

4C1) 중소배출원에서 배출되는 VOCs 회수장치의 운전특성에 관한 연구

A Study on the Operation Characteristic of Recovery System for VOCs on the Small to Middle-sized Pollution Source

이광호 · 정재현 · 나영수 · 안창덕 · 윤영삼¹⁾

세계화학공업(주), ¹⁾국립환경과학원

1. 서 론

환경에 대한 관심이 차츰 높아지면서 환경오염물질에 대한 일반인의 이해도 높아지고 있는 실정이다. 또한 유가의 상승에 따른 VOCs 용제를 사용하는 공정에서 VOCs 용제가 차지하는 비율이 점차 높아지고 있는 실정이라고 할수 있을 것이다. VOCs는 2001년 12월 기준으로 도장산업 분야가 전 배출량의 54.5%를 차지하여 가장 큰 배출원이었으며, 자동차에서 발생하는 비율이 그 뒤를 이어 27.8%를 차지하고 있다. 이러한 VOCs에 의한 환경오염방지와 함께 VOCs의 회수를 위한 가장 이상적인 VOCs 저감을 위한 대기환경보존 기술은 VOCs를 완전 무해한 물질로의 전환후 방출하는 완전산화 시스템과 생산공정 내에서 외계로 방출하지 않고 회수하여 공정에 재투입하는 무방류 시스템이다. VOCs의 흡착 공정에서 VOCs는 흡착제거하여 청정공기만을 배출하도록 하며, 흡착된 VOCs는 PSA(Pressure swing adsorption)와 TSA(Thermal swing adsorption) 공정을 통하여 탈착시켜 소량, 고농도의 VOCs 가스를 발생시킨다. 탈착된 VOCs 가스를 수분만을 흡착하는 선택 흡·탈착공정에 투입하여 VOCs 가스에 포함된 수분을 제거하도록 하고 이렇게 생성된 VOCs를 소량, 고농도의 VOCs 회수에 유리한 응축공정을 사용하여 액상으로 회수하고 미회수된 기상의 VOCs를 재흡착시키는 고효율 저비용의 VOCs흡착-수분선택흡착-압축응축식 hybrid 공정의 기술을 선정하였다. 본 연구에서는 기존 회수장치의 공정개선 및 scale-up을 통하여 중소규모의 발생유량 10-1,000m³/hr, 발생농도 200-5,000ppm의 VOCs 처리를 목표로 하고, VOCs 흡탈착 공정에 사용되는 흡착탑은 기본적으로 2개 이상 배열하여 흡착과 탈착을 PSA와 TSA공정을 이용하여 연속적으로 운전하며, 탈착 시 사용되는 세정가스는 흡착탑에서 생성된 청정공기의 일부를 사용하여 VOCs를 탈착시킴으로써 소량의 고농도 VOCs 가스를 생성시킨다. 탈착 시 발생된 VOCs는 소량의 고농도 회수에 유리한 응축공정을 사용하여 VOCs가스를 액화시켜 회수하며, 응축되지 않은 기상부는 다시 흡착탑으로 보내어 VOCs를 흡착제거함으로써 저비용, 고효율의 hybrid 공정을 개발하고자 한다.

2. 연구 방법

본 실험은 VOCs흡착-수분선택흡착-압축응축식 hybrid 공정의 연속운전 시 회수되는 아세톤의 수분 함량 및 회수율의 변화 그리고 최종배출구의 아세톤 농도의 변화에 대해 연구하였으며 그에 대한 실험 방법은 다음과 같다. VOCs 흡착탑의 흡착 시에는 cooling tower에서 냉각된 물을 순환시켜 25-30℃ 수 준을 유지시켜 주었으며 탈착시에는 스팀보일러를 이용하여 스팀을 공급하여 120-130℃로 설정하였다. VOCs 흡착탑은 사각반응기(2inch×2inch, 높이 160cm의 흡착관 121개)를 사용하였다. 수분흡착탑의 경우에는 흡착 시에 VOCs 흡착탑에서 탈착된 아세톤이 응축되지 않게 하기 위하여 온수를 순환시켜 50-60℃로 유지시켰으며, 탈착 시에는 VOCs 흡착탑과 동일한 조건을 유지하였다. 수분흡착탑은 원형반응기(직경 2inch, 높이 100cm의 흡착관 31개)를 사용하였다. 아세톤 함유 오염공기 유입유량은 약 16,500 L/min로 하였다. 아세톤의 투입량은 시간당 약 24kg 수준이었으며, 링블로워를 통과시켜 휘발시킨 후에 투입되었다. 대기 중의 수분농도는 약 9-12g/m³이었다. 수분흡착탑에는 ADZ500를 충전하였고 충전량은 약 45kg이었으며 VOCs타워에는 흡착제 ADC70C를 충전하였으며 충전량은 약 150kg이었다. WA, WB

