대기관리기술사 문제풀이

? VOC 제거를 위해 적용되는 기술에 대하여 설명하고 현재 국내특별지역에서 적용되고 있는 VOC저감대책에 대하여 설명하시오.

1. VOCs의 정의

volatile organic compounds 즉 휘발성 유기화합물은 탄화수소류 중 석유화학제품 유기용제 기타물질로 증기압이 높아 대기중에 증발이 잘되며, 대기중에서 질소산화물과 공존시 태양광의 작용에 의하여 O등, 2차오염물질을 생성시켜 광화학 스모그를 유발시키는 유기화합물질이다. 한편 VOCs의 대기중 위해성은 지표면의 오존생성뿐 아니라 성층권내 오존층 파괴, 지구온난화 유발(직, 간접적), 자체적으로 독성 및 발암성을 지닌 물질, 대기중에 장기체류하여 축적됨. 실내외 공기에 모두 포함되어 있으며 인간생활에 매우 근접해 있는 등 환경보전적 측면에서도 많은 위해성을 내포하고 있는 물질이다.

2. VOC 제거 기준

1) VOC 배출방지시설

(1) 소각에의한 VOC처리

① 열 소각로

② 축열 소각로

③ 촉매 소각로

(2) 하수법에 의한 VOC 물질회수

① 냉각응축법

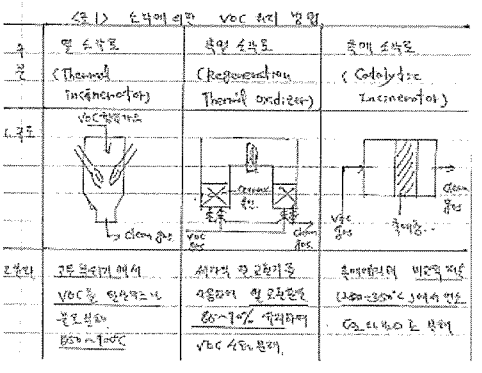
② 막분리법

③ 활성탄을 이용한 냉각응축

(3) 농축시스템에 의한 VOC처리

(4) 미생물에의한 VOC처리

2) 소각에 의한 VOC 처리



3) 회수법에 의한 VOC처리

- 회수장치는 수%이상의 상당히 고농도의 경우 냉각응축법과 악분리법의 회수법을 적용
- 활성탄의 흡착력을 이용 상온에서 흡착한 후 고온에서 탈착하여 냉각, 응축하여 회수하는 방식

4) 농축시스템에 의한 VOC처리

- 저농도, 대용량의 VOC배출가스를 소품량으로 농축
- 농축된 가스는 소형연소장치나 회수장치와 조합함으로써 경제적 처리

- 활성탄과 소수성제오라이트의 하니컴상로터를 사용한 하니컴식 농축장치를 대부분 사용한 하니컴식 농축장치를 대부분 사용(농축시 폭발 주의)

5) 미생물에 의한 VOC 처리

박테리아를 사용해서 VOC를 CO_2, H_2O 그리고 광물염으로 처리

3. 국내 특별대책지역에 적용되는 VOC 저감대책

현행 대기환경보전법 에서는 특별대책지역 또는 대기환경규제지역안에서 VOC를 배출하는 시설을 설치하는 자는 VOC 배출을 억제 또는 방조하는 시설을 설치기준에 맞게 설치하고 환경부장관 또는 시 · 도지사에게 신고를 하게 되어있다. 이때 VOC 배출시설과 배출억제 · 방지 시설 설치기준을 다음과 같다.

1) VOC 배출시설

① 석유정제 및 석유화학 제품 제조업(제조, 저장, 출하 시설)
② 저유소(출하시설)
③ 주유소(출하시설)
④ 세탁작업(세탁시설)
⑤ 유기용제 및 도료 제조업(제조, 저장시설)
⑥ 1차금속산업(사용, 저장시설)
⑦ 자동차 제조업(도장, 저장 사용시설)
⑧ 선박 및 구조 금속 제품제조업(사용, 도장, 저장 시설)
⑨ 보관 및 창고업(저장, 출하시설)
⑩ 폐기물, 보관, 처리시설
⑪ 자동차 정비시설(도장시설)
⑫ 기타 제조업 등의 사용시설, 도장시설, 저장시설 등

2) 배출시설별 저감대책(VOC 배출억제 · 방지시설기준)

① 제조시설
- 압축기는 가스켓 등 봉인장치 설치
- 이중 밸브 설치
- 배수장치에는 물통을 이용한 봉인장치(water seal control)를 설치
- 덮개 및 환기배관(open vent pipe) 설치

② 저장시설
- 내부 부상 지붕(Internal Floating roof) 설치
- 외부 부상 지붕(External Floating roof) 설치
- 밀폐 장치 설치 (이중 밀봉 장치 등)
- 덮개와 환기구 설치

③ 출하시설
- 하부적하(Batton Loading) 방식 채택
- 재이용(Vapor recovery system)
- 소각처리(효율 95% 이상)
- 극소배기장치 및 VOC방지시설 설치

④ 세탁시설
- 퍼크로로에틸렌, 트리클로로에탄, 불소계 용제를 사용하는 시설은 밀폐형
- 솔벤트 등 기타 유기용제를 사용하는 시설은 VOC가 외부로 배출되는 것을 억제

⑤ 도장시설
- 유기용제사용억제, 사용도료내 유기용제 함유량 단계적 낮춤
- 극소배기 장치 및 VOC방지시설설치

⑥ 사용시설
- 유기용제 사용억제, 무기용제 사용권장
- 극소박이 장치 및 VOC방지시설설치

? 외부부상형 지붕(External Floating Roof)의 사용목적과 구조를 설명하시오.

