

KOSHA GUIDE

D - 34 - 2013

무수암모니아 저장에 관한 기술지침

2013. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 제정자 : 중대산업사고예방실
- 개정자 : 이수희
- 개정자 : 구채칠

○ 제 · 개정 경과

- 1998년 7월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 1998년 9월 총괄기준제정위원회에서 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규 개정조항 반영)
- 2013년 10월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규, 물질안전보건자료 반영)

○ 관련법규 · 규칙 · 고시 등

- 국제노동기구(ILO) Convention NO. 174 : The prevention of major industrial accident, 1993
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제299조 및 제450조에 의거 작성됨.

○ 기술지침의 적용 및 문의

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

공표일자 : 2013년 11월 25일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

무수암모니아 저장에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 독성물질에 해당하는 무수암모니아의 저장에 관한 필요한 사항을 정하여 암모니아 누출 등으로 인한 중대산업사고를 예방하는데 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 무수암모니아를 액체 상태로 저장하는 설비의 설계, 검사, 위치 선정 및 설치 등에 대하여 적용한다.

3. 용어의 정의

3.1 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (1) "무수암모니아 (Anhydrous ammonia)"라 함은 기체 또는 액체 상태의 무수암모니아를 말하며 암모니아가 물에 용해된 암모니아수를 지칭하지는 않는다.
- (2) "저온저장"이라 함은 상압하에서 $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ 미만으로 액체상태의 무수암모니아 (이하 "암모니아"라 한다)를 저장하는 것을 말한다.
- (3) "비저온저장"이라 함은 $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이상에서 액체상태로 저장하는 것을 말한다.
- (4) 저장설비라 함은 기초 위에 설치한 고정식 암모니아 저장탱크 및 그 부속설비를 말한다.

3.2 기타 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법 시행령, 산업안전보건기준에 관한 규칙에 정하는 바에 따른다.

4. 일반사항

4.1 암모니아의 특성 및 위험요인

(1) 암모니아의 특성 및 위험요인은 <표 1>과 같다.

<표 1> 암모니아의 특성 및 위험요인

구분	특성
CAS No.	7664-41-7
분자식	NH ₃
분자량	17.031
끓는점	- 33.34 °C
용해도 (물에 대한 용해도)	47% @ 0 °C, 31% @ 25 °C
밀도 (1기압 상태)	0.86 kg/m ³ (기체), 681.9 kg/m ³ (액체)
증기압	758 kPa @ 20 °C
가연범위	15 ~ 28 %
자연발화온도	651 °C
최대허용농도	25 ppm (TWA), 35 ppm (STEL)
최소점화에너지	680 mJ

(2) 암모니아 기체는 무색의 강한 냄새를 가지고 있는 물질로, 공기보다 가볍기 때문에 천정이나 높은 곳에 모이는 성질이 있다.

(3) 암모니아는 고압에서 쉽게 액화되고, 대기온도에서 쉽게 기화한다.

(4) 암모니아 액체는 기화하면 약 850배 이상 부피가 팽창하므로 밀폐설비 내에서 압력상

승을 초래한다.

- (5) 암모니아 기체는 강한 냄새를 가지고 있으므로 암모니아가 공기 중으로 누출되면 쉽게 감지할 수 있지만, 주기적으로 암모니아 냄새에 노출되는 경우에는 후각이 둔화되어 STEL 노출기준의 약 8배인 300 ppm의 농도에서도 냄새를 맡지 못하는 경우가 있다.
- (6) 암모니아의 화재 위험성은 미약하지만, 기름이나 가연성 물질이 존재할 경우 화재위험성이 증가한다.
- (7) 암모니아는 염소, 하이포염소산염 표백제 등 강한 산화제와 접촉하면 폭발성 혼합물을 생성할 수 있다.
- (8) 암모니아 증기가 수분과 접촉하면 구리, 아연 및 그 합금, 그리고 고무와 플라스틱을 부식시킬 수 있다.
- (9) 가압하의 암모니아는 용기가 파괴되는 경우 대부분의 내용물은 증기 또는 미세한 액적(Aerosol)상태로 방출되어 대기로 확산된다.
- (10) 암모니아는 일반적으로 공기보다 가벼워 자체 부력으로 확산되나 액체로부터 생성된 암모니아 기체는 공기와 혼합가스를 형성하며 이는 공기보다 무거워 지표면 가까이에서 체류할 수 있다.
- (11) 암모니아는 구리 또는 구리합금과 강하게 반응한다. 이 반응은 수분이 조금이라도 존재하면 가속화된다.
- (12) 암모니아는 수은과 결합하여 폭발성 있는 화합물을 형성하므로 암모니아와 접촉될 가능성이 있는 계기에는 수은을 사용해서는 아니된다.

