KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE
기술지원규정

화학설비의 재질선정에 관한 기술지원규정
C-C-20-2026

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 제・개정경과

- 1994년 11월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 1994년 12월 총괄제정위원회 심의
- 1995년 9월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 1996년 4월 총괄제정위원회 심의
- 2009년 4월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2009년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2025년 11월 화학안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- KS B 6750(압력용기-설계 및 제조일반)
- 국내・외 엔지니어링
- API, ASME, NACE 등

○ 관련법규・규칙・고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제256조(부식 방지)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의

- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 화학설비의 재질선정 관련 법적 필수사항 ····· 2

5. 재질 선정 기준 ····· 3

5.1 일반사항 ····· 3

5.2 재질 선정시 고려사항 ····· 3

6. 재료의 검사 ····· 7

화학설비의 재질선정에 관한 기술지원규정

1. 목적

이 규정은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(이하 "안전보건규칙"이라 한다) 제256조(부식방지)의 규정에 따라 화학설비 등에 사용하는 재질에 대하여 규정함으로서 사업주가 이를 활용하여 재질의 부식 등으로 인한 위험물질의 누출을 방지하고 누출로 인한 폭발·화재 등을 사전에 예방하고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 규정은 안전보건규칙 별표1(위험물질의 종류)에서 규정한 위험물질을 가스 또는 액체상태로 취급하는 다음 각호의 1에 해당하는 설비에 적용한다.

(1) 안전보건규칙 별표7(화학설비 및 그 부속설비의 종류)의 1호(화학설비)중 다음 각목의 1에 해당하는 설비(이하 "용기류"라 한다)

(가) 반응기·혼합조 등 반응 또는 혼합장치

(나) 증류탑·흡수탑·추출탑·감압탑 등 분리장치

(다) 저장탱크·계량탱크 등

(라) 응축기·냉각기·가열기·증발기 등 열교환기류

(마) 고로 등 점화기를 직접 사용하는 열교환기류

(2) 안전보건규칙 별표7(화학설비 및 그 부속설비의 종류)의 2호(화학설비의 부속설비) 중 가목에 해당하는 배관·밸브·관·부속류 등 화학물질 이송 관련 설비(이하 "배관류"라 한다)

3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

(가) "탄소강"이라 함은 철과 탄소의 합금으로 탄소 함유량이 0.02%~2%의 범위의 강을 말한다.

(나) "킬드강(Killed steel)"이라 함은 실리콘이나 알루미늄 등으로 완전히 산소를 제거(Deoxidation)시킨 탄소강을 말한다.

(다) "저합금강(Low Alloy Steel)"이라 함은 탄소강에 니켈, 크롬, 망간, 몰리브덴등 합금원소를 소량 첨가하여 강도 또는 내식성을 증가시킨 것을 말하며, 고온강 또는 Cr-Mo 강이라고도 말한다.

(라) "수소취성"이라 함은 탄소강이 수소에 의하여 부풀음(Blistering) 또는 물러짐(Embrittlement) 등의 현상이 일어나는 것을 말한다.

(마) "수소침식(Hydrogen attack)"이라 함은 고온에서 강중의 탄화물(Fe_3 C)이 수소에 의하여 환원되고 수소 또는 메탄가스가 발생되기도 하며, 주로 입계가 침식되는 현상을 말한다.

(바) "넬슨선도(Nelson Curve)"라 함은 일반 탄소강에 Cr 혹은 Mo을 첨가한 저합금강이 수소 분위기에서 사용될 수 있는 임계온도와 수소분압의 관계를 실험식으로 구해진 것을 말한다.

(2) 그 밖의 용어의 정의는 이 규정에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 화학설비의 재질선정 관련 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로써 반드시 준수하여야 한다.

산업안전기준에 관한 규칙 제256조(부식 방지)

사업주는 화학설비 또는 그 배관(화학설비 또는 그 배관의 밸브나 콕은 제외한다) 중 위험물 또는 인화점이 섭씨 60도 이상인 물질(이하 “위험물질등”이라 한다)이 접촉하는 부분에 대해서는 위험물질등에 의하여 그 부분이 부식되어 폭발·화재 또는 누출되는 것을 방지하기 위하여 위험물질등의 종류·온도·농도 등에 따라 부식이 잘 되지 않는 재료를 사용하거나 도장(塗裝) 등의 조치를 하여야 한다.

