

KOSHA GUIDE

D - 27 - 2021

## 수소 저장설비의 안전에 관한 기술지침

2021. 12.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 김 재 현
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 한 인 수
- 개정자 : 전남대학교 화학공학부 장 회

### ○ 제·개정 경과

- 1997년 7월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 1997년 8월 총괄기준제정위원회 심의
- 2002년 6월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2002년 8월 총괄기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2021년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의

### ○ 관련규격 및 자료

- 미국 Occupational Safety and Health 29 CFR 1910.103
- 미국 NFPA 50A Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites 1999 Edition
- 미국 NFPA 55 Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code 2013 Edition
- KS B ISO13985 “액체수소-육상 차량용 연료 저장 용기”, 2019
- KOSHA GUIDE P - 166 - 2020 “가스누출감지경보기 설치 및 유지보수에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE D-42-2021 “수소 벤트스택 및 벤트배관의 공정설계에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE M-118 - 2016 “배관제작 및 설치에 관한 기술지침”

### ○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2021년 12월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 수소 저장설비의 안전에 관한 기술지침 제안개요

### I. 개정이유

가연성 가스인 수소를 저장하는 설비에 대한 관련 규격이 변경됨에 따라 관련 사항을 개정함.

### II. 개정(안)의 주요 내용

1. 적용범위 구체적인 제시
2. 설계 및 제작에 관한 규격을 구체적으로 제시
3. NFPA 55의 수소설비의 운송하역 작업 추가
4. NFPA 50A의 변경사항 반영

### III. 참조된 규격 및 관련자료

- 미국 NFPA 50A Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites 1999 Edition
- 미국 NFPA 55 Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code 2013 Edition
- KS B 6750 “압력용기 - 설계 및 제조일반”
- KS B ISO13985 “액체수소-육상 차량용 연료 저장 용기”
- KOSHA GUIDE P - 166 - 2020 “가스누출감지경보기 설치 및 유지보수에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE D-42-2021 “수소 벤트스택 및 벤트배관의 공정설계에 관한 기술지침”
- KOSHA GUIDE M-118 - 2016 “배관제작 및 설치에 관한 기술지침”

### IV. 제정위원회 심의개요

- 제안자: 전남대학교 장 희
- 심의일: 2021년 11월
- 주요 수정내용: 용어의 정의 추가, 자구 수정

## 수소 저장설비의 안전에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 지침은 가연성 가스인 수소를 저장하는 설비에 대한 설계, 설치 및 유지관리에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 지침은 용량 10 Nm<sup>3</sup> 이상의 기체수소 저장용기와 그 부속설비에 대하여 적용한다. 다만, 여러 개의 설비 간격이 1.5 m 미만으로 설치된 경우에는 전체 용량이 10 Nm<sup>3</sup> 이상일 때 적용이 가능하지만, 이동식 수소 운반설비 및 기체수소 제조공정에는 이 지침을 적용하지 아니한다.

### 3. 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “수소저장설비”라 함은 수소를 저장하는 저장용기와 이송배관, 안전밸브 및 제어기기 등 부속설비를 포함한 일련의 설비를 말한다.

(나) “저장용기”라 함은 일정한 위치에 고정 설치된 저장탱크와 이동할 수 있는 용기를 말한다.

(다) “저온의 수소”라 함은 액체수소에서 비등된 차가운 수소를 말한다.

(라) “긴급차단밸브”라 함은 원격조작에 의하여 유체의 흐름을 긴급차단 할 수 있는 밸브를 말한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 주요 물질의 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정의하는 바에 의한다.

### 4. 설계 및 제작

## 4.1 수소저장설비

### 4.1.1 수소저장설비의 설계 · 제작 및 시험

- (1) 수소를 취급하는 용기는 KS B 6750 압력용기 - 설계 및 제조일반 또는 KS B ISO13985 액체수소-육상 차량용 연료 저장 용기 규격으로 제작되고, 관련법에 따라 정기적으로 검사를 받아야 한다.
- (2) 고정으로 설치하는 용기는 견고한 기초 위에 불연성 지지대로 설치하고, 폭발위험 장소에 해당되면 내화시공을 하여야 한다.
- (3) 이동식 용기는 고압가스안전관리법에 적합하게 제작되고, 정기적인 검사와 안전보건 표지판을 설치하여야 한다.