4.2 저장탱크 용량

저장탱크의 용량은 경제성 및 안전성을 고려하여 다음과 같이 정한다.

- (1) 비저온으로 구형용기에 저장할 때는 500톤에서 3,000톤 범위로 한다.
- (2) 저온으로 저장할 경우에는 5,000톤 이상의 대용량을 저장하며 일반적으로 20,000톤에서 35,000톤 범위로 한다.

4.3 저장설비 설치

- (1) 저장설비는 암모니아 누출시 그 영향을 최소화 할 수 있도록 바람의 방향을 고려하여 배치한다.
- (2) 저장설비는 점검 및 보수 관리가 용이하고 운전원이 접근하기 쉬운 장소에 설치한다.
- (3) 저장설비는 차량 또는 폭발·화재·부식성 물질의 누출에 의한 손상 가능성을 최소화 할 수 있도록 다른 공정 설비와 충분히 이격하여 설치한다.
- (4) 반지하를 포함하여 저장탱크를 지하에 설치하는 경우에는 누출감지를 위하여 탱크를 흙 등으로 묻어서는 아니된다.

4.4 설치용 재질

- (1) 철판의 설계인장강도는 최대허용치를 초과해서는 안된다.
- (2) 구리 및 구리합금 재질을 사용해서는 안된다.

4.5 비파괴 검사 및 후열처리

- (1) 저장설비의 용접이음 부위에 대하여 100% 비파괴검사를 실시하여야 한다.
 - (가) 내부용접부위와 임시부착물이 설치되었던 자리는 100% 자분 탐상검사를 가동전에 실시하여야 한다.

(나) 동체에 노즐을 붙인 용접부위는 초음파 탐상시험을 하여야 한다.

(다) 음향방출시험을 할 경우에는 저장탱크의 시험기간 중에 실시하여야 한다.

(2) 비파괴검사에 합격된 후 용접 이음부위에는 후열처리(Post weld heattreatment)를 실시하여야 한다.

4.6 저장탱크의 개구부 등

(1) 저장탱크의 모든 노즐은 플랜지식이어야 하며 특별한 경우를 제외하고 맨홀 뚜껑 또는 저장탱크의 상부에 설치하여야 한다.

(2) 맨홀의 내부지름은 460 mm이상이어야 한다.

4.7 배관

(1) 배관은 지상에 설치하고 기계적 손상, 부식 및 화재 등을 고려하여 설치한다.

(2) 배관 크기는 기계적인 강도를 고려하여 최소 20 mm미만을 사용하여서는 아니된다.

(3) 모든 배관 등에는 암모니아를 취급하고 있음을 표시하여야 한다.

(4) 저장탱크의 액체암모니아 인입배관 끝부분의 위치는 인입배관의 파열 등으로 인한 액체암모니아의 역류를 방지할 수 있도록 저장설비의 최대액면 높이보다 높아야 한다. 다만, 액체암모니아 인입배관 끝부분의 위치를 저장설비의 액면 높이 이하로 할 경우에는 저장설비내의 액체암모니아 인입 배관 상부에 구멍을 뚫어 역류를 방지하여야 한다.

(5) 액체암모니아의 토출측 배관에는 배관파열 등으로 인한 암모니아의 누출을 방지할 수 있도록 원격조작이 가능한 긴급 차단밸브를 설치하여야 한다.

- (6) 연결부위의 수는 최소로 하여야 한다. 배관연결시 용접이음이 바람직하며 플랜지 이음은 저장용기 등 장치와의 연결에만 사용한다.
- (7) 액체암모니아를 취급하는 배관에는 열팽창 안전밸브를 설치하여야 한다.
- (8) 배관류에 사용되는 재질은 0℃이하의 온도에서도 취성과파괴가 일어나지 않는 것이어야 한다.
- (9) 밸브는 일반적으로 플랜지형이어야 하며 탄소강으로 된 용접형의 밸브를 사용할 때는 충격시험에 합격한 것이어야 한다.

4.8 조명

저장설비의 주위에는 조명시설을 설치하여야 하며, 정전에 대비하여 비상전원에 연결되어야 한다.

