

발 간 등 록 번 호

11-1482042-100022-14

NICS-GP2025-19

원인조사-C25-005

염산 저장탱크 부식으로 인한 염산 누출사고 사례

2025. 12.

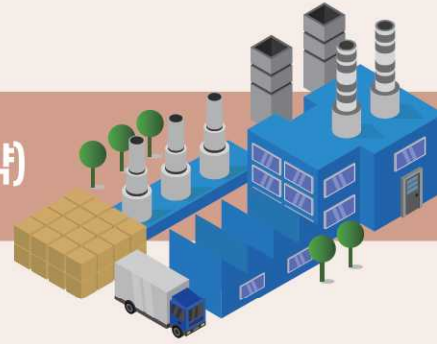


책임운영기관

기후에너지환경부

화학물질안전원

염산 저장탱크 부식으로 인한 염산 누출사고 사례 (요약)



■ 사고개요

'25.6.8.(일) 22:11분경 전북 군산시 소재 한국OOO에서 염산 저장탱크의 고무라이닝 (고무코팅) 크랙으로 발생한 핀홀(1mm)로 인하여 방류벽으로 염산이 누출된 사고

■ 사고물질

염산

- 강한 부식성과 자극성을 가지는 물질로 금속과 반응하여 수소 발생
- 금속 표면 처리, 화학제품 제조, pH 조절제 등 다양한 용도로 사용

사고원인

- 저장탱크의 고무라이닝 크랙으로 핀홀이 발생하여 염산이 누출된 사고

사고예방대책

- 저장용기의 적절한 재질 선정
- 염산 저장탱크 등 부식성이 강한 물질 용기의 정기적인 유지보수 강화
- 정기적인 검사를 유도할 수 있도록 법적 제도화



본 사례는 국내에서 발생한 화학사고 조사·분석을 통해 동종 사고의 재발방지를 위해 교육용 자료 등으로 작성한 참고자료로 사고와 관련한 민형사상 판단근거로 삼을 수 없음을 알려드립니다.

CONTENTS

I

용어설명	6
------	---

사업장 현황	7
--------	---

II

사고현황	8
------	---

가. 사고내용	8
---------	---

나. 피해개요	9
---------	---

다. 공정개요	10
---------	----

라. 사고공정	11
---------	----

마. 사고물질	12
---------	----

III

사고발생 원인분석	13
-----------	----

가. 사고현장 분석	13
------------	----

나. 사고발생 원인추정	16
--------------	----

IV

사고예방대책	20
--------	----

가. 기술적 대책	20
-----------	----

나. 관리적 대책	21
-----------	----

다. 제도 개선사항	21
------------	----

참고	22
----	----

참고1. 참고자료	22
-----------	----

용어설명

■ 염산(Hydrochloric acid)

염산(Hydrochloric acid, HCl)은 특 쓰는 자극적인 냄새가 나는 무색의 액체로, 유기물질류의 산화염소화법에 의해 부산물로 생성된다. 주로 금속처리, 금속세정, 폐수중화, 기타 산업용 세척제, 이온교환 수지 재생 등 다양한 분야에서 활용된다.

염산의 물리·화학적(Physico-Chemical) 특성

- 증기압 35,424 mmHg(25℃), 끓는점 -85℃
- 유기물질류의 산화염소화법의 부산물로 생성됨
- 가열시 분해되어 염화수소 훈(fume)을 발생시킴
- 열산화 분해에 의해 독성 염소 훈과 폭발성 수소 가스를 생성시킴
- 금속물질과 접촉 시 인화성 수소 가스를 생성할 수 있음
- 흡입 시 기침, 숨막힘 증상 및 점막 자극, 피부 접촉 시 심한 화상 유발
- 규제정보 : 유독물질, 사고대비물질
- NFPA(National Fire Association) 위험성 코드 정보
 - 건강위험성 : 3 (매우 유해한 물질)
 - 화재위험성 : 0 (비가연성 물질)
 - 반응위험성 : 1 (고온·고압 하에서 불안정하거나 물과 반응하여 에너지 방출)

Source : DIPPR(Design Institute for Physical Properties) / AIChE

■ 고무라이닝(Rubber Lining)

금속이나 콘크리트 등으로 만든 장치, 배관, 탱크 내부 등에 고무 시트를 붙여서 부식, 마모, 화학적 손상으로부터 보호하는 기술로 산, 알칼리, 염류 등 화학약품에 의해 금속이 부식되는 것을 방지하기 위해 사용

