

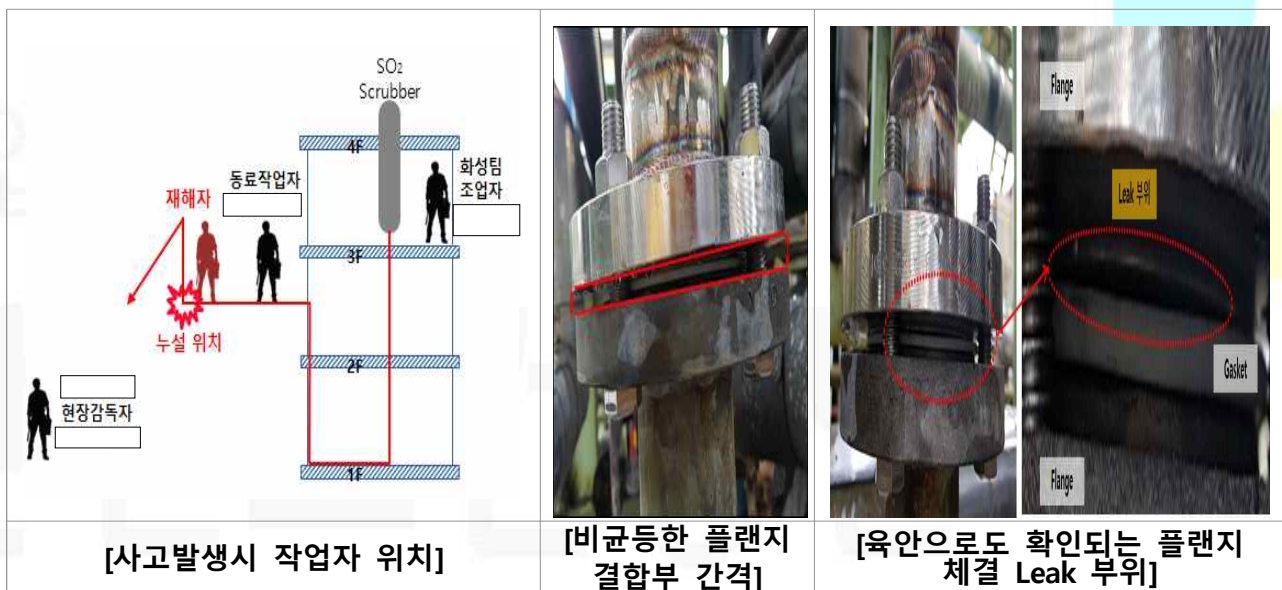
배관교체작업 후 누설시험 중 황산 누출사고 (KOSHA-MIA-202109)

본 OPL은 국내에서 발생한 화학사고에 대하여 안전보건공단에서 동종사고의 재발방지를 위하여 관련 사업장에 무료로 배포하고 있으며, 금번 발생한 사고사례는 동종재해 예방을 위하여 적시에 배부하오니 근로자에게 충분히 교육하여 동종사고가 발생하지 않도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

배관교체작업 후 누설시험 중 황산 누출 사고

< 재해개요 >

2020년 7월 ○○○사업장내 L-SO₂/SO₃공정에서 스크러버(Scrubber) 황산 리턴(Return) 배관 부분 교체작업 후 질소(N₂)가스를 이용한 누설시험(Leak Test)을 실시하는 과정에서 배관에 잔류한 98% 황산이 누출되어 협력업체 소속의 작업자가 뒷목 및 손등에 화상을 입은 사고임.



1 사고발생 공정 및 물질

○ (사고발생공정)

- SO₂ Scrubber 하부에 체류*된 황산을 질소압력을 이용하여 1공장 건조탑 (Drying Tower, DT)으로 Return시키는 배관 플랜지에서 발생함.

* 정상운전 시 Scrubber 하부의 황산은 연속적으로 Drying Tower로 Return되나, 사고 발생 전에는 배관 교체공사를 위한 가동중지(Shut-down)로 Scrubber 하부에 황산이 체류된 상태였음.