4.9 방유제

- (1) 저장탱크 주위에는 누출방지용 방유제를 설치하여야 하며, 방유제 유효용량 계산은 KOSHA GUIDE, “방유제 설치기술지침”에 따른다.
- (2) 방유제 및 그 내부 바닥의 재료는 액체 암모니아가 침투할 수 없는 것을 사용하여야 하며 방유제의 단면적은 누출된 암모니아의 기화를 억제할 수 있도록 최소화하여야 한다.
- (3) 액체암모니아의 누출에 대비하여 방유제 내부에 누출된 액체암모니아를 긴급으로 회수 또는 다른 장소로 이송할 수 있는 설비의 설치를 고려하여야 한다.
- (4) 방유제 내부에는 항상 빗물 등이 고여 있지 않도록 배수설비를 설치하여야 한다.

4.10 암모니아의 이송

- (1) 펌프의 토출측 배관에는 펌프의 특성 및 운전특성에 따라서 최소유량 배관 (Minimum flow line)을 저장탱크에 순환되도록 설치한다.
- (2) 펌프는 저장설비의 액면이 낮을 때 또는 펌프의 토출측 압력이 낮을 때 정지되도록 연동되어야 한다.
- (3) 탱크로부터 펌프로 가는 액체출구 라인은 가능한 한 거리가 짧아야 하고 충분히 보냉이 되어야 한다.

4.11 전기설비

- (1) 암모니아 압축기, 건물 등과 같이 전기설비가 설치된 곳은 암모니아 누출 시 대기중으로 배출이 잘 되도록 환기시설을 하여야 한다.
- (2) 외부에 구리가 노출되는 전동기를 사용하여서는 아니된다.
- (3) 차단기는 암모니아 증기가 없는 밀폐건물 속에 있어야 한다.

4.12 세정설비 등의 설치

- (1) 안전밸브의 토출측 배관 및 벤트배관 등에서 배출되는 암모니아가 대기로 방출되지 않도록 적절한 세정설비의 설치를 고려하여야 한다.
- (2) 세정액을 순환시키는 펌프 및 세정설비 흡입 송풍기에는 비상전원을 연결한다.

4.13 현장안전설비

- (1) 차량 충돌로부터 배관이나 기타 암모니아 취급 설비가 피해를 입지 않도록 충돌방지벽을 설치하여야 한다.
- (2) 암모니아 설비 주위에는 세안·세척 시설을 두어야 한다.

(3) 현장에는 다음과 같은 안전장비를 즉시 사용할 수 있도록 비치하여야 한다.

- (가) 암모니아 저장지역에 들어갈 때 사용되는 방독면.
- (나) 인명구조용 호흡기구 2세트.
- (다) 비상 및 인명구조용 방호의
- (라) 플라스틱 또는 고무로 된 장갑, 장화
- (마) 보호안경
- (바) 구급함

4.14 근로자 교육

정상적인 공정교육과 함께 모든 근로자는 다음 사항을 알고있어야 한다.

- (1) 암모니아의 특성과 액화가스의 성질
- (2) 부주의한 장비취급으로 인한 암모니아 액체 및 가스의 누출사고와 위험성 및 결과
- (3) 암모니아를 누출시켰을 경우의 행동요령
- (4) 방호장비, 소화기 및 방독면의 올바른 사용법

4.15 운전

- (1) 암모니아를 저장탱크에 주입하기 전에 저장탱크 내의 산소함유량을 용량기준으로 0.025 % 이내로 줄여야 한다.
- (2) 암모니아 손실을 최소한 줄이면서 산소를 최대한 제거하기 위해서는 암모니아 주입전에 내부공기는 먼저 물로 대체시키고 물은 다시 질소로 대체시켜야 한다. 이때 잔류수분은 100 ppm을 초과하지 않아야 한다.
- (3) 액체암모니아 중의 산소농도는 적어도 한달에 1회이상 검사하고 질량기준으로 2.5 ppm을 초과하지 않는지 확인한다.

4.16 가동중지

- (1) 검사를 목적으로 암모니아 저장설비를 가동정지 할 경우에는 먼저 정상적인 펌프를 이용하여 액체암모니아를 최대한 배출시키고 남아있는 액체는 압력 차이에 의한 수송방법을 사용하여 완전히 배출시킨다.
- (2) 공기는 가장낮은 지점에서 인입하고 용기의 가장 높은 지점에서 암모니아 가스가 배출되도록 한다.
- (3) 발화 위험성은 일반적으로 낮으나 조금이라도 위험성이 예상되면 공기 대신 질소를 용기에 주입시켜야 한다.
- (4) 번개가 칠 경우에는 암모니아/공기 치환작업을 하여서는 아니된다.

5. 저온저장 설비

5.1 설계조건

저장설비는 진공상태에서 안전하게 운전될 수 있도록 진공방지 밸브를 설치하여야 한다.