5. 재질 선정 기준

5.1 일반사항

(1) 압력에 의하여 응력을 받은 압력용기는 KS B 6750(일반산업용 압력용기 설계 및 제조일반) 및 부속서에서 달리 허용된 경우를 제외하고, KS B 6750(또는 ASME Section Ⅱ)에 주어진 재료 규격 중의 하나를 사용해야 하며, 사용 재료의 종류와 관련된 규정에 적합하여야 한다.

(2) 스커트, 지지물, 배플, 러그, 클립 및 넓은 열전달 표면과 같이 비압력부품에 사용되는 재료는 이것이 부착되는 재료 규격 또는 1항의 규격에서 허용하는 재료 규격에 만족할 필요는 없다. 그러나 용접에 의해서 압력용기에 부착한다면 용접 가능한 품질이어야 한다.

(3) 사용자는 압력 용기의 제작에 사용된 재료가 만족할 만한 기계적 성질을 가지고 사용하고자 하는 수명 동안 부식, 침식, 산화 및 기타 열화에 대한 저항력을 가지고 있어 목적하는 용도에 적합한지 확신할 수 있어야 한다.

5.2 재질 선정시 고려사항

(1) 저온 물질 취급(0℃이하)의 경우

(가) 일반적으로 탄소강과 저합금강은 대부분의 사용 환경에서 좋은 인성(Toughness)과 전연성(Ductility)를 갖지만, 0℃이하의 저온 물질 취급시 에는 취성파괴(Brittle fracture)가 일어나기 쉽다. 따라서 이러한 저온에서 사용될 때는 관련 지침에 따라 적절한 충격 시험(Impact Test) 요구조건을 만족해야 한다.

(나) -45℃의 저온에서는 인성을 향상시키기 위해 노말라이징(Normalizing)열처리를 하여 사용한다.

(다) -45℃에서 -101℃까지의 온도에서는 3.5%의 니켈을 함유한 합금을 사용하며, -101℃이하에서는 9%의 니켈강이나 오스테나이트 스테인레스강을 주로 사용한다.

(2) 상온에서부터 고온까지 유체 취급의 경우

(가) 오스테나이트 스테인레스강은 현장에서 열처리시 예민화 온도(500 ~800℃)범위에 장시간 노출될 경우 입계부식(Intergranular corrosion)발생 가능성이 있으므로 현장에서 후열처리 하지 않는 것이 바람직하다.

(나) 고온강도가 요구되는 곳에서는 304H, 316H, 321H, 347H 같은 H 등급(Grade)의 스테인레스강을 주로 사용한다.

(다) 오스테나이트 스테인레스강은 용체화 풀림(Solution annealing)처리를 해야 하며, 이 처리는 일반적으로 1,150℃에서 약 10분 동안 유지한 후에 물속에 급랭한다. 안정화 열처리(Stabilizing heat treatment)는 일반적으로 885 ± 15 ℃에서 4시간 동안 유지한 다음 공기 중에서 냉각한다.

(3) 주요 재질의 사용 시 고려할 사항

(가) 오스테나이트 스테인레스강은 염화물(Chloride) 같은 유체에 노출되면 염화응력 부식균열(Chloride stress corrosion cracking, CSCC)이 일어날 수 있으므로 가능한 이들 유체에 사용해서는 아니된다.

(나) 크롬을 포함하지 않은 니켈과 이들의 합금은 316℃이상의 온도에서 소량의 황(Sulfur)을 함유하고 있는 유체에 노출되면 입계부식을 일으키므로 이들 유체에서 사용해서는 아니된다. 니켈합금은 황산, 염산, 불화수소산, 가성소다 용액에 대해 내식성이 우수하다.

