

악취 제거용 Compact한 신설 폐기 세정기 설비 투자비 \$500,000 절감

Q-PAC[®] 사용한 직경 3.7m의 2단식 폐기 세정기 한대가 116,400 m³/h 공기 처리

미국 뉴저지주 Camden시에 있는 Bio 고형물(오니) 처리장의 신설 폐기 세정기는 악취 제거 비용의 절감을 위하여 최신 기술을 채택합니다. 이 시스템은 Lantec사의 공정 설계 지원 하에 Bay Products사가 설계, 시공 및 설치를 하였습니다.

세정수의 재순환을 위한 각각의 Sump들을 가진 두 개의 축매 충전단이 공기로부터 악취를 가진 가스를 제거하기 위하여 하나의 세정탑에 구성된 구조로 설계되었습니다. 하단은 황산을 사용하여 암모니아를 흡수하여 중화시킵니다. 정화된 공기는 하단을 통과하여 상단으로 이동하여 황화수소는 가성소다와 화학 중화되고 차아염소산염에 의하여 무해한 황산염으로 변환됩니다. 각 단들의 사이에 있는 분무 제거기와 밀봉된 수집 Tray는 공기가 통과하는 동안 두 용액들이 섞이는 것을 막습니다. 악취가 없는 공기가 굴뚝을 떠나 대기로 배출됩니다.

2006년 3월, 이 설치 공간을 대폭 절감한 폐기 세정기는 가동을 시작했습니다. 우측 사진에서 보시면 그 플랜트의 여건상 매우 제한적인 가용 공간에 세정탑이 잘 배치된 것을 알 수 있습니다.



이 시스템 운전자 Dan Rourke씨의 보고 :
 “이 시스템은 Bay Product사의 설계의도대로 성능을 발휘하고 있습니다. 문제를 일으킨 적이 없습니다. - 출구 농도를 측정할 때마다 그 결과치는 거의 Zero입니다.”

Compact 설계가 설비비를 절감

신설 폐기 세정기의 설비 투자비가 Lantec사의 Q-PAC[®]을 사용하여 하나의 탑상 구조로 설계됨으로서 대폭 감소되었습니다. 이 충전 축매의 고 유량 소화 능력이 과거의 저 유량 소화능력을 가진 충전 축매를 사용한 통상의 많은 폐기 세정기들보다 대략 2배인 3.08m/Sec.의 속도로 공기가 유동 처리될 수 있게 허용됩니다. 예를 들면, 미국 물 환경 공단의 업무 매뉴얼 25는 전통적인 악취 제거용 폐기 세정기는 공기 유동 속도, 1.78m/Sec.을 기준으로 탑의 크기가 설계되어야 하는 것으로 기술되어 있습니다. 만일 Camden시의 이 폐기 세정기가 그 오래된 기술을 기준으로 설계되었다면 이 세정기는 직경이 4.9m이고 높이가 더 높았어야 합니다.

현대의 반응탑 충전용 축매는, 설계자가 폐기 세정기의 성능을 희생하지 않고, 그 크기를 작게 하여, 설비 투자비가 그 Project에 참여하려고 참가한 경쟁사들의 견적 가격들의 1/3 이하로 감소되도록 하였습니다. Camden시의 이로 인한 설비 투자비 절감은 \$500,000 이상입니다.

설계 기준	
공기 유량	116,400m ³ /h (68,500cfm)
최고 온도	27°C
NH ₃ 최고 농도	38mg/Nm ³ 또는 50ppm
H ₂ S 최고 농도	15mg/Nm ³ 또는 10ppm
반응탑 직경	3658mm (12 ft)
기체 유동 속도	3.1m/s
제 1 단	NH₃의 99% 제거용
세정액	H ₂ SO ₄ 첨가된 물
Sump pH	~ 3.0
재 순환	227 m ³ /h
충진 높이	1524mm (5 ft)
충진 축매	Lantec Product사의 Q-PAC [®]
압손	3.0mbar 또는 1.2 in. WC
제 2 단	H₂S의 99% 제거용
세정액	NaOH와 NaOCl 첨가된 물
Sump pH	~ 9.5, +600mV
재 순환 액체 유량	227 m ³ /h
충진 높이	2134 mm (7 ft)
충진 축매	Lantec Product사의 Q-PAC [®]
압손	4.2mbar 또는 1.7 in. WC

역할을 어떻게 하나?

