가장 좋은 조치이다.
- (다) 폼이나 물 스프레이의 필요는 염소 공급자와 지역 소방 당국과 논의하여야 한다. 왜냐하면 폼과 물의 사용은 특정한 상황에서 문제를 악화시킬 수 있기 때문이다.
- (5) 액체 염소가 누출될 때에 누출지점에 물을 뿌리거나 누출되는 드럼이나 실린더에 물을 분무하여서는 절대로 안 된다. 다만, 물 분사로 인해 발생한 공기의 비말동반의 결과로써 형성된 염소가스 구름을 향한 물 호스나 안개 스프레이는 이의 회색에 도움을 줄 수 있다.