배관교체작업 후 누설시험 중 황산 누출사고 (KOSHA-MIA-202109)

○ (사고발생물질) : 황산(98%)

명 칭	황산(Sulfuric Acid) [98%]	분 자 식	H ₂ SO ₄
CAS No.	7664-93-9	분 자 량	98.08
상 태	액체	성 상	무색, 무취
비 중	1.8(물=1)	증 기 밀 도	3.4(공기=1)
끓 는 점	274~327 °C	증 기 압	0.001 mmHg(20°C)
유 해 성 · 위 험 성	부식성, 발암성물질 (특별관리물질)	노 출 기 준	TWA: 0.2 mg/m ³ STEL: 0.6 mg/m ³
독 성 치	LD ₅₀ (경구): 2,140 mg/kg(Rat) LD ₅₀ (경피): 자료없음 LC ₅₀ (흡입): 0.375 mg/l(Rat)	그 림 문 자	

2 사고발생원인

○ 교체용 배관의 제작관리 및 배관 취부 작업 부적정

- 교체용 배관을 제작하면서 현장에서 협력업체 근로자가 실측하여 제작하였으나 볼트체결 시 결합부(플랜지 면) 틈이 크게 발생하였음.
- 현장 설치 시 결합부(플랜지 면)에 틈이 발생하는 경우에는 원청 관계자와 협의하여 재 제작하거나 수정작업(덧붙임 용접, 절단 등)으로 결합부의 틈이 발생하지 않도록 조치해야 하나, 결합부(플랜지 면) 틈이 크게 발생한 상황에서 강제로 체결하였음.

○ 정비품질 확인 절차 수립 부적정

- 사내 표준 문서에는 작업 후 정비품질을 확인하는 내용은 반영되어 있으나 실시주체, 보고체계, 확인항목이 구체적으로 명시되어 있지 않음.
- 이로 인해, 실제 현장 배관 교체작업 완료 후 정비품질(배관의 결합상태 등)을 확인하는 과정을 Leak Test로 대체함.

○ Leak Test 안전작업절차 미수립

- 배관 교체작업 후 반드시 Leak Test 작업을 실시하여야 함에도 대상작업, 실시주체, 안전수칙(공급압력 확인방법, 승압절차 포함) 등이 포함된 안전작업절차가 수립되어 있지 않음.
- 이에, Leak Test를 위한 사전조치(관계자 외 근로자들의 대피, 의사소통 수단 확보 등)가 되지 않은 상태에서 작업을 현장 조업자 판단 하에 진행하였음.
- 또한, 배관에 대하여 질소·탄산가스 등 불활성가스의 압력을 이용하여 기밀시험을 하는 경우에는 지나친 압력의 주입 또는 불량한 작업방법 등으로 발생할 있는 폭발(파열)에 의한 위험을 방지하기 위하여 국가교정기관에서 교정을 받은 압력계를 설치하고 내부압력을 수시로 확인하여야 하나 압력계를 설치하지 않았음.

○ 배관 내 황산 잔류 여부 확인 및 배관 관리 소홀

- 질소 가압 작업 완료 및 Drain 실시 후 추가적으로 배관의 설치구조(역구배 여부 등)를 고려하여 황산의 잔류 가능성 여부 확인을 했어야 하나, 이를 소홀히 하여 배관에 잔류된 황산이 외부로 누출되는 결과를 초래하였음.
- 배관의 내부 유체는 공정 설계 의도에 맞게 처리될 수 있도록 관리하여야 함에도 배관의 경사도 등을 관리하지 않음.

○ 작업계획서 미작성 등 사전 확인 미흡

- 사내 표준 문서 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조에 따라 교체·신규설치용 배관 등 중량물의 안전한 취급을 위한 작업계획서를 작성하여야 하나 긴급작업이라는 사유로 생략함.
- 또한, 안전작업허가서 발행 시에는 현장의 작업여건을 고려하여야 함에도 추락의 위험(7 m정도 높이)이 있는 파이프 랙 상부의 사전 안전조치로 우선적으로 고려해야할 비계설치 대신 안전벨트를 걸고 작업하는 것으로 결정하여 작업을 진행함.
- 이로 인해, 작업장소에 쉽게 접근할 수 없는 Leak Test 담당자가 누설 여부 체크를 위한 비눗물 누설시험을 협력업체 근로자에게 요청하는 계기가 되었음.

배관교체작업 후 누설시험 중 황산 누출사고 (KOSHA-MIA-202109)

○ 근로자 적정 보호구 미착용

- 협력업체 근로자들은 황산배관 교체작업을 하면서 안전작업허가서에 명시된 내산보호구를 착용하고 작업을 완료하였으나,
- 작업장소 주변 정리(작업공구 운반 등)를 위해 내산보호구를 벗은 상태에서 현장 조업자의 요청으로 누설 가능성이 있는 배관 부위 주변에 위치하여 누설된 황산에 접촉하였음.