#### (4) 재질 선정

- (가) 수소를 취급하는 저장용기 및 배관의 재질은 최소한 킬드강(Killed carbon steel)을 사용한다.
- (나) 두께 50mm를 초과하는 킬드강 또는 두께 38 mm를 초과하는 저합금강을 사용하는 경우에는 모재에 대하여 초음파탐상시험(Ultrasonic testing)을 실시하여야 한다.
- (다) 저장용기 및 배관의 재질로서 주철계 재료는 사용하여서는 안된다.
- (라) 설계온도가 225℃ 이상인 수소 분위기에서는 KOSHA GUIDE M - 108 - 2018 “화학설비의 재질선정에 관한 기술지침”에서 정하는 바에 따라 재질을 선정한다.
- (마) 저온의 수소를 취급하는 경우에는 사용온도 요구조건에 따라서 필요한 경우 설계온도에서 충격시험을 만족하는 재질을 선정하여야 한다.
- (바) 배관, 밸브 및 배관 부속류의 재질은 수소의 압력 및 온도 사용조건에 적합하도록 KOSHA GUIDE D - 41 - 2017 “배관재질 선정에 관한 기술지침”을 따른다.

### 4.1.2 계측기기 등

- (1) 저장용기에는 수소의 온도 및 압력 등의 이상상태를 알 수 있도록 계측기기를 설치한다.

- (2) 온도계는 온도감지기의 보호관이 있는 온도계를 설치한다.
- (3) 압력계 눈금판의 최대치는 설계압력의 1.5배 이상 3배 이하의 범위로 한다.
- (4) 건물내에 수소저장설비가 설치된 경우 KOSHA GUIDE P - 166 - 2020 “가스누출감지경보기 설치 및 유지보수에 관한 기술지침”에 따라 당해 건축물의 상부 또는 환기구 부근에 가스누출감지경보기를 설치하고 경보는 운전제어실 또는 근로자가 상주하는 곳에 수신되도록 한다.
- (5) 수소설비의 제어 및 작동장치는 캐비넷 또는 하우징에 수소 적체가 최소화 되도록 환기가 되어야 한다.
- (6) 밸브, 감압기, 계측장비 등은 제조자 또는 수소공급자가 수소용으로 권장하는 것으로 설치하여야 한다.
- (7) 이동식 수소운반설비는 상하차 작업을 할 때 등전위 접지를 할 수 있도록 접지설비를 설치하여야 한다.
- (8) 저장설비 주위에는 피뢰설비를 설치하여야 한다.

#### 4.1.3 저장탱크의 지지대

저장탱크는 부등침하가 일어나지 않는 고정기초 위에 불연재료의 지지대를 사용하여야 한다.

#### 4.1.4 저장용기의 표지 및 도장

- (1) 저장용기에는 수소 표지를 부착하고 주위 배관에도 알아보기 쉬운 곳에 “수소” 표지를 부착한다.
- (2) 탄소강으로 제작된 저장용기 및 부속설비는 부식 방지를 위한 도장을 한다.

#### 4.2 압력방출장치

- (1) 수소를 취급하는 용기는 관련 규격에 적합한 압력방출장치를 설치하여야 한다.
- (2) 안전밸브에서 방출되는 수소는 KOSHA GUIDE D-42-2012 “수소 벤트스택 및 벤트배관의 공정설계에 관한 기술지침”에 따라 안전하게 방출되어야 한다.
- (3) 압력방출장치와 배관은 작동시 습기가 응축, 동결 등으로 운전에 지장이 없도록 설치되어야 한다.

#### 4.3 배관

- (1) 배관, 튜브 및 이음쇠는 사용 온도 및 압력에 적합한 재질을 사용하여야 한다.
- (2) 배관설비는 KOSHA GUIDE M-118 - 2016 배관제작 및 설치에 관한 기술지침에 따른다.
- (3) 수소저장 및 취급설비는 접근이 용이하도록 설치하고, 물리적인 손상 및 일반인이 접근하지 않도록 보호되어야 한다.
- (4) 가스킷 또는 나사산 연결구 등에 사용하는 밀봉재(Sealant)는 수소 사용조건에 적합하여야 한다.

#### 4.4 긴급차단밸브

- (1) 저장용기의 인입배관에는 체크밸브를 설치하여 저장용기로부터 수소가 역류하지 않도록 한다.
- (2) 저장용기에서 수소를 연속적으로 반응공정으로 공급하는 경우에는 반응공정의 이상시 수소를 긴급 차단할 수 있도록 긴급차단밸브를 설치하고, 원격작동스위치는 저장용기 외면으로부터 10m 이상 떨어진 위치에 설치한다.