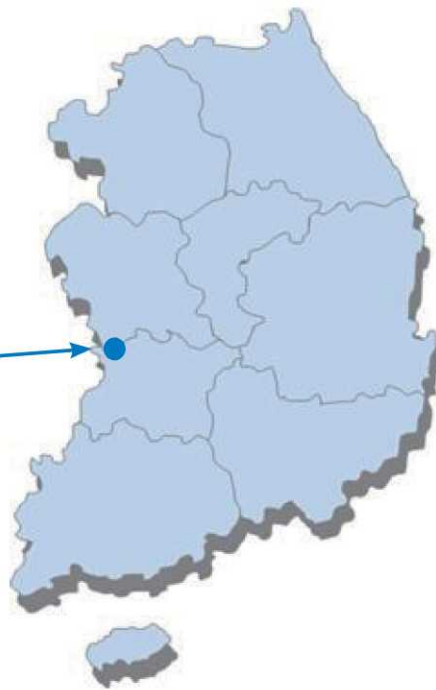
■ Spark Test

고무 라이닝, 라이닝 코팅 등 비전도성 재료의 결함 유무를 확인하기 위해 용기에 전압을 가하여 전기적인 불연속(절연 상태)이 있는지 확인하는 비파괴 검사 방법으로 주로 저장탱크, 배관, 장치 내부의 고무 또는 코팅 표면에 균열, 핀홀, 박리 등의 결함이 있는지 검사하는 방법



사업장 현황

○ 사업장명	한국000(주) 군산공장
○ 소재지	전북 군산시
○ 근로자수	59명
○ 업종분류	제조업
○ 시설개요	의약품 화합물 제조업
○ 취급 유해화학물질	염산, 수산화 나트륨
○ 생산제품	비타민
○ 화학물질관리법 대상 여부	대상



출처: 네이버 지도

II 사고현황

가. 사고내용

- 일 시 '25.6.8.(일) 22:11분경(12:15 안전원 접수)
- 장 소 한국000(주) 군산공장
- 사고물질 염산 35%(유독물질, 사고대비물질)
- 사고시설 염산 저장탱크
- 사고유형 누출 사고
- 시설유형 밸브
- 사고내용 염산 저장탱크(염산 35%, 100톤)의 고무라이닝(고무코팅) 크랙으로 저장탱크 본체에 발생한 핀홀(1mm)로 인하여 방류벽 내 염산이 누출된 사고

○ 시간대별 상황 기록

일자	시간	내용
6. 8. (일)	22:15	○ 사고상황 접수(충남소방본부 → 화학물질안전원)
	22:25	○ 사고상황 확인(유선, 안전원 → 전북소방본부) - 저장탱크(최대용량: 100톤, 저장량 50톤)에서 염산 누출 - 인명피해 없음
	22:39	○ 사고상황 확인(유선, 안전원 → 전북소방본부) - 염산 실외저장시설(TK327B, 총용량: 100톤, 저장량 50톤) 1기에서 염산 누출 - 방류벽 내에 위치한 염산 저장시설에 누출되고 있는 상황 - 방류벽 내에 고여있는 염산은 공동폐수처리장으로 유입 가능
	22:54 ~ 22:56	○ 사고상황 확인(유선, 안전원 → 현장 소방대원, 사업장 관계자) - 사고 저장시설(탱크)에 남아있는 염산을 인근 빈 저장시설(탱크)로 이송 준비 중 - 누출된 염산은 물로 희석 후 공동폐수처리장으로 유도(소방, 사업장)
	23:19	○ 사고현장 상황 확인(사고상황공유앱, 익산센터) - 대기 확산 저지를 위해 물 분무하며 방재작업 수행 중

