

황화수소 냄새 제거용 살수 여상기에 HD Q-PAC[®] 사용 성공

간단한 생물학적 공정이 화학품 사용 제거

by Ming Wu, Chemical Engineer, Lantec Products, Inc.

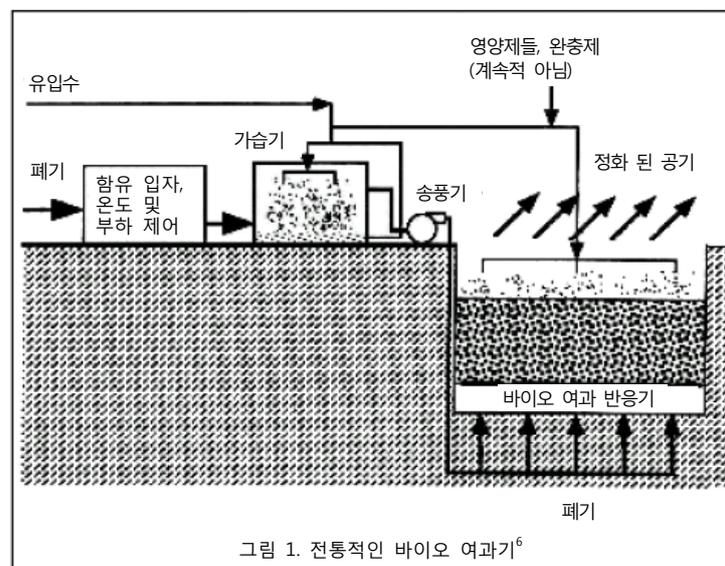
소개

대부분의 폐수 처리장에서 황화수소(H₂S)등의 냄새 배출을 제거하는 것은 하나의 주요한 명제입니다. H₂S 냄새는 가성소다와 염소 또는 차아염소산 나트륨을 사용하여, 습식 폐기 세정기에 의해 매우 낮은 수준으로 감소시킬 수 있습니다. 그러나, 그 화학품의 보관, 계량 그리고, 제어 장치들 모두는 한대의 폐기 세정기의 투자비용을 증가시킵니다. 그 화학품들은 유해하며, H₂S를 처리하기 위하여 필요한 양이 매우 많아서, 폐기 세정기의 가동 비용이 빠르게 증가시킵니다.

그 화학품들의 비용을 제거하는 한 방법이 공기 중의 산소를 사용하여 대부분의 황화수소를 파괴하기 위하여 미생물들을 활용하는 것입니다.

공기 흐름에서 악취나 휘발성 유기 화합물을 제거하기 위하여, 미생물들을 이용하는 것은 새 Idea는 아닙니다. 바이오 여과는 특히, 미국 밖의 지역에서는 여러 해 동안 사용되어 왔습니다.^{1,2} H₂S 악취 제거를 위한 열쇠는 호기성 처리 공정에서 일반적으로 우세하게 성장하는 경쟁적인 미생물들을 배제할 수 있도록, 황화물을 산화시키는 세균들의 성장을 위한 이상적인 서식지를 제공하는 것입니다.

여러 종류들의 미생물들이 황화수소 황화물들을 냄새 없는 황산으로 산화시킬 수 있습니다. 치오바실루스 속의 몇 종류들은 낮은 pH에서 H₂S를 산화시킬 수 있습니다. 특히, 치오바실루스 치오옥시단스 균은 3이하의 pH에서 잘 자라고, 그pH가 1 이하로 떨어질때까지 그 성장이 제약되지 않습니다.³



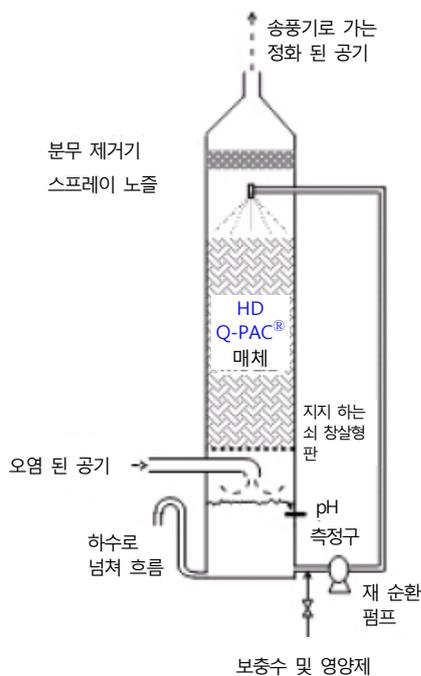
H₂S의 효율적인 제거는 황화물을 산화시키는 미생물들의 대량 증식을 유지하기 위해서 충분한 표면적을 가진 담체를 필요로 합니다.