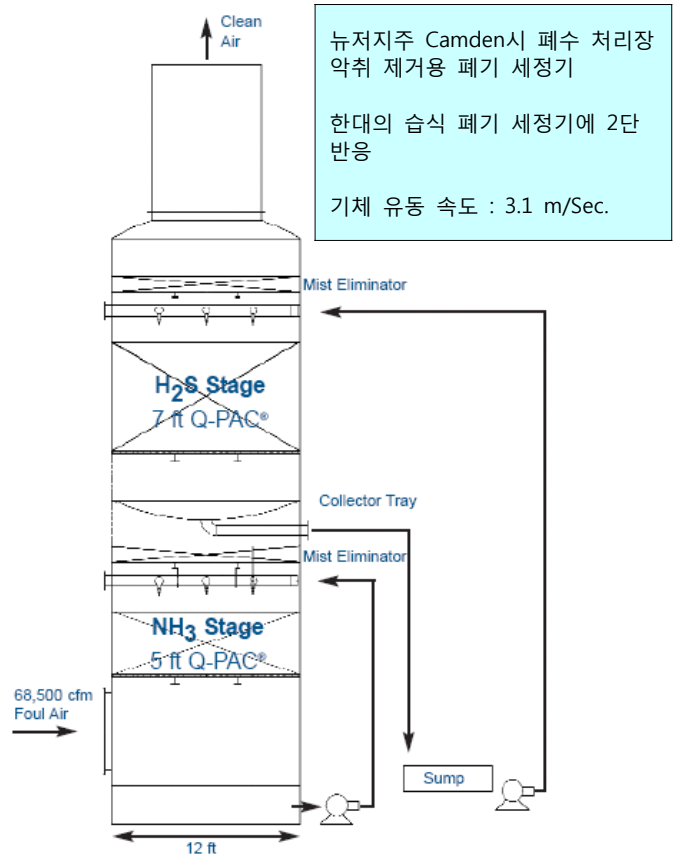
폐기 세정기내에서 암모니아와 황화수소들은 다음 화학 반응들에 의하여 무취의 부산물들로 변환됩니다.

- [1] $2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- [2] $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOH} \leftrightarrow \text{NaHS} + \text{H}_2\text{O}$
- [3] $\text{NaHS} + 4 \text{NaOCl} + \text{NaOH} \rightarrow + 4 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

반응식 [2]는 흡수된 황화수소가 물에 남아 있게 하여서, 황화물의 농도를 더 높여서 반응식 [3]의 반응율을 더 증가시킵니다. 암모니아와 황화수소는 [1] 과 [2] 반응이 급속 산성 반응이므로 수분지 1초 내에 99% 효율로 암모니아와 H_2S 는 흡수될 수 있습니다. 얼마나 빨리 하나의 기저물이 산을 중화시키느냐는 얼마나 빨리 그것들이 섞일 수 있느냐에 달려있습니다 : 서로 접촉하면 즉시 반응합니다. 그러나, 기저물 (NaOH)이 물에 용해되어 있고, 산(H_2S)이 많은 양의 공기 중에서 분산 되어 있는 상태에서 그것들을 많은 에너지를 소비하지 않고 섞는다는 것은, 말은 쉽지만 실행하기는 어렵습니다. 그래서, 반응탑 충전 촉매 기술이 필요하게 됩니다.

Saddle들과 Pall Ring들 같은 과거의 충전 촉매들은 액체와 지나가는 공기간의 접촉을 증진시키기 위하여, 액체를 충전되어 있는 플라스틱 매체들의 표면들 위에 확산시켜 줌으로서 주로 역할을 합니다. 더 많은 표면적을 가진 Saddle이나 Ring은 액체의 추가적인 표면적을 만드는 역할을 하지만, 공기 유동에는 더 많은 장애를 제공한다고 할 수 있습니다. 이 촉매들은 2차원 개념에 기초하고 있다는 사실에 유의 하십시오. 이 촉매들의 표면에 확산된 액체의 박막은 상면만이 역할을 합니다. - 지나가는 기체에 노출된 즉, 액체 상태에서부터 기체상태로 물질 변환(전달)을 지원할 수 있는 표면.

액체의 촉매 표면들과 접한 표면은 지나가는 기체로 물질을 전달하는데 참여하지 않습니다. 그래서, 이 구식 촉매 사용 설계의 주요 결과는 과도한 압손과, 그에 따른 송풍기의 과도한 가격을 피할 뿐만 아니라, 폐기 세정기의 필요 세정 효율을 달성하기 위하여는 전통적으로 낮은 기체 유동 속도를 기준으로 그 크기를 결정해야 되게 합니다.



Q-PAC® 반응탑용 선진 충전 촉매
 미국 특허 등록 #5,458,817
 전 세계 특허들 신청중

Q-PAC®은 이와 다르게 역할을 합니다. 그 가는 격자 구조와 수많은 침상 봉들을 통과하여 흐름은, 물 흐름의 줄기를 작은 물방울들의 소나기로 분산시키고, 그 물방울들의 표면적의 합계는 플라스틱 촉매 본체의 표면적을 훨씬 초과합니다. 공기는 흐름을 막을 수 있는 광폭의 면이 없으므로, 저항을 거의 받지 않고, Q-PAC®을 통과하여 고속으로 흐를 수 있습니다. 난기류 흐름은 액체를 단위 부피당 더 많은 표면적을 갖는 더 작은 방울들로 분산시키는데 도움이 됩니다. 오염 물질을 흡수하는 것은 플라스틱이 아니라, 액체이므로 그 액체의 표면적을 따져야 합니다.

