

KOSHA GUIDE

D - 27 - 2012

수소 저장설비의 안전에 관한 기술지침

2012. 7.

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 김 재 현

○ 개정자 : 한 인 수

○ 제 · 개정경과

- 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)

○ 관련규격 및 자료

- 미국 Occupational Safety and Health 29 CFR 1910.103
- 미국 NFPA 50A

○ 관련법규 · 규칙 · 고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제225조(위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치)

○ 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

수소 저장설비의 안전에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제225조(위험물질 등의 제조 등 작업 시의 조치)의 규정에 의거 가연성 가스인 수소를 저장하는 설비에 대한 설계, 설치 및 유지관리에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 용량 10m³ 이상의 기체수소 저장용기와 그 부속설비에 대하여 적용한다. 다만, 기체수소 제조공정에는 이 지침을 적용하지 아니한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 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) “저합금강(Low alloy steel)”이라 함은 탄소 이외의 합금원소를 8% 이하 함유하고 있는 0.5% 몰리브덴, 1%크롬-0.5%몰리브덴, 1.25%크롬-0.5%몰리브덴, 2%크롬-0.5%몰리브덴, 2.25%크롬-1%몰리브덴, 3%크롬-0.5%몰리브덴, 5%크롬-0.5%몰리브덴, 6%크롬-0.5%몰리브덴, 7%크롬-0.5%몰리브덴 강철 등을 말한다.

(라) “조질고장력강(Quenched and tempered high tensile strength steel)”이라 함은 퀴칭·템퍼링을 통하여 고장력강으로서의 성질을 지니도록 한 것으로서 KS D 3521의 SPPV490Q(SPPV50Q), KS D 3539의 SQV1B, SQV2B 및 SQV3B, KS D 3569의 SPLT690(SPLT70), KS D 3571의 STLT690(STLT70), KS D 3586의 SL9N520(SL9N53) 및 SL9N590 (SL9N60), KS D 3611의 SHY685(SHY70), SHY685N(SHY70N) 및 SHY685NS(SHY70NS), KS D 4124의 SFVQ1B, SFVQ2B 및 SFVQ3을 말한다.

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

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

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 설계 및 제작

4.1 수소저장설비

4.1.1 수소저장설비의 설계·제작 및 시험

수소저장설비의 설계, 제작 및 시험은 다음 각호에 따른다.

(1) 재질 선정

(가) 수소를 취급하는 저장용기 및 배관의 재질은 최소한 킬드강(Killed carbon steel)을 사용한다.

(나) 두께 50mm를 초과하는 킬드강 또는 두께 38mm를 초과하는 저합금강을 사용하는 경우에는 모재에 대하여 초음파탐상시험(Ultrasonic testing)을 실시하여야 한다.

(다) 저장용기 및 배관의 재질로서 주철계 재료는 사용하여서는 아니된다.

(라) 설계온도가 225℃ 이상인 수소 분위기에서는 KOSHA GUIDE “화학설비의 재질선정에 관한 기술지침”에서 정하는 바에 따라 재질을 선정한다.

(마) 조질 고장력강을 사용하는 경우에는 충격시험을 실시하여야 하며 충격 시험편은 KS B 0809 “금속재료 충격 시험편”에 규정하는 4호 시험편으로 하고, 충격시험방법은 KS B 0810 “금속재료 충격시험방법” 또는 이와 동등 이상의 국제규격에 따른다.

(바) 저온의 수소를 취급하는 경우에는 사용온도 요구조건에 따라서 필요할 경우 설계온도에서 충격시험을 만족하는 재질을 선정하여야 한다.

(사) 배관, 밸브 및 배관 부속류의 재질은 수소의 압력 및 온도 사용조건에 적합하도록 선정하고 국제적으로 통용되는 배관의 국제규격(ANSI B31.3 등)의 요구사양에 적합하여야 한다.

(2) 설계 및 제작

(가) 저장용기 및 배관의 설계와 제작(벤딩, 성형, 용접설계 및 용접방법, 용접 예열, 후열처리 및 비파괴검사 등)은 KS B 6733 “압력용기(기반 규격)” 또는 이와 동등 이상의 국제규격에 따른다.

(나) 용접 시공전에 실시하는 용접시공방법 확인시험과 용접사 검정시험은 각각 KS B 6732 “압력용기의 용접시공방법의 확인시험”과 KS B 0513, KS B 0515, KS B 0885 및 KS B 0886 또는 이와 동등 이상의 국제규격에 따라 시공방법과 용접사 기능을 확인한다.

(다) 조질 고장력강으로 제작되는 저장용기에 있어 성형 및 용접 후열처리는 KS B 6733 “압력용기(기반 규격)”의 부속서 8 “조질 고장력강의 공작” 또는 이와 동등 이상의 국제규격에 따른다.

(라) 이음매 없는 단조압력용기로 제작된 이동식 저장용기는 KS B 6733 “압력용기(기반 규격)”의 부속서 3 “중·상온 압력용기용 고장도 단강품” 및 부속서 7 “단조 압력용기에 관한 특별규정”에 따라 설계·제작한다.

(3) 시험

(가) 용접제작 후 비파괴검사는 100% 방사선 투과시험을 원칙으로 한다. 다만, 방사선투과시험(Radiographic testing)을 적용하기 어려운 부위는 자분탐상시험(Magnetic particle testing) 또는 침투탐상시험(Dye penetrant testing)을 한다.