흙, 토탄, 퇴비와 나무 쪼가리들은 주의 깊은 온도와 습도의 관리가 필요하지만, 유기물 증기들을 제거하는 바이오 여과기들 내에서 역할을 잘 합니다.

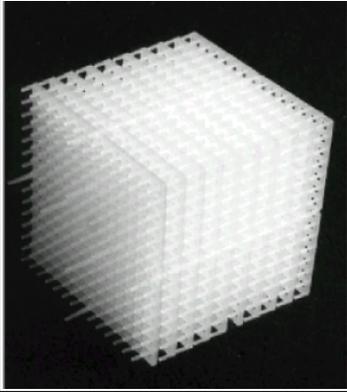
공기가 수증기로 완전히 포화되지 않는다면, 그 매체들의 일부는 건조하여, 그 위에 있는 미생물들을 활성화되지 못하게 합니다. 반면, 습기가 과도하면 그 매체 안에 수분이 축적되어 종국에는 영양제들을 씻겨 없어지게 합니다.

습한 매체의 중량은 과도한 압축 없이 사용될 수 있는 깊이를 제한합니다. 가장 나쁜 것은 황화물의 생물학적 산화에 의해 형성되는 황산이 이러한 매체를 부패시킬 수 있어, 붕괴되는 원인이 된다는 것입니다.

그 결과로, 이러한 매체들을 사용하는 전통적인 바이오 여과기들은 유황 화합물들을 제거하고, 유입 공기 흐름을 습하게 하기 위한 전 처리 단계로 가성소다 폐기 세정기를 자주 필요로 합니다. 공기의 전 처리 또는 주기적인 부패된 매체 교환의 필요를 없애기 위하여, 바이오 여과기들은 다공질 용암석과 같은 내산성이 있는 무기질 지지체들을 사용하여 건조될 수 있습니다. 이러한 것들은, 습도는 무시하고 지속적인 순환수에 의하여 그 매체들이 습한 상태를 유지하게 되므로, 바이오 살수 여상기(Trickling Biofilters, Biotrickling Filters)라고 불려집니다. 그러나, 용암석의 무게가 취급을 어렵게 하고, 고가의 보강된 구조물 없이 설치될 수 있는 충진 단의 깊이가 제한되게 됩니다. 용암석의 충진단을 통과하여 공기를 송풍하는데 필요한 송풍기 동력도 매우 큼니다. 그 결과, 용암석 매체를 사용하는 살수 여상기는 매우 낮은 가스 유동 속도에 맞추어 크기를 결정해야 하고, 매우 큰 설치 면적을 갖게 됩니다.



플라스틱 매체를 이용한 질화하는 살수 여상기들이 H₂S 약취 제거⁴를 위해 사용되어 왔으나, 전통적인 살수 여상기 매체의 제한된 표면적은 단위 부피당 세균들의 증식이 상대적으로 적은 결과를 초래하였습니다. 수분 동안의 공기가 그 냄새와 접촉할 시간이 효과적인 약취 제거를 위해서는 필요합니다. 이러한 막대한 양의 여과 매체들의 비용은 폐수를 질화할 필요가 꼭 있지 않으면, 정당화되기 어렵습니다. 전통적 매체의 그 단점을 극복하기 위하여 Lantec사는 HD Q-PAC[®]으로 알려진 고 밀도의 폴리프로필렌제 담체를 개발했습니다.

물리적 특성들		
	재질	Polypropylene
	정격 표면적	132 ft ² /ft ³
	적하점 수 :	75,000/ft ³
	겉 보기 밀도	7.5 lb/ft ³
	공간율	87.8%
	가장 작은 격자 구조의 공간 크기:	0.16"×0.16"
	표준 모듈 크기	12"×12"×12"
	그림 3. HD Q-PAC [®]	

이 담체는 내산성, 비중이 작은, 취급이 간편한 그리고, 위를 걸어 다닐 수 있을 정도로 견고한 구조체입니다. 그것은 어떤 원하는 깊이(높이)까지, 겹쳐 쌓아 놓을 수 있습니다. 그것은 1ft³당 132ft²의 플라스틱 표면을 제공하나, 공간율이 높아서 미생물 막의 층으로 뒤덮였을 때에도 퇴비나 용암석 매체보다 공기 흐름에 대한 저항이 훨씬 적습니다.