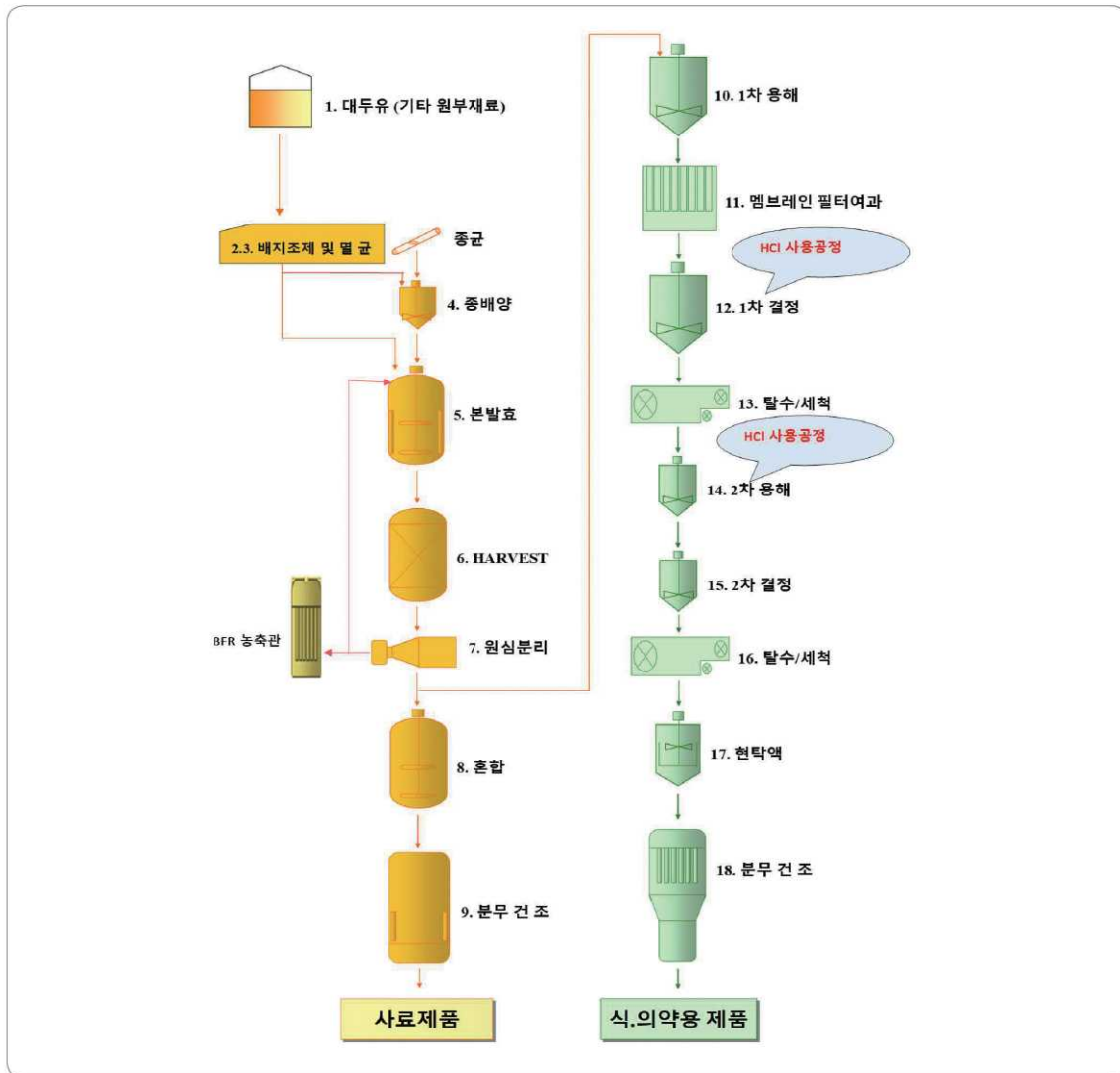


일자	시간	내용												
6. 8. (일)	23:23	○ 사고현장 상황 확인(사고상황공유앱, 익산센터) - 염산 저장탱크 핀홀(1 mm) 생겨 염산 누출 - 염산은 방류벽 내에만 있으며, 방류벽 내 염산은 물로 희석하여 공무원 도착 후 폐수처리장으로 보낼 예정												
	23:24 ~ 23:28	○ 사고 현장 오염도 측정(사고상황공유앱, 익산센터) <table><tr><td>측정지점</td><td>측정물질</td><td>측정농도(ppm)</td><td>측정장비</td></tr><tr><td>사업장 입구</td><td rowspan="2">염화수소</td><td rowspan="2">불검출</td><td rowspan="2">가스측정기 (X-am 5100, HCl)</td></tr><tr><td>원점으로부터 30 m 이격 지점</td></tr></table>				측정지점	측정물질	측정농도(ppm)	측정장비	사업장 입구	염화수소	불검출	가스측정기 (X-am 5100, HCl)	원점으로부터 30 m 이격 지점
	측정지점	측정물질	측정농도(ppm)	측정장비										
사업장 입구	염화수소	불검출	가스측정기 (X-am 5100, HCl)											
원점으로부터 30 m 이격 지점														
23:36 ~ 23:42	○ 사고현장 상황 확인(사고상황공유앱, 익산센터) - 인근탱크로 이송작업 실시(23:36) - 흠 억제를 위해 주수 실시(23:38) - 핀홀은 소방에서 막음조치(23:42) - 이송 중 문제 발생 우려 최소화를 위해‘백광산업 주식회사’염산 탱크로리를 이용하여 수행													
6. 9. (월)	00:06	○ 사고 현장 상황 확인(사고상황공유앱, 익산센터) - 00 000 군산공장으로 이송 중, 2~3시간 소요 예상 - 00 000 군산공장 염산탱크는 최대용량 100톤, 현재 저장량 30톤												
	02:58	○ 사고 현장 상황 확인(사고상황공유앱, 익산센터) - 염산 측정 결과 불검출 - 소방 등 유관기관 모두 철수 - 방류벽 내 잔류 염산은 물과 함께 전량 폐수처리장으로 이송 완료												
	04:27	○ 위기경보(“관심”단계) 해제(사고상황공유앱)												