3

동종사고 예방대책

○ 교체용 배관의 제작관리 및 배관 취부 작업 철저

- 배관의 경우 도면작성을 통해 정확한 치수를 관리하는 것이 바람직하며, 배관을 교체할 경우에는 도면상의 치수 및 현장 계측을 통해 교체 시 결합부의 틈이 발생시키지 않도록 하는 것이 바람직하며,
- 현장 설치 시 결합부(플랜지 면)에 틈이 발생하는 경우에는 원청 관계자와 협의하여 재제작하거나 수정작업(덧붙임 용접, 절단 등)으로 결합부의 틈이 발생하지 않도록 조치하여야 함.

○ 정비품질 확인 절차 수립 및 이행 철저

- 사내 표준 문서에 실시주체, 보고체계, 상세절차, 확인항목 등 정비품질을 확인하기 위한 절차 및 방법이 구체적으로 명시하여야 하며,
- 현장에서 긴급하게 이루어지는 작업이라도 사내 절차에 따라 철저히 이행되어야 함. [필요 시, 긴급작업 시 수행해야 하는 최소 요구사항 추가]

○ Leak Test 안전작업절차 수립 및 이행 철저

- 배관 교체작업 후 실시하는 Leak Test 작업의 경우에는 대상작업, 실시주체, 안전수칙(압력계 설치, 승압방법 포함) 등이 포함된 안전작업절차를 수립하는 것이 바람직하며,
- 또한, 안전작업절차 수립 시에는 Leak Test 수행시 안전 확보를 위하여 실시해야 하는 현장의 사전조치(누설 부위 보호조치, 근로자 대피, 의사소통 수단 확보 등)사항도 포함하고, 현장에서 철저하게 이행될 수 있도록 교육을 실시하는 등의 조치가 이루어져야 함.

배관교체작업 후 누설시험 중 황산 누출사고 (KOSHA-MIA-202109)

○ 배관 내 황산 잔류 여부 확인 및 배관 관리 철저

- 배관의 설치구조(역구배 여부 등)를 사전 검토하고, 배관 내 체류된 황산을 이송·제거하기 위한 질소 가압 작업 및 Drain 작업 등을 통하여 황산의 잔류 여부를 확인하여야 하며, 잔류 황산에 의한 누출 등에 대비하여 플랜지 부에 비산방지조치를 하거나, 정체지점(Dead Point)에 추가적인 Drain 밸브를 설치하는 등의 조치를 하여야 함.
- 이를 위해, 배관 내부의 유체가 공정 설계 의도에 맞게 처리될 수 있도록 배관의 경사도 등 관리(도면관리 등)를 하는 것이 바람직함.

○ 작업계획서 작성 등 사전 확인 철저

- 배관 등 중량물의 안전한 취급을 위한 작업계획서(추락·낙하·전도·협착·붕괴 위험을 예방할 수 있는 안전대책 포함)를 작성하여 해당 근로자에게 알려야 함.
- 또한, 작업계획서 작성(안전작업허가서 발생)시에는 현장의 작업여건을 고려하여 추락의 위험이 있는 경우 우선적으로 비계설치 또는 고소작업대 이용 등 안전한 작업방법을 강구해야 함.

○ 근로자 적정 보호구 착용

- 산업안전보건법 및 사내 기준에 따라 작업조건에 맞는 적정 보호구를 지급하여야 하고, 근로자는 지급된 보호구를 반드시 착용하여야 하며, 관리감독자는 착용 상황을 상시 감독하여야 함.
- 화학물질 누출의 가능성이 있는 작업을 할 때에는 해당 작업이 완료되었다 하더라도 안전한 장소로 이동하기 전까지는 보호구를 벗는 사례가 없도록 하여야 함.

○ 배관의 형식 변경 사항의 관리 강화[권장사항]

- 사내 실정에 따라 배관의 형식 변경 사항을 변경관리 및 가동전 점검 대상에서 제외하고 있으나,
- KOSHA-Guide P-98-2017 [변경요소관리에 관한 기술지침]에 따라, 배관 플랜지의 형식 변경에 관한 사항도 사내 변경관리 대상에 포함하여 관리하는 것이 바람직하며, [단관(Spool) 제거로 인한 정비방법 등 검토 포함]
- 추가적으로, 변경관리 후속조치로 정비 후 가동전 점검 대상으로 설정하여 관리하는 것이 바람직함.