

PA2) ADZ500 흡착제에 의한 아세톤 증기 중 수분의 선택흡착에 관한 연구

나영수, 윤영삼¹, 정재현, 이광호, 안창덕
세계화학공업(주), ¹국립환경과학원

1. 서 론

휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds : VOCs)은 오존층 파괴 등 광화학 산화제로 대기오염과 공단지역에서의 건강피해 등이 가시화됨에 따라 대기오염물질로서 관심이 증대되고 있다. 탄화수소를 총칭하는 VOCs는 종류가 무수히 많고 다양하여 여러 형태로 환경에 영향을 미친다. 1960년대에 미국 캘리포니아를 중심으로 유기용제의 VOCs규제가 세계최초로 시작된 이래 미국과 유럽에서는 VOCs 배출방지를 위한 대책 및 방지기술 개발에 노력해오고 있다. 가까운 일본에서도 재방조례로 1970년대부터 악취물질과 함께 VOCs배출을 관리해오고 있다. 우리나라는 1995년 12월 개정된 대기환경보전법에 VOCs의 규제 규정을 신설하여 1999년 1월 1일부터 주요 배출 시설별로 단계적으로 VOCs에 대한 관리 및 규제를 강화하고 있는 실정이다. 그러나 실제규제관리를 이행하는데 있어 국내의 관련연구와 기술수준이 미비하고 사업장 적용의 경험이 부족하여 주어진 기한 내에 배출시설의 환경규제 기준을 만족하면서 사업장의 경제적 부담을 가능한 최소화하는 기술의 선택에는 어려움이 따르고 있다. 현재 국내사업장에 적용되고 있는 VOCs 방지기술은 대부분 선진외국의 기술이 그대로 수입되거나 외국의 방지기술업체와 기술제휴하고 있는 상황으로 사업장에서는 적절한 기술의 선택 및 적용방법에 대해 고심하고 있는 실정이다.

각종 산업분야에서 발생하는 VOCs는 각각의 발생원에 따라 농도, 조성 및 가스량, 온도 등의 조건이 크게 다르다. VOCs를 경제적이고 효율적으로 제어하기 위해서는 각각의 조건 및 처리목적에 따라 처리방식과 적절한 방지기술의 선정이 선행되어야 한다. VOCs 방지기술은 파괴 및 회수기술로 크게 분류되며 VOCs의 파괴에는 산화 또는 소각인 연소기술이 이용되는데 복열, 재생, 열 회수장치를 포함한 열 산화법과 촉매산화법이 이 기술에 해당된다. VOCs를 최종처리하기 전에 포집하기 위한 회수기술에는 흡착, 흡수, 응축 등이 포함되며 이 외에도 생물학적 처리법이나 각종 신기술을 이용한 방지기술이 최근에 개발되어 활용되고 있다. 이 중에서 소각처리방법이 가장 많이 이용되고 있으나, 연료비부담 및 폐가스 처리 등의 2차적 문제가 발생되기 때문에 대기오염방지는 물론 자원의 재활용 측면에서 볼 때 흡착·응축 공정을 통한 유기용제의 회수기술이 VOCs 처리의 바람직한 방향이다.

따라서 본 연구에서는 회수된 VOCs의 순도를 좌우하는 회수된 유기용제 내의 수분을 근원적으로 방지하기 위해 VOCs 회수탑 전단에 ADZ500 흡착제가 충전된 수분제거탑을 설치하여 수분선택흡착-VOCs흡착-압축응축식 hybrid 공정을 통해 회수된 VOCs의 순도를 원료물질 수준으로 유지할 수 있도록 하였다.

2. 재료 및 실험 방법

본 연구의 실험 절차는 Fig. 1에 도시된 반응장치를 이용하여, 수분 및 VOCs 흡착탑의 온도의 경우 흡착 시에는 냉각기를 이용하여 냉각수를 순환시켜 20°C 수준을 유지시켜 주었으며 탈착시에는 스팀보일러를 이용하여 스팀을 공급하여 150°C로 설정하였다. 직경 2inch, 높이 50cm의 원형반응기 4개를 사용하였으며 VOCs 함유 오염공기 유입유량은 60 L/min로 하였다. 수분의 선택흡착을 조사하기 위하여 아세톤과 수분을 9:1로 혼합하여 투입하였으며, 수분흡착탑을 통과시켜 아세톤과 수분을 분리한 후 VOCs 흡착탑으로 수분이 제거된 순수 VOCs 개스를 유입시켰다. 수분과 혼합된 아세톤의 투입량은 시간당 약 65g 수준이었으며, 고온의 흡입펌프를 통과시켜 휘발시킨 후에 투입하였으며, 대기 중의 수분농도는 약 4~4.5g/m³ 이었다. 수분흡착탑에는 ADZ500를 충전하였고 충전량은 약 800g 이었으며 VOCs 흡착탑의 경우 흡착제 ADC70C를 충전하였으며 충전량은 약 600g이었다. WA, WB의 두 개의 수분흡착탑과 VA, VB의 2개의 VOCs 흡착탑을 이용하여 교차되어 가동하는 연속방식으로 60분 간격으로 흡착과 탈착이 진행 되도록 실험을 실시하였다. 본 실험에서는 hybrid공정에서 회수되는 VOCs의 수분함량의 변화를 알아보기 위하여 KF 수분측정기를 이용하여 회수된 VOCs에 함유된 수분의 농도를 측정하였다.