(다) 구리합금은 보통 260℃이하에 주로 사용되며, 구리와 이들 합금은 암모니아, 황화수소, 아세틸렌이나 아민을 포함하는 유체에 사용해서는 아니된다. 또한 티타늄과 그 합금은 316℃이상의 온도에서는 취성을 일으키므로 고온에 사용하지 않으며, 보통 260℃이하에서 사용된다.

(라) 주철은 취약하며 강도가 낮으므로 가연성의 탄화수소를 취급하는 압력이 포함된 설비에는 사용하지 않는다. 그러나, 주철은 경도가 높아서 충돌이나 침식, 케비테이션 같은 유속으로 인한 부식에 대한 영향을 감소시키므로 펌프, 밸브 등에 사용된다.

(4) 주요 부식성 환경

(가) 수소 가스

① 수소를 포함하고 있는 유체에서 수소가스의 부분압력이 7.0 MPa을 넘고 220℃이상의 수소 취급조건에서 탄소강이나 저합금강이 사용되면, 표면 탈탄(Decarburization)이나 수소침식(Hydrogen attack)이 일어날 수 있다. 탈탄으로 탄소의 함량이 줄어들게 되면 재질의 강도가 떨어지게 되고, 여기에 수소부식까지 일어나게 되면 사용 재질의 수명이 현저히 떨어지게 된다. 따라서 220℃이상의 온도에서는 탄소강을 사용해서는

아니 되며, 크롬과 몰리브덴이 함유된 저합금강을 사용하거나 오스테나이트 스테인레스강을 사용해야 한다.

② 수소 취급조건 에서는 가능하면 이음매가 없는(Seamless)파이프를 사용하고, 크롬-몰리브덴 합금강은 후열처리(PWHT)를 실시한다.

(나) 습성 산성유체 (Wet Sour Service)

① NACE MR0175 에 정의된 습성산성유체란 액체인 물을 포함하고 있으며, 가스 내의 황화수소의 부분압력이 0.35 KPa를 넘고 가스의 전체 압력이 0.456 MPa이상인 유체를 말한다

② 이러한 유체에서 금속이 사용될 때는 황화응력부식균열(Sulfide stress corrosion cracking, SSCC)을 일으킨다. 사용 환경이 위의 조건에 해당되면 재질선정 시에 NACE MR0175(Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfield Equipment)를 참고한다.

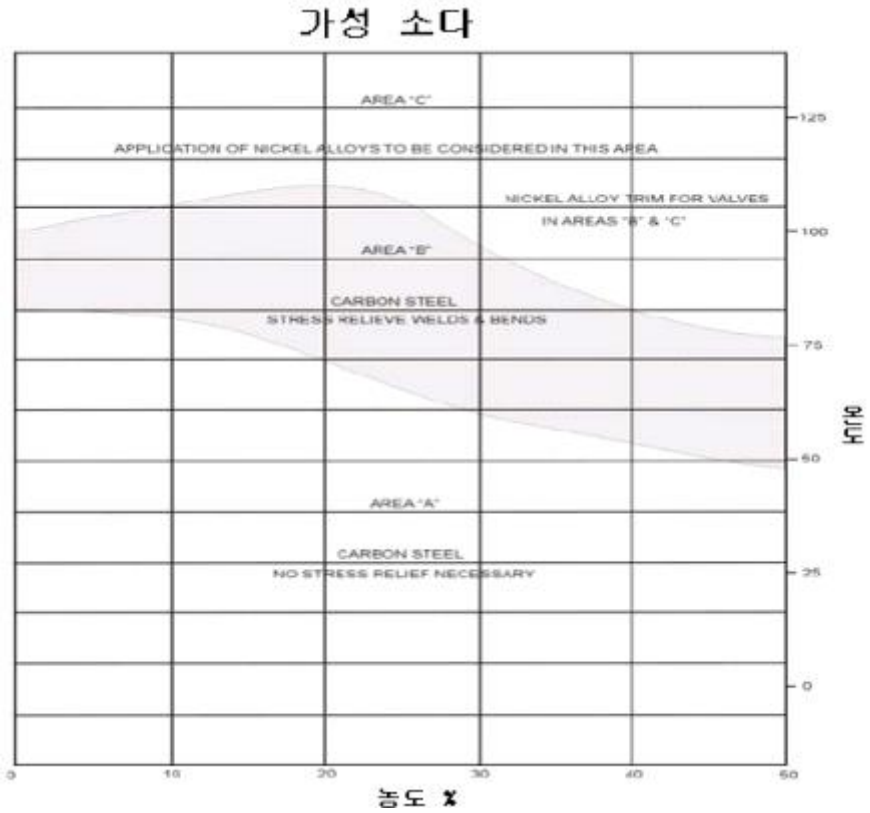
(다) 아민 및 암모니아 유체(Amine Service, Ammonia Service>

