

COD 및 N 제거를 위한 에탄올아민의 응축 및 흡착특성 연구

김종영*, 정은선*, 구희권*, 이인형*, 박병기*

*순천향대학교 에너지환경공학과

e-mail : humking2@sch.ac.kr

A Study on Condensation and Adsorption Characteristics of Ethanolamine for Removal COD and N

Jong-Young Kim*, Eun-Sun Jeong*, Hee-Kwon Ku*

In-Hyoung Rhee*, Byung-Gi Park*

*Department of Energy & Environment Engineering, Soonchunhyang University

요 약

에탄올아민 (ETA; Ethanolamine)은 에틸렌옥시드를 진한 암모니아수와 함께 가열하여 얻어지는 물질로 흡수성이 있는 무색의 액체 또는 고체이며 탄소, 질소, 산소로 이루어진 매우 안정된 유기화합물이다. 이러한 ETA는 부식방지제, 산성가스 흡수제, 화장품 등 각종 산업에서 매우 유용하게 사용되는 물질이다. 하지만 ETA는 눈, 피부, 호흡기, 폐 등에 접촉하여 호흡기 질환 및 만성 천식을 유발하고 피부에 자극을 일으키므로 ETA를 제거하기 위한 물리화학적 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 냉각온도 및 진공펌프압력에 따른 ETA 응축 특성과, 흡착제에 따른 ETA 흡착특성을 조사하였다. 조사결과 ETA는 냉각수의 온도 및 진공펌프압력에 영향을 받았으며 냉각수 온도 및 진공펌프압력이 증가할수록 응축율은 감소하였다. ETA 흡착에서 활성탄의 경우 액상의 ETA와 상호간에 흡착력은 존재하지 않았으며, 기상의 ETA는 흡착되지만, 100°C 이상에서 탈착 반응이 일어났다. 제올라이트의 경우 액상 및 기상의 ETA를 모두 흡착하였다.

1. 서론

ETA는 흡수성과 약염기성의 성질을 가지고 있으며, 철 등의 산화물 용해도를 증가시켜 증기 발생기 내부에 슬러지 침적을 억제 하는 부식방지제, 정유공장에서는 CO₂나 H₂S의 제거에 사용되는 흡수제, 산성가스를 잘 흡수하지만 온도를 높이면 쉽게 가스를 방출하는 성질이 있어 가스제조나 취급하는 공장에서 대량 사용된다. 그 외에도 유연제나 가스제 등으로 석유공업에 사용되거나 화장품, 약물 등에 대한 중간 생성물로 사용된다.

하지만 ETA는 눈, 피부, 호흡기, 폐 등에 접촉하여 호흡기 질환 및 만성 천식을 유발하고 피부에 자극을 일으킬 수 있다. 또한 피부 흡수를 통하여 전신독성을 나타낼 수 있으므로 ETA를 효과적으로 제거하기 위한 물리화학적 연구가 필요하다.

본 연구에서는 냉각온도 및 진공압력에 따른 ETA 응축 특성과, 흡착제에 따른 ETA 흡착특성을 조사하였다.

[표. 1] ETA의 물리화학적 성질

	Water	ETA
molecular formula	H ₂ O	C ₂ H ₇ NO
molecular weight (g)	18.01	61.08
melting point (°C)	0	10.5
boiling point (°C)	100	170
vapor pressure (20°C)	17.5	0.20
pKa	14	9.496

2. 이론

2.1 응축

응축이란 기체의 온도를 일정 압력에서 임계온도 이하로 냉각시키거나 일정 온도에서 물질의 포화증기압 이상의 압력을 가했을 때 기체에서 액체로 상의 변화가 일어나는 것을 말한다. 이때 임계온도란 기체상에서 액체상으로 상전이가 이루어지는 온도로 열역학적으로 온도와 압력, 부피 등을 변화시켜도 상태변화가 일어나지 않는 온도를 말한다.