나. 피해개요

- 누출량 약 100kg로 추정
 - 추정 근거
 - 액위 측정계 기록에 따르면 약 0.1% 미만의 변동이 있었음
(100 ton x 0.1% = 100kg, 비중 1.17반영 ≒ 최대 85L 누출 추정)
- 인명피해 없음
- 재산피해 7,000 Euro(사업장 추산)
- 환경피해 없음

다. 비타민 제조 공정



원부재료(대두유)로 조제한 배지에 미생물을 접종하여 발효를 통해 비타민 B₂를 생산하는 공정

- 발효 공정 후 순수한 비타민B₂를 얻기 위해 원심분리로 발효액*과 비타민 B₂가 포함된 슬러리로 분리
 * 발효액은 발효공정에서 재활용되거나 농축시켜 사료로 출하
- 발효액에서 분리된 슬러리에 가성소다(33%)를 사용하여 비타민B₂를 용해시킨 후 염산 (35%)을 사용하여 비타민을 결정화하여 생산

라. 사고공정(염산 저장탱크)

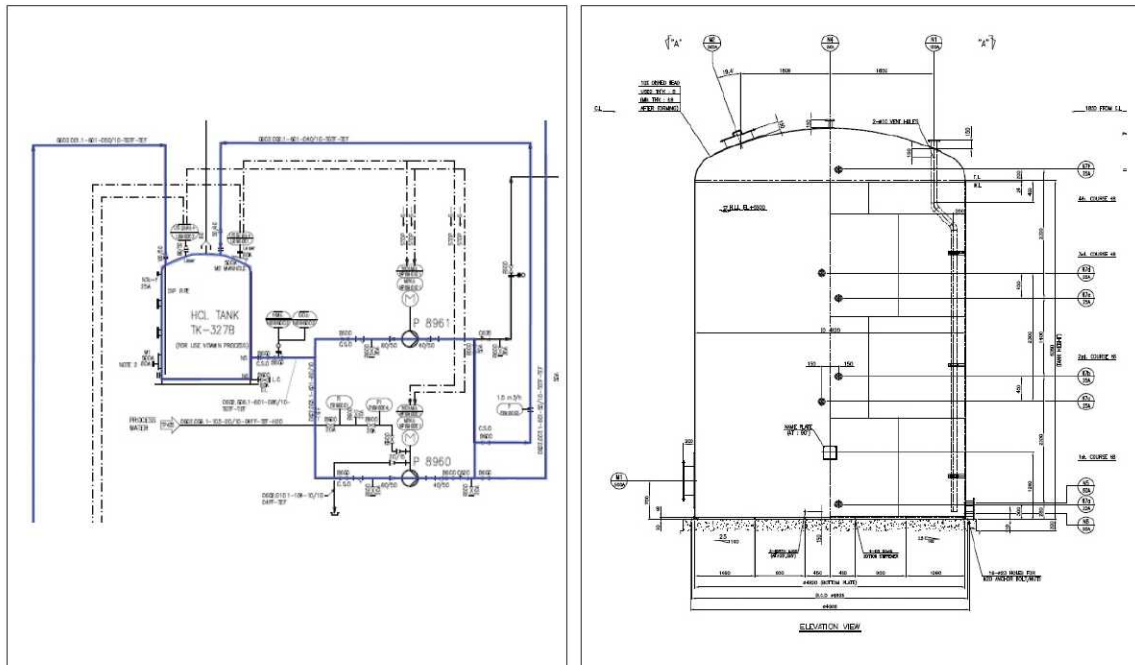
가성소다에 비타민B₂를 용해시킨 후 재결정 공정에 필요한 염산을 투입하기 위해 저장된 염산 저장탱크(TK-327B)에서 누출 발생

- 염산 저장탱크(TK-327B, 염산 35%, 100톤) 고무라이닝(고무코팅) 크랙으로 발생한 핀홀(1mm)로 인하여 방류벽 내 염산(35%)이 누출

○ 사고 발생 설비

- 설비명 : TK-327B(상압저장탱크)

Item No.	Capa	재질	설계압력	설계온도	비고
TK-327B	100 ton ID: 4.82M X H: 6.08 M ※사고 당시 약 50톤 저장	SS41(t:8mm) (Rubber Lined, t:6mm)	Full Water	50℃	-