① 아민은 탄소강에서 응력부식균열(SCC)을 야기 시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 탄소강의 용접부위는 운전온도에 상관없이 후열처리를 해야 한다. 아민 유체에서 재질을 선정할 때는 API 945(Avoiding Environmental Cracking in Amine Units)를 참조한다.

② 0.2% 이상의 물을 함유하지 않은 무수 액화 암모니아(Anhydrous Liquefied Ammonia)는 탄소강에 응력부식균열(SCC)를 야기 시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 탄소강의 용접부위를 후열 처리한다.

(라) 가성소다(Caustic Service)

가성소다란 수산화나트륨(NaOH)나 수산화칼륨(KOH)의 농도가 1%이상인 수용액이며, 탄소강에 응력부식균열(SCC)를 야기 시킬 수 있다. 이러한 유체 에서는 농도와 온도의 관계에 따라서 탄소강의 용접 부위를 응력제거 열처리를 한다. 이를 위해서는 NACE (caustic soda service graph)를 참조한다.



<표1> 가성소다(NaOH)의 농도와 온도에 따른 탄소강의 응력제거 열처리 유무

(5) 수소 취성 재질

다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 킬드강 이외의 탄소강을 사용하여서는 아니되며, 킬드강 이상의 성능을 갖는 재질을 사용하여야 한다.