이것이 합리적인 송풍기 필요 동력을 가지고, 높은 단면 통과 공기 유동 속도에서 공기를 처리 할 수 있게 하여서, 살수 여상기들이 더 넓어지기 보다 더 높게 만들어 질 수 있어서, 불비는 처리장의 고가의 설치 공간을 절약할 수 있게 합니다.

시험을 위한 설치

폐수 처리장 양수장 악취 제거

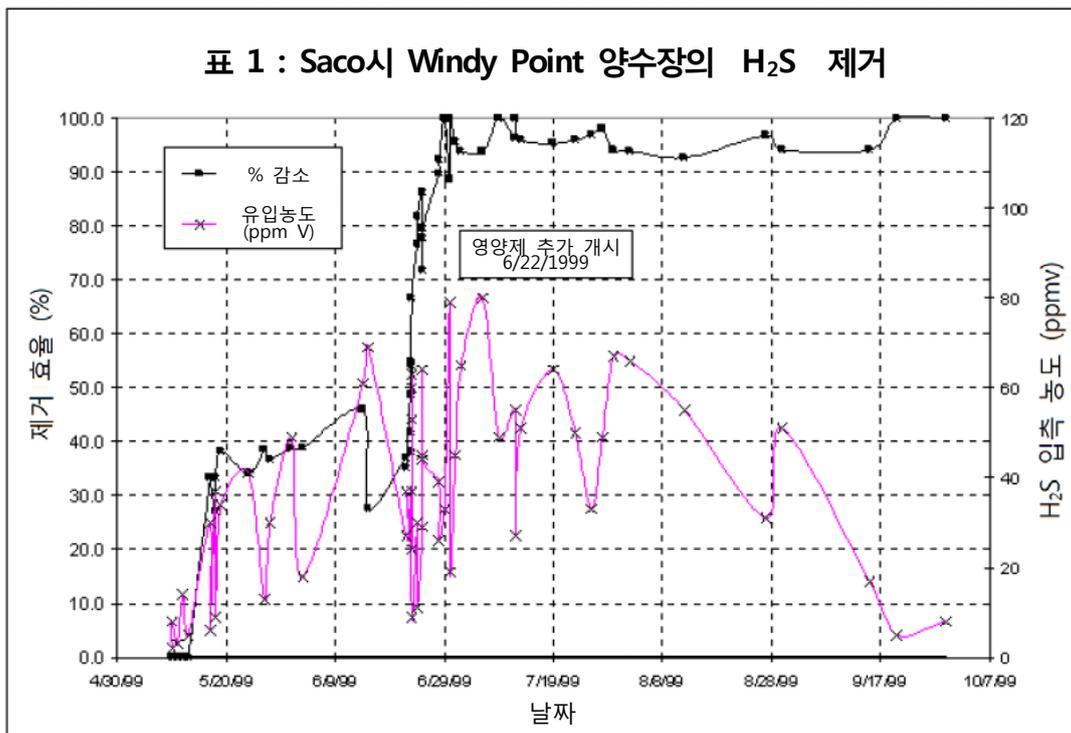
HD Q-PAC[®]이 Saco시에 양수장에 단 하나의 악취 제거 시스템으로서 작은 살수 여상기 안에 사용되었습니다. 그 양수장은 가장 가까운 주택이 20ft 이하에 있는 주거지의 한 가운데에 위치해 있습니다. 그 양수장은 매 여름마다 주민들로부터 악취 민원을 받아왔습니다. 1999년 5월에 여름 수 개월 동안의 높은 H₂S 수준을 감소시키는데 효과적인지 평가하기 위하여 한 대의 바이오 살수 여상기가 설치되었습니다.

20인치의 내경을 가진 두 개의 55갤론의 액체 보관용 드럼들이 서로 용접되어, 바이오 여과기의 외피통으로 사용되었습니다. HD Q-PAC[®]은 그 반응탑안에 그것의 침상 봉들이 수직을 향하도록 설치되었습니다. 그 담체와 그 드럼의 벽들 사이의 공간은 분리된 HD Q-PAC[®]의 조각들로 채워졌습니다.