5.2 사용재질

- (1) 저온저장 설비의 재질은 KS D 3586 “저온 압력용기용 니켈 강판” 또는 이와 동등 이상의 재질을 사용하여야 한다.
- (2) 모든 재질은 KS B 0809 “금속재료 충격시험편”, KS B 0810 “금속재료 충격시험방법” 또는 이와 동등 이상의 규격에 의하여 저온 충격시험에 합격한 재질이어야 한다.

5.3 계측장치 및 경보장치

저장탱크에는 암모니아의 저장량을 측정할 수 있는 계측장치와 온도를 측정할 수 있는 온도지시계 및 경보장치를 설치하여야 한다. 다만, 유리액면계를 사용

해서는 아니된다.

5.4 단열 및 도장

- (1) 저온저장 탱크는 이중벽 구조인 경우 내벽과 외벽 사이에 단열재를 충전하거나 그렇지 않은 경우에는 저장탱크 외부에 단열재를 시공하여야 한다.
- (2) 단열재는 암모니아와 비반응성이어야 하며, 불에 타지 않는 것이어야 한다. 또한 탱크외부에 단열재를 시공하는 경우에는 그 단열재 외부는 암모니아에 의해 부식되지 않는 재질로 보호되어야 한다.
- (3) 이중벽 구조의 저장탱크인 경우에는 내부동체의 외면, 단열벽 저장탱크인 경우에는 동체의 외면이 습기 및 암모니아에 의해 부식되지 않도록 습기 및 암모니아에 대하여 내식성이 있는 재료로 도장되어야 한다.

6. 비저온 저장설비

6.1 설계조건

- (1) 설계압력은 최대 설계온도에서의 암모니아 증기압 이상이어야 한다
(그림 1, 암모니아 물성표 참조)
- (2) 최저 설계온도는 상압에서의 암모니아 액화 온도인 -33°C 로 하는 것이 좋으나 어떠한 경우에도 -10°C 를 초과해서는 아니된다.

6.2 사용재질

비저온 저장설비의 재질은 KS D 3521 “압력 용기용 강판”, KS D 3533 “고압 가스 용기용 강판 및 강재” 또는 이와 동등 이상의 재질을 사용하여야 한다.

6.3 안전밸브등

- (1) 안전밸브는 복수방식으로 설치하여야 하며 이 경우 저장설비와 안전밸브 사

이의 차단밸브는 자물쇠형으로 하거나 또는 차단밸브를 기계적으로 연동시켜 두개의 밸브가 동시에 닫히지 않도록 하여야 한다.

(2) 복수방식으로 안전밸브를 설치하는 경우 각 안전밸브의 크기는 총 배출용량

을 각각 방출할 수 있어야 한다.

(3) 안전밸브는 안전밸브의 부식을 방지하기 위한 파열판을 설치하여야 하며 안전밸브와 안전판 사이에 안전판의 파열 및 누출을 감지할 수 있는 압력지시계를 설치하여야 한다. 다만, 안전밸브의 재질이 암모니아 부식에 대하여 안전한 재질을 사용할 경우에는 파열판을 설치하지 아니할 수 있다.

(4) 안전밸브의 배출용량은 다음식에 의해 계산한다.

$$W = \frac{Q}{\lambda}$$

$Q = 37,000FA^{0.82}$: 적절한 소화설비가 있는 경우

$61,000FA^{0.82}$: 적절한 소화설비가 없는 경우

여기서,

W: 소요분출량(kg/h)

Q: 총입열량(kcal/h)

λ : 증발잠열(kcal/kg)

A: 저장탱크 등에 있어서의 내부 액체에 접촉하고 있는 면적(m²)

F: 저장설비등에 보온 또는 보냉을 한 경우에는 다음과 같이 적용한다.