(가) 운전조건에서 수소의 분압이 0.35 MPa 이상이 되는 압력용기 및 배관류

(나) 액체상태에서 몰분율로 0.3% 이상의 황화수소(H_2S)를 포함하고 있는 위험물질을 취급하는 용기류 및 배관류

(다) 10ppm 이상의 황화수소를 포함하고 있는 수용액(Sour water)를 취급하는 용기류 및 배관류

(라) 무게분율로 5% 이상의 알카놀아민류(Alkanolamines)를 포함하고 있는 위험물질을 취급하는 용기류 및 배관류

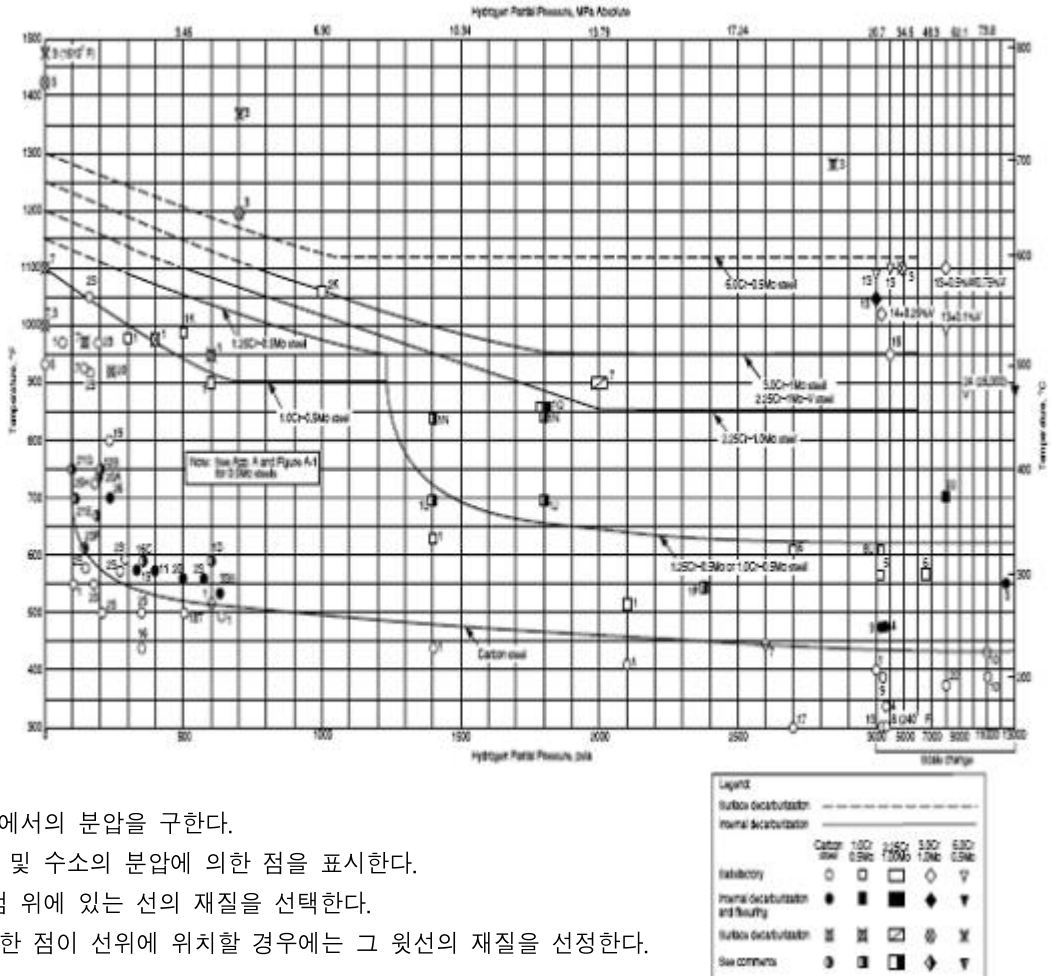
(마) 농도에 관계없이 불화수소산, 삼불화보론(BF_3) 및 삼불화보론(BF_3)화합물을 포함하는 유체를 취급하는 배관

(바) 수소저장설비의 설계 · 제작 및 시험은 지침에 따른다.

(6) 고온수소취급

(가) 수소가 포함된 위험물질을 고온에서 취급하는 압력용기 및 배관류 에는 수소취급 설비의 재질선정기준에 의하여 선정된 재질 이상의 성능을 갖는 것을 사용하여야 한다.

(나) 수소 취급시 재질을 선정할 때는 넬슨 선도(Nelson curve)를 사용해야 하며, 이를 위해서는 API 941 (Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Petroleum Refineries and Petrochemical Plants)를 참조한다.



※ 사용방법

1. 설계압력에서의 분압을 구한다.
2. 설계온도 및 수소의 분압에 의한 점을 표시한다.
3. 표시한 점 위에 있는 선의 재질을 선택한다.
(만일 표시한 점이 선위에 위치할 경우에는 그 윗선의 재질을 선정한다.

<그림 1> 수소취급설비의 재질 선정기준

6. 재료의 검사

(1) 판재의 경우, 압력 용기 제조자는 재료 규격에서 규정된 재료시험보고서 또는 재료 일치 증명서를 입수하여야 하고, 검사원은 이 재료시험 보고서 또는 재료확인서를 심사하여 그것이 재료를 대표하는 것인가 또는 재료 규격의 요건을 만족하는 지 여부를

확인하여야 한다.

(2) 판재 이외의 모든 다른 제품의 경우, 만약 재료 규격에서 각각의 재료 조각에 대한 등급, 형식 및 종류를 포함한 규격 표시를 규정하고 있고, 또한 각각의 재료 조각에 그와 같이 표시한다면 그 재료를 해당 재료 규격에 적합한 것으로 인정하여야 한다.

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 개정사유 : 확인(체계정비)

○ 주요 개정내용

- 항목4(법적 필수사항) 추가
- 국문 명칭(기술지침→기술지원규정) 개정

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : C-C-20-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.