80~100cfm 용량의 원심형 송풍기가 살수 여상기 내로 공기를 이송했습니다. 오염된 공기는 그 반응조의 하부로 들어가서 미생물 막이 뒤덮힌 담체를 통과하여, 그 상부를 통과 배출됩니다. 그 양수장 공기 중 H₂S의 유입 농도는 1~90ppmv의 범위에 있습니다. 물은 6gpm에서 재 순환 됩니다. 매일 15분 동안 1gpm에서 영양제를 가진 새 물이 보충됩니다. H₂S의 농도는 매일 보정되는 Scott Alert Meter(Model S108)를 사용하여 측정됩니다. 그 바이오 여과기가 1999년 5월 시동 되었을 때, 미생물 막이 그 담체 위에 성장함에 따라 H₂S 제거 효율도 증가하였으나, 그것은 45% 이하에 머물렀습니다. 시장에 있는 잔디용 비료 분산기가 미생물 영양제로서 인산 암모늄과 요소를 추가하기 위하여 보충수 배관에 연결되었습니다. 그 이후 H₂S 제거 효율이 수일 내에 90% 이상으로 제고되었습니다. 그 이후, 그 제거 효율은 같은 날 그 H₂S의 유입 농도가 400%만큼 변화했음에도 불구하고, 지속적으로 90% 이상이었습니다.



그림 4. Saco시의 시험용 살수 여상기



1999년 여름 내내, 관측 사상 최고의 고온에서 그 처리장은 양수장의 악취에 대한 한 건의 민원도 받지 않았습니다.

중양 폐수 처리장

HD Q-PAC®은 캘리포니아주 로스앤젤리스시 Hyperion 처리장에서 배기 중 황화수소를 제거하기 위한 바이오 살수 여상기 내에서 또한 시험되었습니다.

이 시험 여상기는 4.5ft의 내경을 가지고 7ft의 담체로 충전됩니다. HD Q-PAC®이 이 반응탑 내에 침상 봉들이 수평 방향을 향하도록 설치되었습니다. 담체의 각 사각 모듈은 다른 모듈들에 견고하게 겹쳐 쌓여졌고, 그것들 사이에는 빈 공간이 남지 않았습니다. 그 HD Q-PAC®과 원형 탑의 벽 사이의 공간은 작은 조각의 다공질 용암석으로 채워졌습니다.

한 대의 송풍기가 그 바이오 살수 여상기의 하부로 처리되지 않은 공기를 이송합니다. 그 공기는 물이 위에 흘러 내리는 동안 미생물 막으로 뒤덮인 담체를 통과하여, 위로 흐릅니다. 처리된 공기는 그 반응탑의 상부에서 배출됩니다.

그 여상기는 2~2.0ppmv를 함유한 공기 700cfm을 처음에는 처리하기 위하여 사용되었습니다. 물은 10gpm의 유량으로 그 담체 위에 재 순환 공급되었습니다.

그 여상기는 그 처리장으로부터의 2차 배출수를 가지고, 300gal의 Sump를 채움으로서 시동되었고, 그리고 나서 담체 위에 세균들이 서식을 시작할때까지 계속적으로 송풍기와 순환 펌프를 지속적으로 가동하여, 물의 pH가 2.0 이하로 감소하였습니다. 그 후, 20분동안 3gpm씩 2차 배출수를 추가함으로써 산 용액의 일부가 매 4시간마다 흘러넘치도록 만들었습니다.

그 pH의 제어에 추가하여, 360갤론의 매일 추가된 보충수가 미생물막 성장을 위하여 필요한 영양제들을 공급하였습니다. (치오바실루스 치오옥시단스균은 자가 영양체이며, 그것은 대기 중의 CO₂를 탄소의 공급원으로 사용합니다.)