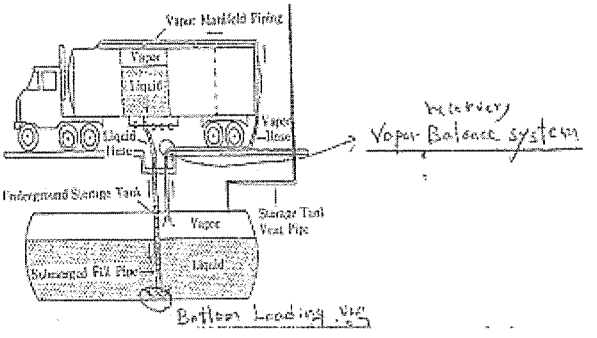
1. 사용목적

외부부상형 지붕(External Floating Roof) 즉, EFR 탱크는 중간 정도의 휘발성을 가지면서 물질의 저장이나 저장할 부피가 클 때 주로 사용되는 탱크로, 액체 표면 위에 부상하는 지붕을 가진 위쪽이 열려 있는(Open-Topped) 실린더형 골조로 되어있다. EFR 탱크에서 VOC 배출에 대한 효과적인 제어는 탱크 골조와 지붕 사이의 밀봉 시스템에 의해 좌우된다.

이는 밀봉 시스템이 저장액체의 외부 대기에의 노출되는 것을 막아주기 때문이다.

EFR 탱크로부터의 VOC의 배출은 저장온도에서 저장 물질의 실제증기압(True Vapor Pressure), 밀봉시스템과 Fitting 커버의 종류와 효율성(이러한 손실을 Standing Loss라 함) 및 탱크 안에서 노출된 액체의 준위(이러한 손실을 Withdrawal Loss라 함) 등에 의존 한다. 증기 공간 변위형과 및 압력형은 석유정제 등의 산업시설 등에는 흔하지 않아 배출방지 기술 등이 잘 발달되어 있지 않다.

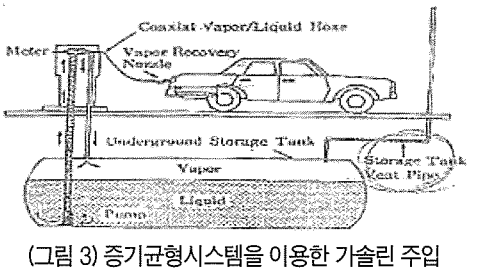
여러 형태의 저장 탱크 중에서 고정형 지붕식 탱크에서의 VOC 배출은 크게 저장손실(또는 Standing Loss)과 작업손실을 들 수 있다. 저장손실은 저장온도(또는 대기온도)와 기압의 변화로 인한 증기의 팽창 때문에 탱크로부터 증기 폭발이 일어난다 결과이며 작업손실은 탱크에 액체를 채우거나 비우는 과정에서 발생하는 손실이다. 따라서 이러한 손실을 막기 위해서 고정형 지붕식보다는 EPR과 같은 부상형을 사용하여 VOC의 배출을 방지할 수 있다.



(그림 2) 주유소에서 증기균형시스템을 이용한 지하 저장탱크로의 가솔린 충전

또 주유소에서 유류 운반 트럭으로부터 지하 저장 탱크로 가솔린을 충전할 때는 저장탱크의 상부로의 충전(Top Loading)보다 (그림 2)에서와 같은 하부로의 충전(Bottom Loading) 방식을 사용하는 것이 좋고, 또 탱크에서 나오는 가솔린 증기를 파이프를 통해 유조 트럭으로 되돌려 보내 외부로의 증기 유출을 막을 수 있는 증기 균형 시스템(Vapor Balance System)을 적용하면 90~98%의 VOC 배출 방지를 달성할 수 있다.

또 자동차에 가솔린을 주입할 때도 (그림 3)과 같은 증기균형시스템을 통해서 자동차 탱크나 저장 탱크에서 나온 증기의 외부로의 배출을 훨씬 줄일 수 있다.