#### 4.5 압축설비

- (1) 압축기는 토출측에 안전밸브를 설치하여야 한다. 복수 단수의 압축기는 단과 단 사이에도 안전밸브를 설치하여야 한다.
- (2) 자동으로 운전하는 압축기는 흡입과 토출 측에 자동정지 제어장치를 설치하여야 한다.
- (3) 자동으로 정지하는 제어회로는 안전정지 후, 수동으로 작동하거나, 재설정(reset) 할 때까지 정지상태를 유지하여야 한다.
- (4) 압축기는 유지보수를 위하여 차단밸브를 설치하고, 토출 측에는 수소의 역류를 방지하기 위하여 체크밸브를 설치하여야 한다.
- (5) 압축기의 기초는 관련 법에 따라 설계 및 시공하여야 한다.
- (6) 비상정지설비가 필요한 경우, 비상정지 스위치를 작동하면 모든 압축기기 정지하여야 한다.

- (7) 압축기의 토출압력은 지속적으로 모니터링하는 설비를 설치하여야 한다.
- (8) 이송배관 및 압축기는 차량 등으로부터 보호할 수 있는 방호장치를 설치하여야 한다.

## 5. 설치 등

- (1) 저장용기, 배관, 밸브 및 계측기기 주변에는 안전통로 또는 계단을 설치하여 운전원이 쉽게 접근할 수 있도록 한다.
- (2) 압력조절밸브 후단 배관에는 안전밸브를 설치하여야 한다.
- (3) 저장용기의 인입관이 신축호스(Flexible hose)로 된 경우에는 안전한 장소에 고정걸이를 갖추어 사용하지 않을 때에는 고정시킨다.
- (4) 저장용기에 수소를 충전할 때에는 충전 전에 전기적으로 등전위 접지를 하여야 한다.
- (5) 수소저장설비의 주위에는 다음과 같은 경고표지를 부착한다.
- (6) 저장용기, 배관 및 그 부속설비는 사용전 최대 사용압력에서의 시험을 통하여 수소의 누설이 없는 것을 확인하여야 한다.

수소 - 가연성가스

금 연

화기접근 금지

## 6. 수소저장설비의 위치 및 안전거리

### 6.1 일반적 요구사항

- (1) 저장용기는 운반차량 및 작업자가 쉽게 접근할 수 있는 곳에 설치한다.



- (2) 수소저장설비는 지상에 설치한다.
- (3) 상부에 설치된 전력선의 파손으로 수소저장설비가 손상을 받을 수 있는 곳에는 설치하지 않는다.
- (4) 수소저장설비는 인화성 액체 및 산소를 포함한 산화성 물질의 배관 또는 다른 가연성 가스 배관과 인접하지 않도록 한다. 다만, 수소배관과 인화성 액체 배관 사이에는 적용하지 아니할 수 있다.
- (5) 수소저장설비와 인화성 액체 저장시설이 인접해 있을 경우에는 수소저장설비의 위치가 인화성 액체 저장시설 보다 높도록 한다. 다만, 인화성 액체 저장시설에 방유제 또는 차단벽을 설치하고 바닥을 경사지게 하여 인화성 액체가 수소저장설비 부근에 모이지 않도록 조치한 경우는 그러하지 아니한다.
- (6) 수소저장설비 주위에는 차량충돌 방지턱을 설치한다.

## 6.2 특수요구사항

### 6.2.1 위치의 우선순위

수소저장설비는 안전상 다음의 위치 우선순위로 설치하여야 한다.

- (1) 옥외설치
- (2) 독립건물에 설치
- (3) 건물내의 특수실에 설치(저장용기의 용량이 최대 425m<sup>3</sup> 까지 허용)
- (4) 특수실이 아닌 일반 건물내 다른시설과 혼재하여 설치(저장용기의 용량이 85m<sup>3</sup> 이하만 허용)

### 6.2.2 옥외

옥외는 건물 외부 또는 비바람으로부터 설비를 보호하기 위한 지붕과 최대 2면의 벽으로 둘러싸여 있는 곳으로서 이들 벽체의 구조는 콘크리트 등 방폭벽으로 하고, 지붕은 가변운 불연재료이어야 한다.

### 6.2.3 독립건물

- (1) 독립건물의 재질은 불연재료로 한다.