[참고 1] 공정배관계장도(P&ID) 및 TK-327B 상세도면

사고물질 : 염산 35%(유해화학물질, 사고대비물질 CAS No. 7467-01-0)

물질명	염산 35%
CAS No.	7467-01-0
물질구분	일반화학물질() 유독물질(✓) 사고대비물질(✓) 제한물질() 금지물질() 허가물질()

○ 물리·화학적 특성

물질 (CAS NO.)	끓는점	녹는점	최대허용농도 (TWA)	비중	증기밀도	증기압	인화점
염산 35% (7467-01-0)	65.6℃	-33℃	1ppm	1.17	1.3	10kPa (20℃)	해당없음

※ 유해성·위험성

위험성	
금속 부식성	구분1
급성독성(경구)	구분3
급성독성(흡입)	구분3
심한 눈 손상성/ 눈 자극성	구분1
호흡기 과민성	구분1
피부 부식성/피부 자극성	구분1
특정표적장기 독성(1회 노출)	구분1
특정표적장기 독성(반복 노출)	구분1
급성 수생환경 유해성	구분1
급성독성(흡입:증기)	LC ₅₀ 1562ppm/4hr (rat)
급성독성(경구)	LD ₅₀ 238mg/kg (rat)
급성독성(경피)	LD ₅₀ 5010mg/kg (rabbit)



III

사고발생 원인분석

가. 사고현장 분석

사고 현장



〈사고 저장 탱크〉



〈사고 저장 탱크 명판〉



〈사고 당일 누출 사진〉



〈핀홀 발생 위치〉



〈내부 라이닝 크랙 - 입고 배관 지지대〉



〈핀홀 사이즈 측정값 사진(외부)〉

사고 설비 검사 및 유지보수 이력

○ 취급시설 검사 이력

- 25년 2월(3일간) 정기검사 결과 합격
- 염산탱크의 경우 실외저장시설로 정기검사를 진행하였고, 검사기관에서 설계자료, 라이닝 유지보수 내역, 고무라이닝 Spark test 결과 등으로 서류확인 및 현장에서 외관 육안검사 등으로 진행

○ 유지보수 이력

- 2010년 내부 고무 라이닝 전체 교체
- 내부 규정에 따라 2년에 1회 내부 라이닝 점검을 실시하며 마지막 점검은 24년 8월에 완료
- 점검 결과에 따라 내부 라이닝 교체는 부분적으로 이루어지며 교체 이후 spark test 실시
- 24년 8월 마지막 염산탱크 내부 라이닝 점검 결과 이상 없음

정비 이력	정비 결과	비고
2010.08	내부 고무 라이닝 전체 교체	-
2015.09	내부 육안점검 - 특이사항 없음	
2016.08	내부 육안점검- 고무라이닝이 들뜬 부위 보수 (하부 벽면 및 상부 맨홀)	 



정비 이력	정비 결과	비고
2018.08	내부 육안점검 - 특이사항 없음	-
2019.09	내부 육안점검 - 특이사항 없음	
2020.08	내부 육안점검 및 스파크 테스트 실시 - 특이사항 없음	
2021.08	내부 육안점검 및 스파크 테스트 실시 - 특이사항 없음	스파크 테스트로 검사방법 강화
2022.09	내부 육안점검 및 스파크 테스트 실시 - 고무라이닝이 들뜬 부위 보수 (상부 경판 전체, 하부 노즐, 입고배관 상부 지지대)	  
2024.02	내부 육안점검 및 스파크 테스트 실시 - 고무라이닝이 들뜬 부위 보수 (입고 배관 하부 지지대)	
2024.08	내부 육안점검 및 스파크 테스트 실시 - 특이사항 없음	

나. 사고발생 원인추정

고무라이닝 손상 요인

- 고무 라이닝이 손상될 수 있는 요인은 다음과 같음

요인	세부 내용
화학적 열화 (Chemical Degradation)	- 산성 환경(Acid Environment) : 강산은 고무의 가교 결합을 파괴하거나 첨가제를 용출시켜 경화, 취화 현상을 유발 - 산화·가수분해 : 산소나 불순물에 의해 고무가 산화되어 표면 백화, 점착성 증가, 첨가제가 용해·추출되면서 내구성 저하
물리·기계적 열화 (Mechanical/ Physical Stress)	- 팽창·수축 응력 : 온도 변화에 따른 고무와 강재 탱크의 열팽창계수 차이로 응력이 축적되어 균열·박리 발생 - 침투(Permeation) : 산 분자가 고무 내부로 확산되어 블리스터(Blister)나 기포 발생 * 블리스터 : 라이닝 내부에서 기포처럼 부풀어 오른 결함 - 침식·마모(Erosion) : 난류 유동, 슬러지, 고체입자 충돌로 국부적 마모
열적 요인 (Thermal Factors)	- 고온 노출 : 40℃ 이상에서 장기 노출 시 고무 경화(Hardening) 가속 - 온도 사이클링 : 주·야간 변화, 입·출고 시 온도 차이 등으로 점착층 손상 → 박리
시공 및 운영상 문제 (Installation/ Operational Issues)	- 접착 불량 : 표면 전처리 미흡으로 접착 불량 발생 - 두께 불균일 : 얇은 부위에서 침투 발생 - 핀홀·기포 : 시공 불량으로 강산이 강재와 접촉 시 국부 부식 - 운영 상 문제 : 펌프 캐비테이션, 유체 충격 등으로 파열 발생 가능