보온재 두께(mm)	F
25	0.3
50	0.15
100	0.075

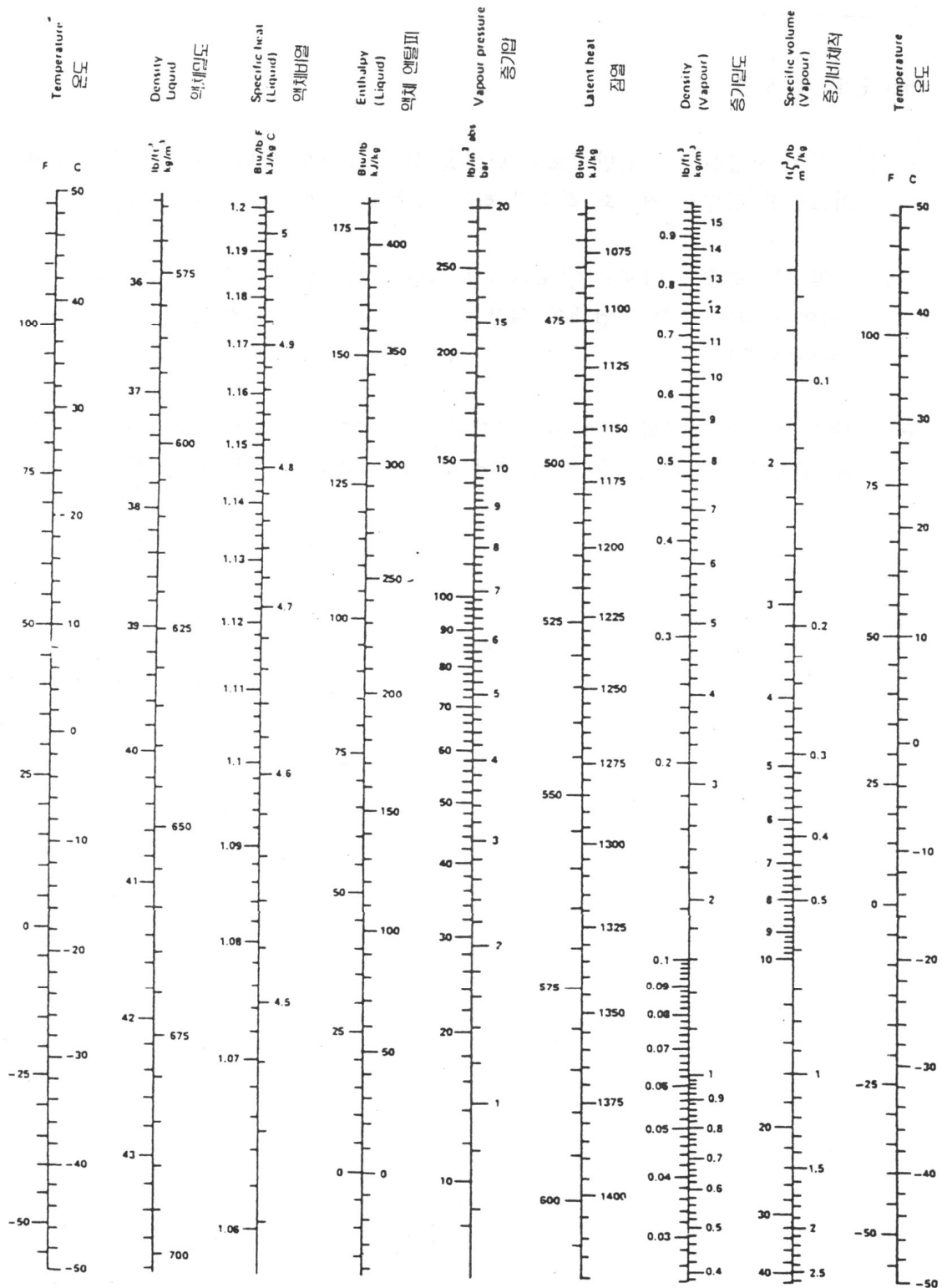
다만, 보온 재질은 화재시 화염에 충분히 견딜 수 있는 것에 한한다.

6.4 계측장치 및 경보장치

- (1) 저장탱크에는 암모니아의 저장량을 측정할 수 있는 액면 계측장치를 설치하여야 한다. 다만, 유리액면계를 사용하여서는 아니된다.
- (2) 저장탱크에는 저장탱크의 압력을 측정할 수 있도록 압력지시계를 설치하여야 한다.
- (3) 액면계측장치 및 압력지시계에는 경보장치를 설치하여야 한다.

6.5 단열 및 도장

- (1) 비저온 저장설비는 일반적으로 단열을 하지 않아도 된다. 다만, 대기온도 변화로 인한 영향을 최소화 하고자 하는 경우에는 단열을 할 수 있다.
- (2) 단열하는 경우 단열재는 암모니아와 비반응성으로 불에 연소되지 않는 것이어야 하며 또한 단열재의 외부는 암모니아에 부식되지 않는 재질로 보호되어야 한다
- (3) 대기 또는 단열재와 접촉하는 저장설비의 외벽은 습기와 암모니아에 부식되지 않도록 습기와 암모니아에 견딜 수 있는 재료로 도장되어야 한다.



[그림 1] 암모니아 물성표