- (가) 벽체의 구조는 콘크리트 구조 등 방폭벽으로 한다.
- (나) 지붕은 불연재료로 한다.
- (2) 창 또는 문은 비상사태시 쉽게 접근할 수 있는 구조이어야 한다.
- (3) 독립건물 내에는 다음과 같이 환기설비를 설치한다.
  - (가) 환기설비의 배출 개구부는 지붕 또는 외벽의 높은 위치에 설치한다.
  - (나) 환기설비의 공기흡입 개구부는 외벽에 설치하되 바닥높이에 설치한다.
  - (다) 공기흡입 및 배출 개구부의 면적은 실내용적 30 m<sup>3</sup>당 0.1 m<sup>2</sup>로 한다.
  - (라) 배출 개구부에서 배출되는 공기는 대기중의 안전지역으로 배출한다.
- (4) 독립건물에는 다음과 같이 폭발방산구를 설치한다.
  - (가) 폭발방산구는 외벽 또는 지붕에 설치하여야 한다.
  - (나) 폭발방산구의 방출면적은 실내용적 1 m<sup>3</sup>당 0.1 m<sup>2</sup> 이상으로 한다.
  - (다) 폭발방산구의 재질은 패널, 동일두께의 유리 등 가벼운 불연재료를 사용하여 건물내의 압력이 1.2 kPa에 도달하면 파열되도록 한다.
- (5) 독립건물 내에는 점화원이 되는 가열체 및 화염 등이 없도록 하며 난방은 스팀, 온수 등 간접방법으로 한다.

#### 6.2.4 건물내 특수실

- (1) 건물내 특수실은 다음의 구조로 한다.
  - (가) 내부벽 또는 칸막이벽은 건물 바닥에서 지붕까지 완벽히 막아야 하며 화재시 2시간 동안 화염에 견딜 수 있어야 한다.
  - (나) 건물내 다른실로 통하는 개구부가 없어야 한다.
  - (다) 창문 및 출입문은 외벽에 설치하며 비상시는 쉽게 접근할 수 있어야 한다.
  - (라) 창문은 금속제 창틀에 방화유리를 사용한다.
- (2) 특수실의 환기설비는 6.2.3 (3)항에 따라 설치한다.
- (3) 특수실에는 6.2.3 (4)항에 따라 폭발방산구를 설치한다.

- (4) 특수실내에는 점화원이 되는 가열체 및 화염 등이 없도록 하며 난방은 스팀, 온수 등 간접방법으로 한다.

### 6.3 안전거리

- (1) 옥외 수소저장설비로부터 노출대상 및 형태에 따른 안전거리는 저장용기의 용량을 기준하여 <표 1>에 따르도록 한다.
- (2) 용량 85m<sup>3</sup> 미만의 수소저장설비가 다른 시설물에 노출되면서 동시에 다른시설물과 동일 건물내에 설치되는 경우에는 다음의 안전조치를 취한다.
- (가) 6.2.3 (3)항에 의한 환기설비의 설치
  - (나) 인화성 액체 및 산화성 물질로부터 6m의 안전거리 유지
  - (다) 다른 가연성 가스저장소로부터 15m의 안전거리 유지
  - (라) 공기압축기 및 냉방 또는 환기설비의 공기흡입 개구부로부터 15m의 안전거리 유지
  - (마) 낙하물 방지시설의 구비
- (3) 용량 85 m<sup>3</sup> 이하의 수소저장설비가 다른 시설물에 노출되면서 동시에 동일 건물내에 2개 이상 설치되는 경우에는 (2)항의 안전조치 이외에 각 수소저장설비간 15m의 안전거리를 유지한다.

〈표 1〉 옥외 수소저장설비로부터의 안전거리(단위 : m)

수소저장설비로부터 노출대상 및 형태		저장용기의 용량		
대 상	형 태	85m <sup>3</sup> 미만	85 ~ 425m <sup>3</sup>	425m <sup>3</sup> 초과
건물 또는 건축물	- 불연성 재질이 아닌 일반 재질의 건물	3	7.5	15
	- 스프링클러를 갖춘 불연성 재료건물	0	1.5	1.5
	- 스프링클러를 갖추지 않은 불연성 재료건물	0	3	7.5
	- 스프링클러를 갖추지 않은 내화구조 건물	0	1.5	1.5
지상의 인화성 액체 용량(ℓ)	- 4000 이하	3	7.5	7.5
	- 4000 초과	7.5	15	15
지하의 인화성 액체용량(ℓ)	- 4000 이하	- 저장탱크	3	3
		- 주입구 또는 벤트	7.5	7.5
	- 4000 초과	- 저장탱크	6	6
		- 주입구 또는 벤트	7.5	7.5
수소이외의 가연성가스	- 425m <sup>3</sup> 이하	3	7.5	7.5
	- 425m <sup>3</sup> 초과	7.5	15	15
가연성고체	종이, 톱밥 등	15	15	15
화기 및 점화원(전기적 점화원 포함)		7.5	7.5	7.5
공기압축기, 냉방 및 환기설비의 공기흡입구		15	15	15
사무실		7.5	15	15
주차장		4.5	4.5	4.5

다만, 수소저장설비와 대상물과의 사이에 화재 발생시 2시간 동안 화재에 견딜 수 있는 방화벽과 같은 보호구조물이 있는 경우는 <표 1>의 안전거리 적용을 제외한다.

