

원유 슬러지 화재·폭발 위험성 평가 (4/1)

원유 슬러지 처리 공정

- ❖ 지하 또는 해저의 유전에서 채굴한 원유 내에는 흙, 모래, 기름, 찌꺼기 등 각종 불순물이 다량으로 섞여 있고, 이 불순물은 비중이 높아 저장탱크 하부에 침전되어 축적되게 되는데, 이를 원유 슬러지라고 함
- ❖ 원유저장탱크는 최초 설치 후 12년(차후 11년) 주기로 하는 정밀정기검사에서 탱크의 밀판 두께 측정 등의 검사 항목으로 인하여 탱크 내부의 인화성액체를 모두 제거해야 함
- ❖ 슬러지는 평상시 원유저장탱크 하부에 침전되어 있으나 정밀정기검사 등으로 탱크 내부를 비워야 할 때 탱크 내 원유를 모두 이송하고 나면 슬러지가 남고, 이 축적된 슬러지는 진공을 이용하여 흡입한 뒤 기름, 물, 슬러지 3개의 물질로 분리하여 폐기물 처리를 하고 있음



탱크 내부 물질 제거를 위한 베큘(Vaccum) 차



원유·물·슬러지 분리 설비

원유 슬러지 관련 사고사례

- ❖ 2023년 원유저장탱크에서 법정 개방검사를 위한 세정작업 준비 중 개방된 하부 맨홀(24인치) 주변에서 화재가 발생하여 협력사 근로자 2명이 화상을 입고 저장탱크 일부가 타서 못 쓰게 됨
- ✓ 사고 발생 원유 저장탱크($80,000m^3$)의 잔류 슬러지는 사고 당일 내부에서 27~65cm 높이에 퇴적되어 약 1,000KL 정도 되었을 것으로 추정됨
- ✓ 당일 오전 저장탱크 하부 양쪽 맨홀을 열어두어 충분한 공기가 유입되었을 것으로 추정되며, 작업 시 사용한 비방폭형 전기기계(드릴) 또는 작업자에게 대전되었던 정전기가 점화원으로 작용하였을 가능성이 있음

평가대상 물질 및 방법

- ❖ 개방검사 준비를 위해 원유를 비워낸 탱크 내부에서 슬러지를 채취함(국내 정유사 2곳)
- ❖ 시료의 화재·폭발 특성 평가를 위해 KS M 2010:2008 원유 및 석유제품 인화점 시험 방법-태그 밀폐식 시험방법, 시차주사열량계(DSC, Differential Scanning Calorimeter)를 이용한 열분석을 실시

원유 슬러지 화재·폭발 위험성 평가 [4/2]

화재 · 폭발 특성 평가 결과

인화점 측정 시험 결과

시료명	인화점(3회 평균)	실험실 온도	실험실 압력
원유 슬러지 A	39℃	15.5℃	102.1kPa
원유 슬러지 B	45℃	14.5℃	101.2kPa

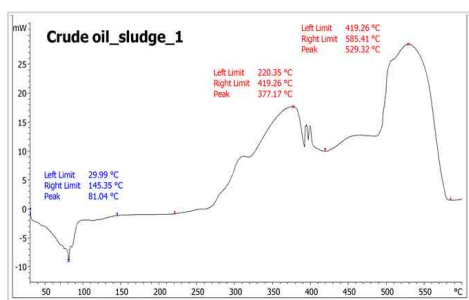
- ✓ 실험 후의 슬러지는 액화가 진행된 모습이었으며, 이는 시료를 가열 시 융점이 낮은 부분은 액화되고, 인화점이 낮은 성분이 인화점 증기를 발생시켜 점화하였을 것으로 추정됨



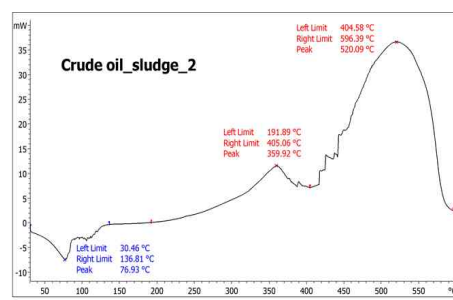
[시험 시료의 실험 전·후]

시차주사열량(DSC) 분석 결과

- ✓ 슬러지 A의 산화 온도범위는 220℃~585℃, 슬러지 B는 192℃~596℃
- ✓ 두 시료 모두 약 140℃ 이하에서 저비점을 갖는 휘발성물질(휘발유, 경질나프타 등)에 흡열반응이 나타남



[원유 슬러지 A의 DSC 결과]



[원유 슬러지 B의 DSC 결과]

유사 사고 발생 방지를 위한 안전대책

- ❖ 연소의 3요소 중 가연물인 저장탱크 내의 원유 슬러지는 제거할 수 없어 점화원과 공기(산소)를 제거하여야 함
- ❖ 스파크가 발생할 수 있는 수공구와 비방폭 전기기구의 사용을 금지하고, 작업자의 몸에 정전기가 대전 되지 않도록 제전기능이 있는 작업복을 착용
- ❖ 작업 전 질소, 스팀 등으로 퍼지 작업이나 강제환기를 실시하여 저장탱크 내의 인화성 증기를 제거하여야 함