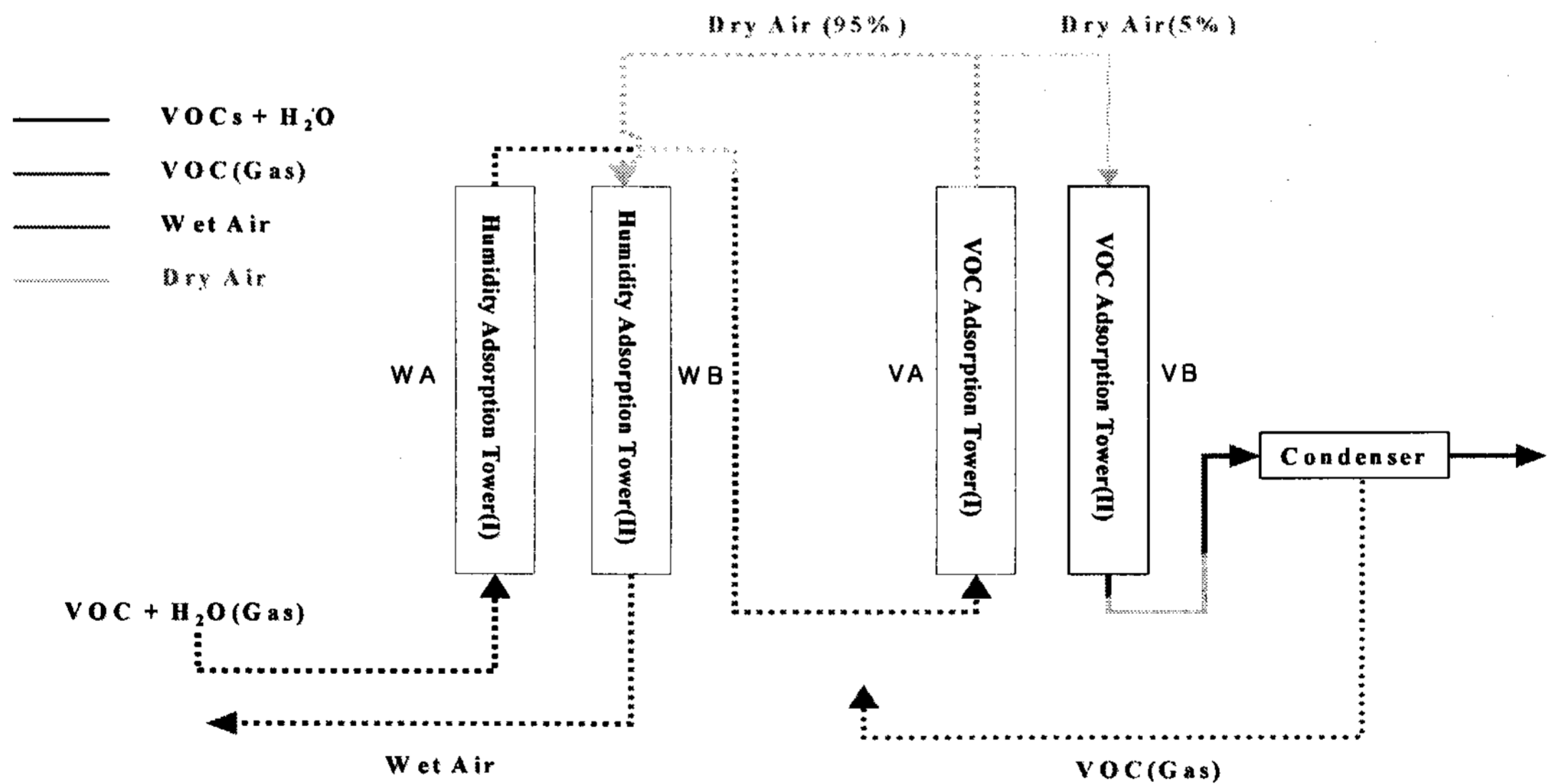


Fig. 1. Schematic diagram of HVRS recovery system

3. 결과 및 고찰

Fig. 2에 아세톤의 회수율의 변화를 나타낸 것으로, 회수율은 주입량과 탈착량의 비로서 결정하였다. 평균 회수율은 아세톤만 주입하였을 경우에 92%였으며 acetone에 수분을 10% 혼합하여 주입하였을 경우에는 평균회수율이 89%를 나타내었다. 아세톤만을 단독으로 주입하였을 경우보다 아세톤에 수분을 10% 혼합하여 주입하였을 경우 회수율이 다소 감소하는 결과를 나타냈지만, 회수율 차는 2~3%로 미미하였다. 이는 과량의 수분이 혼입되더라도 수

분흡착탑에서 수분을 우수한 성능으로 제거가능 하므로, VOCs 흡착탑의 흡착성능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Fig. 3 은 회수된 VOCs의 수분함량을 나타낸 것으로 아세톤만을 주입하였을 경우 수분 농도는 평균 0.48%로 나타났으며, 아세톤과 10%수분을 혼합하여 주입하였을 경우에는 평균 0.44%로 나타났다. 10%의 수분을 혼합하여 주입한 경우 아세톤만 단독으로 주입한 경우에 비해 회수된 아세톤내의 수분농도가 낮은 것으로 나타났다. 또한 본 실험에 사용된 아세톤 원액에 함유된 수분 농도가 0.57%로 측정되었는데, 주입된 아세톤 원액보다 회수된 아세톤에 함유된 수분농도가 더 낮게 나타났다. 이는 수분흡착탑에서 사용된 ADZ500 흡착제의 수분 선택 흡착능이 대단히 우수한 것을 알 수 있었다.