2.2 흡착

흡착이란 고체 등의 계면에 기체 혹은 액체 혼합물 중 목적 성분들이 고체 흡착제의 표면으로 전달되는 공정을 말한다. 흡착은 물리적 흡착과 화학적 흡착이 있으며 다음 표. 2에 나타내었다.

[표. 2] 물리적 흡착과 화학적 흡착의 비교

구분	물리적 흡착	화학적 흡착
결합	Van der waals 인력의 약한결합	강한 이온결합 또는 공유결합
흡착속도	빠름	느림
가역성	항상 가역적	거의 비가역적
온도의존성	온도가 높을수록 흡착량 감소	온도 상승에 따라 흡착량 증가하다가 감소

2.3 흡착제

분자가 부착할 수 있도록 표면을 제공하는 물질을 흡착제라고 하고, 표면에 부착되는 분자를 피흡착제(흡착질)라하며, 흡착제인 활성탄과 제올라이트의 물성을 표. 3에 나타내었다.

[표. 3] 활성탄과 제올라이트의 물성

	활성탄	제올라이트
진밀도(g/cm^3)	1.9 ~ 2.2	2.0 ~ 2.5
겉보기밀도(g/cm^3)	0.7 ~ 1.0	0.9 ~ 1.3
비열($cal/g^{\circ}C$)	0.25	0.19
열전도도($kcal/mh^{\circ}C$)	0.17	0.042

3. 실험

3.1 ETA의 응축특성 실험 방법

ETA의 응축특성을 알아보기 위해 가열장치에 ETA용액을 주입한 후 가열온도를 120°C로 설정한다. 이때 냉각수의 온도는 5~20°C, 진공펌프의 압력은 550, 650mmHg로 변화시키면서 ETA 기체를 응축하였으며, 이때 응축된 시료를 10분마다 채취,

conductivity ($10^{-4}m^2 \cdot S/mol$)	0.055	47.2
--	-------	------

IC(Ion Chromatograph)로 농도를 분석하였다.

3.2 ETA의 흡착특성 실험 방법

3.2.1 ETA 평형흡착 실험방법

ETA 평형흡착 실험은 활성탄과 제올라이트를 이용하여 액상 ETA 흡착량을 알아보기 위한 실험으로 ETA를 50~250ppm 제조한 후 활성탄과 제올라이트를 각각 1g씩 넣은 PE병에 ETA용액 250ml를 주입한 후 각각의 시료를 25, 50°C에서 6시간 동안 침지시켰다. 이때 30분마다 시료를 채취, IC를 이용하여 ETA농도를 분석하였다.

3.2.2 ETA 동적흡착 실험방법

ETA 동적흡착 실험은 온도변화에 따른 ETA기체의 흡착능력을 알아보기 위한 실험이다. 흡착탑에 각각 활성탄과 제올라이트를 충전한 후 가열부에서 ETA용액을 80, 120, 170°C에서 증발시켰다. 여기서 증발된 물과 ETA기체는 흡착탑을 통과한 후 냉각장치를 통해 응축되었으며, 응축된 시료를 10분마다 채취, IC를 이용하여 ETA 농도를 분석하고 흡착율을 결정하였다.



[그림 1] 흡 탈착 실험장치

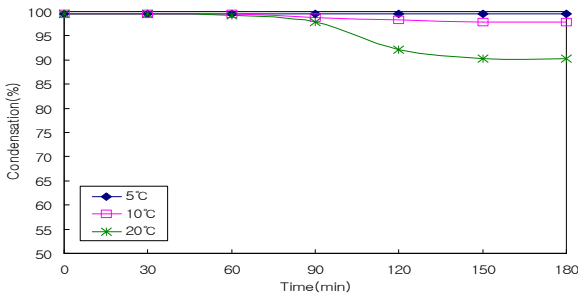
4. 결과

4.1 ETA 응축특성

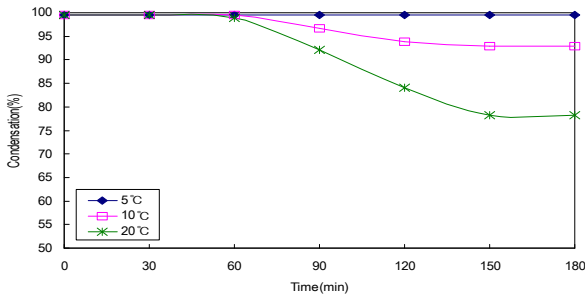
냉각수 온도 및 진공펌프압력이 응축특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 ETA 농도1000ppm, 가열부 온도 120°C, 진공펌프압력을 550, 650mmHg, 냉각수 온도 5, 10, 20°C의 조건으로 실험하였다. 이때