(나) 저장용기는 제작완료 후 설계압력의 1.5배의 압력에서 내압(수압)시험을 하여야 한다.

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 “가스누출감지경보기 설치에 관한 기술지침”에 따라 당해 건축물의 상부 또는 환기구 부근에 가스누출감지경보기를 설치하고 경보는 운전제어실 또는 근로자가 상주하는 곳에 수신되도록 한다.

(5) 계측기기 등은 수소사용조건에 적합하여야 한다.

4.1.3 저장탱크의 지지대

저장탱크는 부등침하가 일어나지 않는 고정기초위에 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 안전밸브

- (1) 저장용기에는 KOSHA GUIDE “안전밸브 설계 및 설치 등에 관한 기술지침”의 규정에 따라 안전밸브를 설치하여야 한다.
- (2) 안전밸브의 토출측 배관은 주위의 설비 및 근로자에게 영향을 미치지 않도록 안전한 높이까지 설치한다.
- (3) 안전밸브의 토출측 배관 하단에는 드레인홀 등을 설치하여 동절기 동결로 인하여 안전밸브의 작동이 방해받지 않도록 한다.
- (4) 안전밸브 토출측 끝에는 정전기 분산용 환상링을 용접에 의하여 설치한다.
 - (가) 환상링은 스테인리스강의 튜브로 한다.
 - (나) 튜브의 최소직경은 13mm로 한다.

4.3 배관

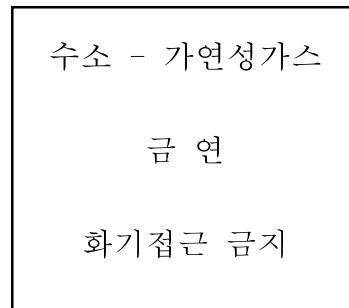
- (1) 배관의 이음은 용접 및 플랜지로 연결한다. 다만, 직경 38mm 이하의 소구경 배관 및 튜브는 나사산 연결구(Threaded fitting) 및 소켓형 연결구(Socket)를 혼용할 수 있다.
- (2) 가스킷 또는 나사산 연결구 등에 사용하는 밀봉재(Sealant)는 수소 사용 조건에 적합하여야 한다.

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.

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 설치한다.
- (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 본딩접지를 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.

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 인화성액체 및 산소를 포함한 산화성물질의 배관 또는 다른 가연성 가스배관과 인접하지 않도록 한다. 다만, 수소배관과 인화성액체 배관 사이에는 적용하지 아니할 수 있다.
- (5) 수소저장설비와 인화성액체 저장시설이 인접해 있을 경우에는 수소저장설비의 위치가 인화성액체 저장시설 보다 높도록 한다. 다만, 인화성액체 저장시설에 방유제 또는 차단벽을 설치하고 바닥을 경사지게 하여 인화성액체가 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 425m³ 까지 허용)
- (4) 특수실이 아닌 일반 건물내 다른시설과 혼재하여 설치(저장용기의 용량이 85m³ 이하만 허용)

6.2.2 옥외

옥외는 건물외부 또는 비바람으로부터 설비를 보호하기 위한 지붕과 최대 2면의 벽으로 둘러싸여 있는 곳으로서 이들 지붕과 벽의 재질은 불연재료이어야 한다.

6.2.3 독립건물

- (1) 독립건물의 재질은 불연재료로 한다.
- (2) 창 또는 문은 비상사태시 쉽게 접근할 수 있는 구조이어야 한다.
- (3) 독립건물내에는 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 30m³당 0.1m²로 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 1m³당 0.1m² 이상으로 한다.

(다) 폭발방산구의 재질은 패널, 동일두께의 유리 등 가벼운 불연재료를 사용하여 건물내의 압력이 1.2kPa에 도달하면 파열되도록 한다.

(5) 독립건물내에는 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 유리 또는 플라스틱을 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.

<표 1> 옥외 수소저장설비로부터의 안전거리(단위 : m)

수소저장설비로부터 노출대상 및 형태		저장용기의 용량		
대 상	형 태	85m ³ 미만	85~425m ³	425m ³ 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	3
	- 4000 이하 - 주입구 또는 벤트	7.5	7.5	7.5
	- 4000 초과 - 저장탱크	6	6	6
	- 4000 초과 - 주입구 또는 벤트	7.5	7.5	7.5
수소이외의 가연성가스	- 425m ³ 이하	3	7.5	7.5
	- 425m ³ 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.

(2) 용량 85m³ 미만의 수소저장설비가 다른 시설물에 노출되면서 동시에 다른 시설물과 동일 건물내에 설치되는 경우에는 다음의 안전조치를 취한다.

(가) 6.2.3 (3)항에 의한 환기설비의 설치

(나) 인화성액체 및 산화성물질로부터 6m의 안전거리 유지

(다) 다른 가연성 가스저장소로부터 15m의 안전거리 유지

(라) 공기압축기 및 냉방 또는 환기설비의 공기흡입 개구부로부터 15m의 안전거리 유지

(마) 낙하물 방z시설의 구비

- (3) 용량 85m³ 이하의 수소저장설비가 다른 시설물에 노출되면서 동시에 동일 건물내에 2개 이상 설치되는 경우에는 (2)항의 안전조치 이외에 각 수소저장 설비간 15m의 안전거리를 유지한다.

7. 운전지침

수소저장설비의 운전에 필요한 운전지침은 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 부식상태를 점검하고 기기의 점검정비 이력서에 기록을 유지한다.