- 염산 저장탱크의 고무 라이닝은 2010년 전체 교체 이후 부분적으로 보수가 진행된 것으로 보아 지속적인 산성 환경에 노출, 계절에 따른 온도변화로 인해 내구성이 저하, 블리스터 등이 발생하여 점착층이 손상되고 국부적인 라이닝 박리현상이 진행되었을 것이라 추정됨
- 또한 고무 라이닝이 들뜬 부위를 최근(24년 2월)에 보수한 것으로 볼 때, 접착 불량 등의 시공 불량이었을 가능성이 높음



공식(Pitting corrosion)

- 금속 표면에 작고 국부적인 구멍이 생기면서 내부로 깊게 파고드는 형태의 국부 부식으로 특히 수동피막을 형성하는 금속에서 자주 발생
- 발생원리
 - 1) 금속 표면의 수동피막이 국부적으로 손상됨
 - 2) 손상된 부분에서 금속이 전해질에 노출됨
 - 3) 노출부위가 양극이 되어 금속용해($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$)
 - 4) 주변은 음극이 되어 산소 환원 반응 발생
(산성, $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$, 중성/염기성, $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$)
 - 5) 내부에 염화이온(Cl^-) 축적 및 산성화 → 부식가속
(부식촉진, $\text{Fe}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{FeCl}_2$, 산성화 가속, $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$)

부식 거동(염산, HCl)

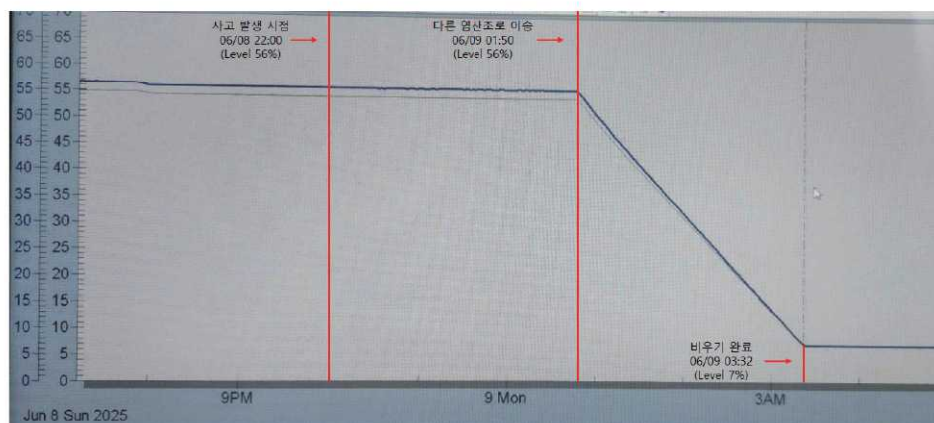
- 염산은 전형적인 환원성 산으로 금속과 접촉 시 수소가 발생하며 수용액 내 용존 산소나 더 강한 산화제가 있을 경우 수소보다 위에 있는 비철금속의 부식을 촉진함
- 염산은 전 농도 범위에서 탄소강을 심각하게 부식시킴
 - Nickel Institute*에서 보통 합금(Alloy 400, B-2, C-276)에 대하여 Iso-corrosion line**을 제시하는데 염산의 경우 모든 농도, 온도 조건에서 0.5mm/yr를 초과함
 - * 니켈 및 니켈 합금 산업을 대표하는 국제 협회로 기술 자료와 부식 가이드를 발간하여 화학산업에서 표준 참고 자료로 활용
 - ** 부식률이 일정 기준에 도달하는 농도-온도 조건을 연결한 선으로 이 선보다 낮은 농도, 온도에서(기준 이하) 재질 사용이 가능, Carbon Steel의 경우 선이 제시되지 않음
- 탄소강 및 주철과 같은 철계 금속은 온도, 농도조건에 따라 다르나 염산에 의해 통상 0.25~4.0mm/yr 범위의 부식률을 가지는 것으로 알려짐