가열부 플라스크에 주입된 ETA 수용액의 양은 1L이었다.

그림. 1은 가열부 온도가 120℃일 때 냉각수 온도 변화 시 시간에 따른 ETA 응축량으로 냉각수의 온도는 5, 10, 20℃로 하였다. 이때 진공펌프압력은 550, 650mmHg이었다. 냉각수 온도가 5℃에서 10℃, 10℃에서 20℃로 온도가 증가함에 따라 응축량은 약 10%이상 씩 감소하였으며, 진공펌프압력에 따라 응축량도 감소하였다.



(a) 진공펌프압력 550mmHg



(b) 진공펌프압력 650mmHg

[그림. 1] ETA 1000ppm, 가열부 120℃일 때 냉각수 온도와 압력 변화시 시간에 따른 ETA 응축량

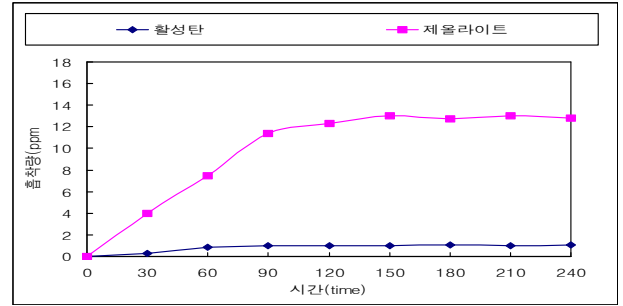
4.2 ETA 흡착특성

ETA의 평형 흡착특성을 파악하기 위해 25, 50℃에서 ETA 농도를 50, 100, 150, 200, 250ppm으로 하여 평형흡착 실험을 하였다. 이때 흡착제는 활성탄 및 제올라이트를 사용하였다.

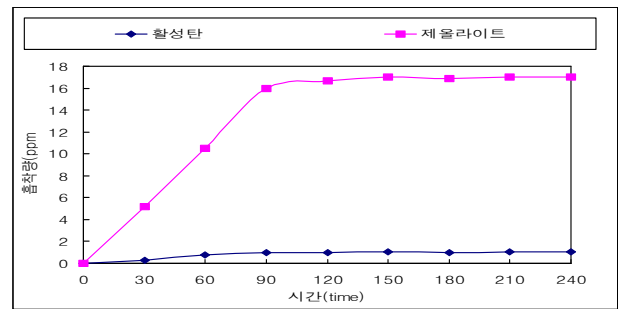
그림. 2는 온도에 따른 활성탄 및 제올라이트의 평형흡착을 나타낸 것이다. 25℃에서 ETA 흡착량은 활성탄일 때 약 1.5ppm, 제올라이트일 때 약 13ppm이었고 50℃에서 활성탄은 약 1.5ppm, 제올라이트는 17ppm이었다.

ETA의 동적 흡착 및 탈착 특성을 파악하기 위해 ETA 수용액을 80, 120, 170℃에서 가열, 기화된 물 및 ETA 기체를 흡착탑에 통과시켰으며 이때 ETA수용액 농도는 1000ppm, 흡착제는 활성탄과 제

올라이트를 사용하였다.