위의 Q-PAC® 사진에서 그 물방울들이 3차원 공간을 채우고 있고, 그 물방울들의 전 표면적들이 지나가는 기체에 반응면으로 제공되고 있는 사실에 유의하십시오. 그러므로, 구식의 전통적인 충전 촉매들보다 Q-PAC®이 훨씬 많은 효율의 물질 전달을 제공합니다. 물질 전달 반응탑 설계의 이 Q-PAC® 개념은 우리가 볼 수 있는 자연 현상과 훨씬 더 일치합니다. 비 온 후 대기가 세정되어 훨씬 더 맑아지는 자연 현상을 아시지 않습니까?

생물학적 대비 화학적 약취 제거 처리

Bay Products사는 생물학적 처리에 의한 약취 제거 설비도 공급하고 있으므로 Camden시의 이 프로젝트에 그 방법도 검토되었었습니다.

생물학적 처리 폐기 세정기 또는 살수 여상기는 H₂S를 먹이로 먹는 자연 발생의 박테리아를 증식합니다. 그 미생물들은 H₂S를 무취의 황산으로 변환시키기 위하여 공기 중의 산소를 사용하고, 유기물 세포 구조를 만들기 위해 CO₂나 용액중의 탄산 화합물 이온을 소비하므로, 이 설비들에서는 전통적인 화학적 처리 폐기 세정기에서와 같이 H₂S를 파괴하기 위한 차아염소산염이나 가성소다가 필요 없습니다. 이런 형태의 자생의 박테리아 수종이 자연에 존재합니다. 그 한 예가 티오바실러스 티오옥시단스입니다. 이 종은 적합하게 설계되고, 운전되는 시스템에서 지속적으로 나타나는 유기 세포의 호흡 결과로 나타나는 산 형성에 기인한, 극심한 산성 상태에서 잘 견디는 것으로 알려져 있어서, 생물학적 처리 약취 제거 시스템들에서는 특별한 관심 대상입니다. 그러나, 생화학적 산화는 느린 처리 공정이므로, 생물학적 처리 폐기 세정기는 미생물들이 거의 모든 H₂S를 소비하도록 충분한 체류 시간을 허용하기 위하여, 화학적 처리 폐기 세정기들보다 낮은 공기 유동 속도 기준으로 그 크기를 정해야만 합니다. 생물학적 처리 약취 제거는 공기가 차가워지면, 또는 H₂S 농도가 일시적으로 매우 낮아서 미생물들이 굶어 죽으면 효과가 떨어지고, H₂S에 대해서와 같이 유기 황화염들 (예, 메틸 메르캅탄)에 대해서도 역할을 하지 않습니다. 그 부산물인 황산은 암모니아를 효율적으로 중화시킬 수도 있으나, 오염된 공기가 암모니아보다 H₂S를 더 많이 함유하고 있을 경우에 한합니다.

일반적으로 생물학적 처리 약취 제거가 유리한 경우

- 공기중 H₂S의 농도가 지속적으로 높음
- 공기 유량이 가라 앉아 작아짐
- 약취가 대부분 H₂S에만 기인

이러한 경우들에서는 대형 바이오 Scrubber의 상대적으로 많은 기초 투자비가 가동용 화학 약품 절약에 의하여 비교적 빨리 상환될 수 있습니다.

반대로, 화학적 처리 폐기 세정기가 유리한 경우

- 큰 공기 유량의 처리
- 악취 유발 기체들의 농도들이 낮음
- 많은 악취가 유기 황화염들 또는 암모니아에 기인

이러한 경우들에서는 화학적 처리 폐기 세정기가 훨씬 Compact하고, 화학 중화제의 소비가 과도하지 않습니다. 처리 효율 시스템이 가끔 가동을 중단하거나, H₂S 농도가 매우 낮아지더라도 감소되지 않습니다. 암모니아 또는 메르캡탄과 디메틸 황화물들에 주로 기인한 악취들은 효율적으로 제거될 수 있습니다.

Camden시 Bio 고형물(오니) 처리 설비의 경우는 큰 공기 처리 유량, 악취 성분의 저 농도, 그리고 NH₃가 주 오염원인 점들이 화학적 폐기 세정기를 최우선적으로 선택하게 했으며, 가동 경험의 이를 입증했습니다.