## 7. 운송하역 작업

(1) 하역작업장은 다음과 같이 차량보호를 위한 안전조치를 설치하여야 한다.

(가) 파손되기 쉬운 압축가스 실린더, 컨테이너 및 탱크 등의 저장설비는 외부 충격 등으로부터 보호될 수 있는 적절한 방호조치를 하여야 한다.

(나) 차량의 진출입시 고정설비와 충돌방지를 위하여 1 m 이상의 콘크리트 방호벽, 말뚝 등의 적절한 방호조치를 하여야 한다.

- (다) 방호장치는 저장탱크와 1.5 m 이상 떨어진 곳에 설치하여야 한다.
- (라) 작업중 차량의 움직임을 방지하기 위하여 정지목을 비치하여야 한다.
- (2) 하역을 할 때 연결부는 벌크 수소 압축가스 저장설비에 주어진 안전거리보다 멀리 떨어진 곳에 있어야 한다.
- (3) 운반차량에서 수소 압축가스 저장설비로 이송할 때는 차량을 정지시키고, 정지브레이크 작동과 정지목을 설치하여야 한다.
- (4) 이동식 수소공급장치는 수소가 공급장치에서 배출되기 전에 수소압축가스 저장장치와 연동장치를 활성화시켜 비상시 자동으로 차단되도록 하여야 한다.
- (5) 연결부를 해체할 때는 내부의 압력을 감압할 수 있도록 밸브 등을 설치하여야 한다. 이 때 방출되는 수소는 수소배출설비에서 안전하게 처리되어야 한다.
- (6) 하역작업장 주위에 “화기사용금지” 등의 안전보건표지판을 설치하고, 하역작업을 할 때는 작업장 주위 7.5 m 이내에서 용접, 흡연, 정전기 등의 점화원을 제공하는 행위를 금지하고, 제전복을 착용하여야 한다.
- (7) 수소 누출 또는 화재 발생 등 비상 상황이 발생한 경우, 비상대응절차에 따라 긴급차단장치를 작동시켜 누출을 차단 등의 조치를 하여야 한다. 누출이나 화재의 원인이 완전하게 확인되고, 제거되지 않으면 하역작업을 할 수 없다.
- (8) 수소저장설비의 운전에 필요한 안전운전지침은 작업자의 안전한 작업을 위하여 운전장소에 비치·유지한다.

## 8. 정비 · 유지관리

- (1) 수소저장설비의 성능은 안전한 조건으로 유지한다.
- (2) 안전밸브는 1년에 한번씩 방출시험을 통하여 설정압력과 그 오차범위 내에서 작동되는지를 확인하고 기록을 유지한다.
- (3) 가스누출감지경보기는 6개월에 한번씩 표준가스로 설정농도와 그 오차범위에서 작동되는지를 시험·확인하고 기록을 유지한다.
- (4) 저장용기는 1년에 한번씩 부식상태, 피뢰접지 및 등전위 접지 상태를 점검하고 기기의 점검정비 이력서에 기록을 유지한다.

## 지침 개정 이력

### □ 개정일 : 2021.10.00.

- 개정자 : 전남대학교 화학공학부 장 희
- 개정사유 : 가연성 가스인 수소를 저장하는 설비에 대한 관련 규격 NFPA 55, KS R ISO23273, KS B 6750 등이 개정됨에 따라 기존의 기술지침을 개정하여 사업장에서 이를 활용토록 하여 근로자의 안전을 도모하기 위함.
- 주요 개정내용
  - 적용범위 구체적인 제시
  - KS B 6750 변경에 따른 4.1.1 수소저장설비의 설계·제작 및 시험 수정
  - NFPA 5 변경에 따른 7. 운송하역 작업 추가
  - NFPA 50A 변경에 따른 4.4, 4.3 수정의 변경사항 반영.
- 참조된 규격 및 관련자료
  - 미국 NFPA 50A Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites 1999 Edition
  - 미국 NFPA 55 Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code 2013 Edition
  - KS B 6750 “압력용기 - 설계 및 제조일반”
  - KS B ISO13985 “액체수소-육상 차량용 연료 저장 용기”
  - KOSHA GUIDE P - 166 - 2020 “가스누출감지경보기 설치 및 유지보수에 관한 기술지침”
  - KOSHA GUIDE D-42-2021 “수소 벤트스택 및 벤트배관의 공정설계에 관한 기술지침”
  - KOSHA GUIDE M-118 - 2016 “배관제작 및 설치에 관한 기술지침”
  -