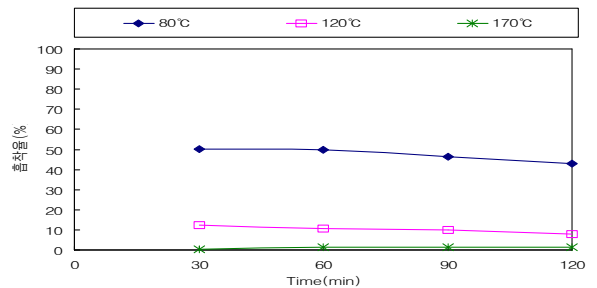


(a) 25℃에서 활성탄 및 제올라이트의 ETA 흡착량

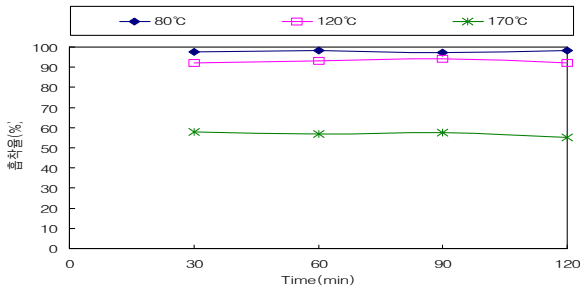


(a) 50℃에서 활성탄 및 제올라이트의 ETA 흡착량
[그림. 2] 온도에 따른 활성탄 및 제올라이트의 평형흡착

그림. 3은 온도에 따른 활성탄 및 제올라이트의 흡착율을 나타낸 것이다. 시간에 따른 활성탄의 ETA 흡착율은 80℃에서 30·60min일 때 약 50%였고 시간이 지날수록 흡착율이 줄어들어 120min에서는 약 43%였다. 120℃에서는 30min일 때 흡착율은 약 12%, 120min에서는 흡착율이 약 8%로 감소하였으며, 170℃에서 흡착율은 약 1%로 ETA를 거의 흡착하지 못하였다. 제올라이트 경우 시간에 따른 ETA 흡착율은 80℃에서 약 98%, 120℃에서 약 94%, 170℃에서 약 57%로, 시간이 경과하여도 흡착율의 변화는 거의 없었다. 또한 활성탄의 경우 100℃이상에서는 흡착된 ETA가 탈착되지만 제올라이트의 경우 170℃에서 탈착되었다.



(a) 활성탄



(b) 제올라이트

[그림 3] 온도에 따른 활성탄 및 제올라이트의 동적흡착

를 위한 흡착공정, 지구문화사, 1993

[6] 처의제, 이수경, 하동명, 최신 일반화학과 유기물
질론, 의제, 1998

5. 결론

본 연구에서는 ETA를 제거하기 위해 ETA응축 특성 및 흡착특성을 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 냉각온도 및 진공펌프압력이 증가함에 따라 응축량은 감소한다.
2. 냉각온도가 5°C이하에서는 증발한 ETA가 진공펌프압력에 관계없이 전량 회수 할 수 있었으나, 10°C 이상에서는 응축량이 감소한다. 또한 진공펌프압력이 증가할수록 회수율이 낮아진다.
3. 흡착제의 종류에 따라 액상 및 기상 ETA의 흡착특성은 변한다.
4. 활성탄의 경우 액상에서 비극성 작용기를 가지므로 액상의 ETA를 흡착하지 못하고 기상에서는 ETA를 흡착하지만 100°C 이상에서 탈착 반응이 일어난다.
5. 제올라이트의 경우 액상에서 부의 전하를 띄므로 이온교환 현상에 의해 ETA를 흡착하고, 동적흡착의 경우 온도가 증가함에 따라 흡착량은 증가하나 그 이상의 온도에서는 탈착 되었다.

참고 문헌

- [1] Metcalf, & Eddy, Wastewater Engineering Treatment And Reuse 4th Edition, 동화기술, 2004
- [2] Peter William Atkins 외, Physical Chemistry 7th Edition, 교보문고, 2004
- [3] William L. Masterton 외, Principle and Reactions Chemistry 4th Edition, Thomson, 2002
- [4] METCALF & EDDY 저, 폐수처리공학1, 동화기술교역, 2004
- [5] RALPH T. YANG 지음, 이한주 옮김, 기체분리