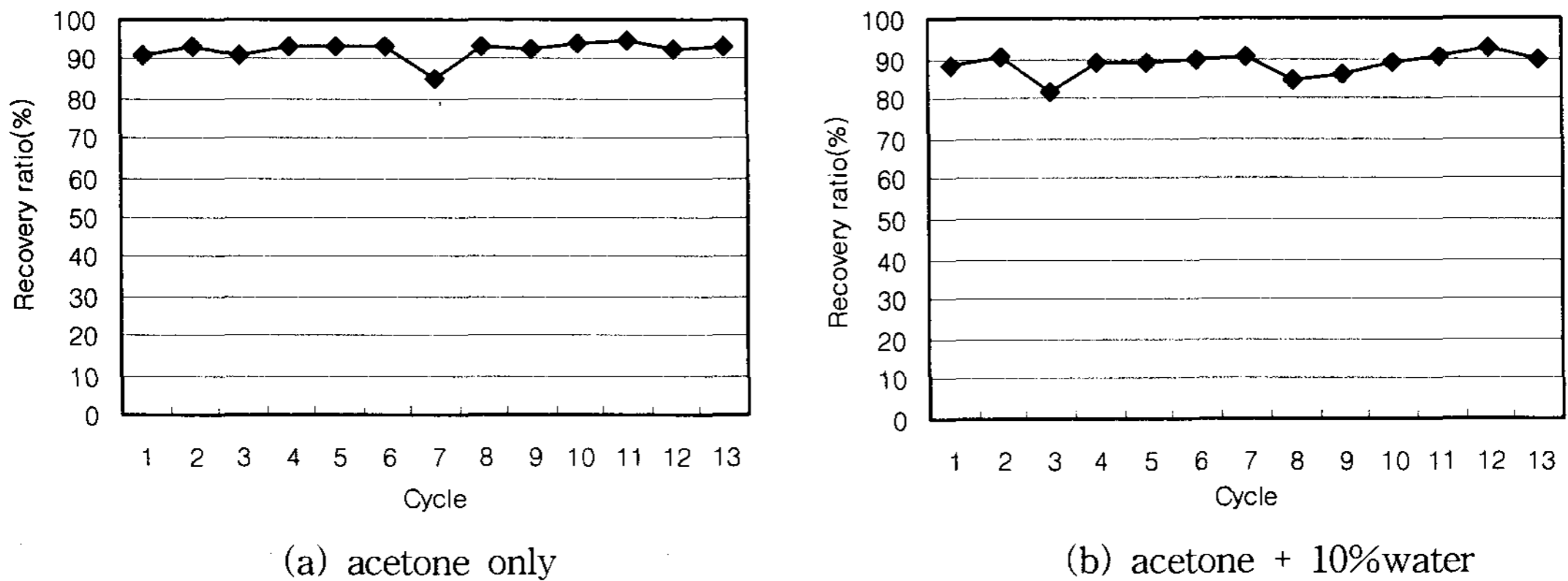


Fig. 2. The changes of recovery ratio according to reactor rotation cycles

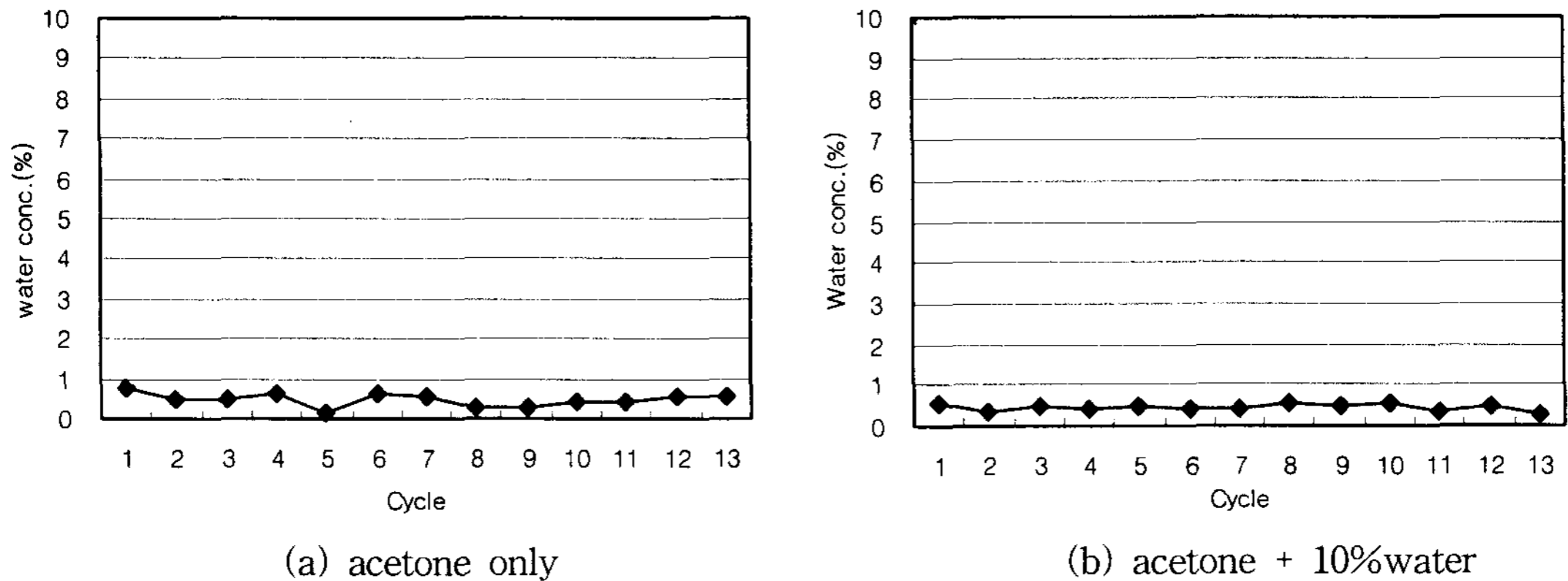


Fig. 3. The changes of water concentration according to reactor rotation cycles

4. 요약

수분선택흡착-VOCs흡착-압축응축식 hybrid 공정에서 수분의 선택분리가 가능한 흡착제를 선정하였다. 또한 수분흡착탑에서 미리 수분을 제거하여 VOCs의 흡착효율을 높임으로써 배출환경기준을 만족시키고 수분 혼합성 VOCs와 수분 비혼합성 VOCs 회수가 가능한

공정 운영이 가능함을 알 수 있었고, 회수된 VOCs를 곧바로 생산 공정에 재투입할 수 있는 원료물질 수준으로 회수가 가능하였다.

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 Glass, *Proc. Royal Soc. London*, A213, p250.
- Carberry, J. J., 1960, A Boundary-Layer Model of Fluid-Particle Mass Transfer in Fixed Beds, *AIChE J.*, 6, p460.
- Doetsh, I. H., et al., 1974, Sorption and Diffusion of n-Heptane in 5A Zeolite, *Can. J. Chem.*, 52, p2727.
- Eagan, J. D., and R. B., 1975, Anderson, "Kinetics and Equilibrium of Adsorption on 4A Zeolite, *J. Colloid Interface Sci.*, 50, No. 3, p419.
- Eberly, P. E., Jr., 1969, Diffusion Studies in Zeolites and Related Solids by Gas Chromatographic Techniques, *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, 8, No. 1, p25.