사고 발생 과정 추정

- 입고 배관 지지대 부위의 고무 라이닝은 시공 불량, 내구성 저하 및 블리스터 발생 등으로 인해 크랙이 생김
- 고무 라이닝에 생긴 크랙으로 인해 용기가 부식되어 공식(핀홀1mm)이 발생하였고 핀홀로 저장된 염산이 누출됨
 - 저장탱크 내부의 고무 라이닝에 크랙이 발생하였고 크랙의 틈으로 염산이 스며들어 염산 저장탱크의 부식이 서서히 진행된 것으로 추정
 - 고무 라이닝 크랙부분을 통해 핀홀 주변이 광범위하게 부식되어 용기두께가 얇아졌을 것으로 추정
 - Nickel Institute 자료에 따르면 연간 최대 4mm의 부식 가능성 있으므로 8mm 두께의 탄소강이 부식되기 위해 약 2년 이상 염산에 노출되었을 것으로 추정
 - 사업장 관계자 진술에 따르면 누출 초반의 염산 저장탱크 핀홀사이즈는 1mm였으나 지속적인 누출(약 6시간) 및 사고대응 과정(봉쇄 등)으로 인해 15mm로 커진 것으로 추정

누출공 크기 및 누출량 분석

- 액위 측정계 기록에 따르면 약 0.1% 미만의 변동이 있었음
(100 ton × 0.1% = 100kg, 비중 1.17반영 ≒ 최대 85L 누출 추정)



[참고 2] 사고 염산 저장탱크 액위 기록



○ 누출량 식

- 베르누이 방정식으로부터 유도, 저장탱크 내부와 누출지점의 압력조건이 동일, 액면의 운동에너지가 무시할 정도로 작으므로 출구 속도(누출 속도)는 오직 수두(액면 높이차)에 의해 결정된다고 봄
- 실제로 핀홀을 통과하는 유체의 점성손실*, 유체 수축**과 같은 손실을 방출계수(실험적 보정 계수)***로 보정하는 토리첼리 정리를 사용

* 점성손실 : 난류, 마찰, 점도 효과

** 유동 수축 : 오리피스 통과 직후 유체 흐름이 좁아지는 현상

*** 통상적으로 사용되는 방출계수

누출공 종류	계수값
날카로운 핀홀	0.61 ~ 0.64
매끈한 노즐	0.95 ~ 0.99
일반 산업 핀홀, 배관 누출	0.6 ~ 0.8

- 누출량 식(베르누이 방정식에서 가정을 통해 유도된 토리첼리 정리)

$$Q = C_d \times A \times \sqrt{2gh}$$

(Q = 누출 유량 [m³/s])

Cd = 방출 계수 [0.6 ~ 0.8 범위]

A = 핀홀 면적 [m²]

h = 수두 높이 [m])

○ 누출공 크기에 따른 누출량 계산

- 핀홀 직경 1mm, 보정 계수 0.62, 유체 : 35% 염산, 수두 높이 : 2~3m에 따른 누출량 (당시 저장탱크 내 50ton 저장)

핀홀 크기(mm)	수두 높이(m)	누출량(L/min)	총 누출량(L)
1mm	2	0.18	41.4
	3	0.22	50.6
2mm	2	0.73	168
	3	0.90	207

- 사고 당시 저장탱크 내 저장된 염산 높이를 고려했을 때, 수두 높이가 약 3m정도로 계산 결과, 핀홀(1mm) 발생 후 약 50L의 염산이 누출된 것으로 추정됨
- 다만, 유량계 기록 상 85L 이상 누출되었을 가능성은 적으므로 핀홀은 2mm이상 커졌을 가능성이 낮고, 누출 이후 사고 대응 시 봉쇄조치로 인해 커진 것으로 추정됨

IV 사고예방대책

가. 기술적 대책

1. 저장탱크 부식 점검 방법 개선

- 기존 점검방식으로는 염산 저장탱크 고무 라이닝의 성능 및 결함을 확인하기 어려움
- UT, 초음파 등을 활용하여 내부 고무라이닝의 두께측정을 통한 고무라이닝 결함을 확인할 수 있는 실질적인 점검 방법으로 개선
- 저장탱크 외부 두께측정 등 외부 탱크의 상태 확인을 통해 저장탱크의 부식 여부 추가 확인

2. 물질에 따른 적합한 내구성을 가진 재질 선정

- 코팅, 고무 라이닝 등의 내구성 확보를 위해 표준화된 시험 표준 및 현장 조건을 참고하여 재질 선정 필요
- 국·내외 산업표준 등을 활용하여 선정