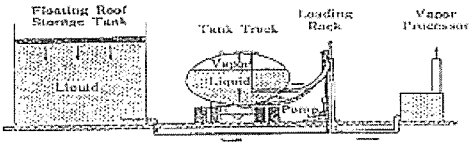


(그림 3) 증기균형시스템을 이용한 가솔린 주입

2. 구조

(그림 4)는 부상형 지붕을 가진 저장 탱크에서 유조 트럭으로 가솔린을 충전할 때, 발생되는 증기를 모아 증기 처리장치로 보내 처리하는 공정을 보여주고 있다. 일반적으로 흡수나 냉각과 같은 증기 회수장치를 이용하면 VOC의 90~98%의 배출방지를 이룰 수 있으며 열산화와 같은 증기 파괴장치를 이용하면 96~99%의 VOC 배출방지를 달성할 수 있다. 실제로 미국에서는 0.5psig 이상의 TVP를 가진 VOC의 저장을 위한 중간 크기(950Barrels (BBL)) 이상의 새로운 저장탱크를 설치할 때는 고정형 지붕식 보다는 EFR과 같은 부상형를 설치하는 것이 요구된다. 뿐만아니라 11.0psig 이상의 TVP를 가진 VOC의 저장을 위해서는 앞에서와 같은 크기의 저장탱크일지라도 증기 회수나 증기파괴와 같은 증기 포획 시설과 배출방지 시설을 설치하여야 한다.

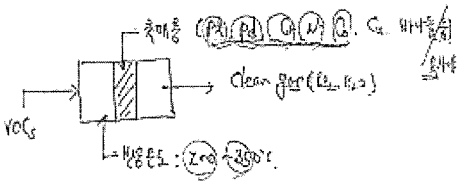
EFR 탱크로부터의 VOC 배출은 가장자리 밀봉(Rim Seal), 지붕 피팅(Roof Fitting) 및 유도된 바람으로부터 발생되는 Standing Loss와 지붕이 낮고 저장 물질이 탱크에 남아 있을 때와 이들이 대기에 노출되었을 때 발생하는 Withdrawal Loss로 나눌 수 있다. 밀봉이 잘 되면 잘 될 수록 Standing Loss가 줄어든다. EFR 탱크에 있는 가장자리 밀봉은 단일 밀봉(또는 1차 밀봉)과 2차 밀봉으로 구성될 수 있다. 1차 밀봉은 저장 액체나 그 위의 증기공간에 설치되며 기계적 밀봉, 탄성 충진물, 그리고 자유롭게 구부릴 수 있는 와이퍼(Flexible Wiper) 등을 포함한다. 2차 밀봉은 주로 탱크 지붕에서 떨어진 가장자리에 설치된다.



(그림 4) 증기회수 및 처리장치를 가진 저장시설 (Bulk Terminal)

? 촉매 소각로(Catalytic Incinerator)에 대하여 기술하시오.

1. 구조



2. 원리

- 촉매에 의하여 비교적 저온(200~350℃)에서 연소하며 VOCs물질을 CO_2 와 H_2O로 산화시킴
- 촉매로는 pt, pd, cu, cr, 바나륨, Ni, Co 등과 옥사이드 계통이 사용되고 있음
- 보통촉매는 단일물질 또는 합금이 사용되

는데 Chromina alumina, 산화코발트, 산화구리, 산화망간 등은 염소화합물을 소각하는데 사용됨.

- 연소반응은 촉매의 표면에서 일어난다.

3. 특징

(1) 장점

- 점화온도가 낮아 연료비가 적게든다.
- 비교적 낮은 온도(200~350℃)에서 조작이 가능하며 NO_4 생성이 적다.
- 단열재가 필요 없다.
- 촉매소각로에서 요구되는 체류시간 즉 공간속도는 열 소각로 보다 훨씬 작다.
- 작은 크기, 용량이 가능하다.

(2) 단점

① 조기비용이 많이 든다.

② 폐가스 특성에 특히 민감하고 폐가스내, 인, 납, 비소, 염소, 청연(Bismuth), 안티몬, 수은, 황 등의 물질에 촉매의 특성이 무력해지는 촉매독(poisoning)현상 발생

③ 폐가스내 입자제거 및 유입가스의 예열 등의 전처리가 필요하다.

(3) 촉매의 특성

① 촉매로는 pt, pb, Cr, Cu, Wi, Co, 바라듐 등의 금속과 옥사이드 계통이 사용된다.

② 촉매의 수명은 2~5인 정도

③ 유해물질(인, 납, 창연(Bismuth), 염소, 수은, 황)과 먼지에 의하여 촉매독(poisoning) 현상과 막힘현상에 의하여 촉매의 성능이 급격히 떨어진다.

④ 촉매의 수명을 연장하기 위한 방법

- 공기나 steam을 촉매층에 통과시킴으로써 촉매에 붙어 있는 미세입자 제거
- 촉매세정 : 촉매소각시 조업온도 이상으로 깨끗한 공기를 가열하여 투입 촉매활성을 저하하는 VOCs를 산화시킴.
- 산이나 염기성 용액으로 촉매 등의 부착물질 제거

4. 설계시 고려사항

(1) VOCs 물질의 화학적 조성과 특성

(2) 유입온도 : 200~350℃

(3) 촉매 특성

(4) 공간속도 : 촉매상(bed) 연소실에 들어오는 가스의 유량 촉매상 연소실 용량으로 나눈 값

[한국산업기술협회 환경연수부]

월간지 구독 문의

· TEL : (02)852-2291

· E-Mail: keef@keef.or.kr