의 두 개의 수분흡착탑과 VA, VB의 2개의 VOCs흡착탑을 이용하여 60분 간격으로 흡착과 탈착이 교차되어 가동하는 연속방식으로 실험을 실시하였다. 본 실험에서는 hybrid공정에서 회수되는 VOCs의 수분함량의 변화 및 회수율을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다. KF 수분측정기를 이용하여 회수된 VOCs에 함유된 수분의 농도를 측정하였으며, 배출구 농도는 VX500 VOC측정기를 이용하여 측정되었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 전환회수에 따른 아세톤의 탈착량을 나타낸 것이다. 아세톤의 탈착량은 23~26kg 수준으로 분포하고 있으며, 회수율은 주입량 대 탈착량의 비로 계산하였으며, 그림 2에 나타난 것처럼 아세톤의 회수율은 평균적으로 약 99.3% 정도였다. 아세톤의 회수율이 100%를 초과하는 것은 이전의 흡착된 아세톤이 후의 탈착과정에서 탈착이 이루어져 주입량보다 많은 양이 탈착되는 경우가 자주 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 3은 아세톤의 수분함량을 나타낸 것이다. 초기에는 수분함량이 높게 나타났으나, 전환회수가 증가함에 따라 안정화되어 평균적으로 약 0.43% 정도로 나타났다. 원료로 사용되는 공업용 아세톤의 수분함량이 0.2~0.7%까지 분포되어 있는 것으로 판단해 볼 때 수분의 함량은 원료 물질 수준에 가까운 것으로 판단된다. 초기의 수분함량이 높게 나타나는 것은 앞선 실험에서 VOCs 흡착체에 흡착된 수분이 탈착되었기 때문이라 생각된다. 그림 4는 VOCs 흡착탑에서 배출되는 아세톤의 농도를 나타낸 것이다. 아세톤의 배출구 농도는 1 Cycle동안 배출되는 배출농도를 측정하여 평균값을 나타내었으며, 평균적으로 약 106ppm 정도로 나타났다.

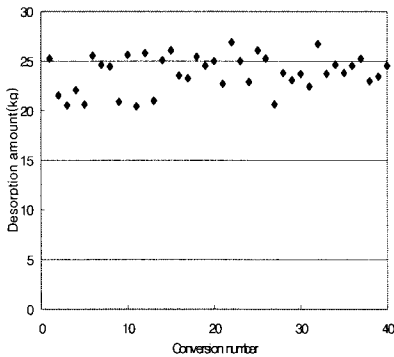


Fig. 1. The change of desorption amount.

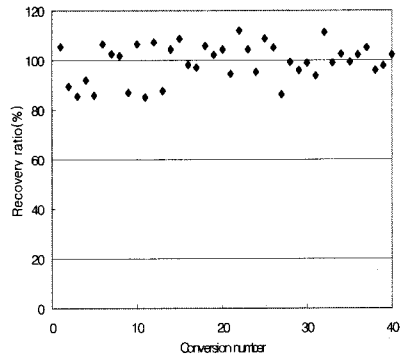


Fig. 2. The change of recovery ratio.

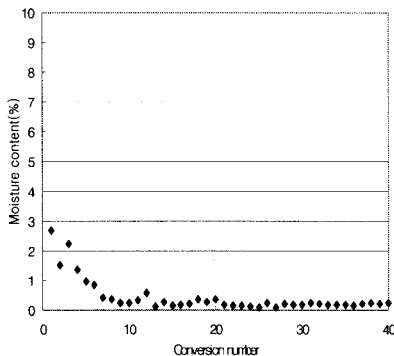


Fig. 3. The change of moisture content.

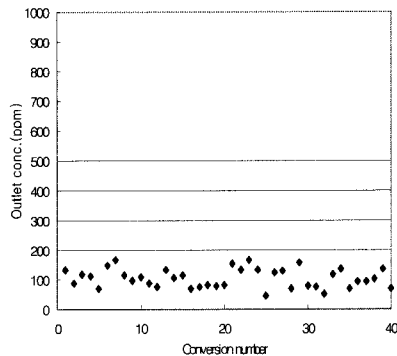


Fig. 4. The change of outlet concentration.

참 고 문 헌

- Barrer, R.M. (1972) Intracrystalline Diffusion, Adv. Chem., 102, 1.
- Barrer, R.M. and J.A. Barrie (1952) Sorption and Surface Diffusion in Porous Class. Proc. Royal Soc. London, A213, 250.
- Carberry, J.J. (1960) A Bounday-Layer Model of Fluid-Particle Mass Transfer in Fixed Beds, AIChE J., 6, 460.