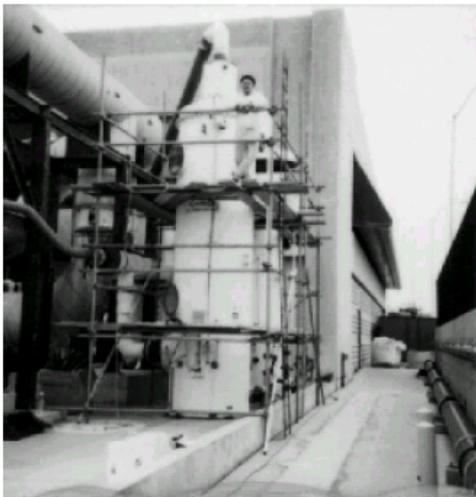


그림 5. Hyperion 처리장 시험 바이오 살수 여상기

공기의 유입측과 출측의 H₂S 농도들은 매일 한대의 Interscan Voltametric 센서로 측정되었습니다. H₂S의 제거 효율은 가동의 처음 며칠 동안은 꾸준히 증가하였고, 10일내에 90%에 도달 하였습니다. 그 이후 제거 효율은 가끔 더 높은 효율이 기록되기도 하지만 항상 90%와 95% 사이에 유지 되었습니다. 시초의 시운전 기간 이래 H₂S 제거 효율은 90% 이하로 전혀 떨어진 적이 없습니다. 이것은 10초 이하의 체류 시간을 가진 한 대의 작은 바이오 살수 여상기 안에서의 현상입니다. 운전 조건들의 최적화를 목표로 하는 연구가 현재 진행 중이며, 다음의 한 보고서로 보고될것입니다. 그러나, 이 시험 바이오 살수 여상기의 수개월간의 지속적인 성능은 HD Q-PAC®과 매우 간단한 장비를 사용하여 치오바실루스균의 성장을 위한 적합한 환경이 유지될 수 있다는 것을 입증 했습니다.

가능한 응용

Hyperion 처리장의 HD Q-PAC[®]을 사용한 바이오 살수 여상기는 현재 전통적인 습식 폐기 세정기에 의하여 처리되고 있는 폐기의 대규모 양들을 전 처리하기 위하여, 큰 규모로 설계하여 응용될 수 있을 것입니다. 차아염소산 나트륨의 전세계의 가장 큰 소비자들 중에 도시 지역의 폐수 처리장들이 있습니다. 대기 중의 산소를 사용하여 H₂S의 90% 또는 그 이상을 제거함으로써, 폐기 세정기용 화학적 산화제의 비용은 연간 수십만 달러씩 절감될 수 있습니다. 기존의 폐기 세정기들은 계속하여 마무리 단계로서, 그리고, 바이오 살수 여상기에 어떤 문제 발생시 그 back-up으로서의 기능을 할 수 있을 것입니다.



그림 5. Hyperion 처리장 시험
바이오 살수 여상기

이 바이오 살수 여상기는 특히, 많은 산재된 위치들에서, 소규모의 공기 흐름을 세정하기 위하여 필요한 화학품들과 설비 투자는 한 양수장이 감당할 수 있더라도, 전통적인 습식 세정기를 운전할 사람이 없는 격리된 양수장이나 기타 설비들에서의 악취 제거를 위해 매우 적합합니다. 이 여상기들은 운전자의 주목과 경비가 배치되지 않은 곳에 유해한 화학품들을 보관할 필요 없이, 자동적으로 가동되기에 충분할 만큼 간단합니다.

많은 개발 도상국들에서는 습식 폐기 세정기들의 기초 투자비와 운전 비용들이 처리장이 견딜 수 있는 예산보다 많습니다. 바이오 살수 여상기의 간편성 그리고, 그것의 비싼 화학품들 없이 가동될 수 있는 능력은 이러한 경우 극히 필요한 대안을 제공합니다.

바이오 살수 여상기들은 VOC 제거용 전통적인 바이오 여과기들의 간단한 전 처리 단계로서 또한 용도를 찾을 지도 모릅니다. 그것들은 공기에 가습할 수 있고, 함유 유황 농도를 크게 감소시킬 수 있어서, 처리 화학품의 필요를 없애면서, 수분을 흡수하는 바이오 여과 매체의 사용 수명을 연장시킬 수 있습니다.

참고 자료

1. Bohn, H., "Soil and compost filters for malodorous gases," J. Air Pollution Control Assoc. 25, p.953 (1975).
2. Ottengraf, S. and Van Den Oever, A., "Kinetics of organic compound removal from waste gases with a biological filter," Biotechnol. Bioeng., 25, p. 3089, (1983)
3. Devinny, J., Deshuesses, M., Webster, T., "Biofiltration for Air Pollution Control," Lewis Publishers, Boca Raton, p. 74, (1999).
4. Lutz, M. and Farmer, G., "Pulling double duty: A Colorado plant's trickling filters treat odor while reducing wastewater nitrogen content," Water Environment Federation Operations Forum, 16 (7), pp.10-17 (1999)
5. Steve Johnson, Hyperion Wastewater Treatment Plant, Los Angeles, California (personal communication)
6. Devinny, J., Deshuesses, M., Webster, T., "Biofiltration for Air Pollution Control," Lewis Publishers, Boca Raton, p. 9, (1999).