고무 재질 관련 국제 표준

- ISO 1817 : 고무(가황/열가소성)의 액체접촉내성평가
- ASTM D471 : 고무의 액체영향평가
- ASTM D6943 : 보호라이닝 침지내성시험지침
- NACE/AMPPSP0188 : 비도전성 라이닝의 핀홀 검출 표준
- EN 14879-4 : 금속기재용 유기라이닝의 요구사항 및 시험방법
- KS M 6621 고무 라이닝 재료 규격

3. 고무 라이닝, 코팅 작업 전·후 품질 검사 방법 개선

- 작업 방법, 재질, 설비 위치에 따른 효율적인 품질 검사 방법* 적용
 - * 작업 전 : 관제 용접 및 연마 검사 등
 - 작업 후 : 육안 검사, spark test, 경도 검사, 두께 검사, 부착력 검사 등
- 필요시, 작업 후 품질에 대한 인증기관의 검사 단계 진행



나. 관리적 대책

1. 저장시설의 점검 주기 적절성 검토

- 점검 중 사고 발생 가능성이 더 크기 때문에 점검 시기를 단축하여 자주 점검하는 것이 무조건적인 해결 방안이 될 수 없음
- 취급 물질의 위험성, 점검 중 위험성 평가 등을 반영하여 저장시설의 적절한 점검 주기를 검토하여 적용

2. 고무 라이닝, 코팅 등 유지보수 관련 작업 절차서 마련

- 고무 라이닝 시공, 검사, 보수 절차 관련 국·내외 규정을 활용하여 작업 절차서를 마련하고 관리

고무 라이닝 유지보수 관련 국·내외 표준

- ASTM C705 : 고무 라이닝 시공, 검사 보수 절차 규정
- ASTM C908 : 표면처리, 접착제, 경화조건, 검사 방법 등을 포함
- ISO 21809-3 : 파이프 내부의 고무/폴리머 라이닝 관련 품질 요구사항
- DIN 28055 : 고무 및 플라스틱 라이닝의 설계 및 품질검사 지침
- KOSHA Guide : 위험물질 저장취급 화학설비의 고무라이닝에 관한 기술지침
- KS F 4922 : 내식용 고무 라이닝재 시험방법

다. 제도적 대책

1. 저장설비의 내식성 재질 및 유지보수에 대한 검사 기준 마련 필요

- 산업계 현장에서는 내식성 있는 재질의 보편적인 방법으로 라이닝 기술을 적용하고 있는데, 라이닝에 대한 점검 주기, 점검 방법 등이 구체화 되어 있지 않아 사업장마다 다른 자체 기준으로 검사를 진행하고 있음
- 따라서 사업장의 적절한 유지·보수 및 예방·관리 이행 유도를 위하여 점검 주기 및 점검 방법 등을 구체화

참고
1

참고자료

1. 염산 저장탱크 누출사고 사례, 2021.12. 화학물질안전원
2. Alloy Selection for Service for Chlorine, Hydrogen Chloride and Hydrochloric Acid, Nichel Institute. 2022.
3. 염소 취급 탄소강 배관 부식원인 규명 및 취급관리에 관한 연구, 2024
4. KOSHA GUIDE, 위험물질 저장취급 화학설비의 고무라이닝에 관한 기술지침, , D-20-2017
5. 화학물질안전원고시 제2025-27호, 유해화학물질 차량 운송시설 설치 및 관리에 관한 고시
6. Corrosion Engineering MacGraw-Hill seies in materials science and engineering, Mars Guy Fontana, Tata MaGraw-Hill. 2005
7. Corrosion Behavior of Mild Steel in Hydrochloric Acid Solutions, International Journal of Electrochemical Science, Vol 3, 2008.
8. Parker O-Ring Handbook(ORD-5700)

● 저자

- 최우진 연구관, 정인희 연구사, 황성범 연구관, 정순원 연구사

● 검토

- 황승율 과장

● 도움을 주신 분들

- 이익모 교수(인하대학교)
- 정근홍 교수(육군사관학교)
- 문봉진 교수(서강대학교)
- 이대준 부장(한국산업안전공단)

발행일: 2025년 12월

발행인: 환경부 화학물질안전원장 박봉균

펴낸곳: 환경부 화학물질안전원 화학사고조사팀

환경부 화학물질안전원

충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명11로 270

홈페이지: <http://nics.mcee.go.kr>

본 사례는 국내에서 발생한 화학사고 조사·분석을 통해 동종사고의 재발방지를 위해 교육용 자료 등으로 작성한 참고자료로 사고와 관련한 민·형사상 판단근거로 삼을 수 없음을 알려드립니다.

※ 본 사례집을 화학물질안전원 허락 없이 일부 또는 전체를 복사, 복제하는 것은 저작권법에 저촉됩니다.
