

충전식탈수탑을 리용한 아니줄에서의 수분제거

김 승 철

제약 및 향료공업에서 합성중간체와 방향제, 용매로 널리 쓰이고있는[1] 아니줄에서 수분을 제거하는 방법에 대하여 발표된 자료들은 적으며 정류법으로는 아니줄에서 수분을 완전히 제거할수 없다.[2, 3]

우리는 질소기체에 의한 아니줄속의 수분제거를 수학적으로 모형화하고 충전식탈수탑을 리용하여 아니줄속의 수분함량을 0.002%로 낮추기 위한 연구를 하였다.

1. 질소기체에 의한 수분제거의 수학적모형화

건조된 질소기체에 의한 아니줄속의 수분제거는 탈수탑에서 질소기체와 아니줄을 향류시킬 때 두 상에서 새로운 상평형이 이루어지면서 아니줄속의 수분이 질소기체에 의하여 제거된다는데 기초한다.

우리가 제기한 수학적모형에서는 질소기체의 류량이 일정하고 액상에서 휘발되기 쉬운 성분만이 기상으로 들어가며 아니줄과 질소기체속의 수분함량은 매우 낮다고 가정한다. 그리고 아니줄의 증기압은 온도에 따라 변하기때문에 미량수분을 탈수시키는 과정에 아니줄도 증기상태로 루출될수 있지만 그것을 응축시켜 회수한다면 아니줄루출량은 무시할수 있다고 가정한다.

탈수탑에서의 물질흐름관계는 그림 1과 같다.

탈수탑의 평형단들에서 매 성분의 기-액평형관계와 달톤의 법칙, 라울의 법칙으로부터 아니줄에 포함되어있는 수분의 분압 P_W 는 다음과 같이 표시된다.

$$P_W = \frac{P_i W_{i,v}}{W_{i,v} + N + A_{i,v}} = \frac{P_{i,w}^0 \gamma_{i,w} W_{i,L}}{W_{i,L} + A_{i,L}} \quad (1)$$

여기서 P_i 는 i 번째 단에서의 압력(Pa), $P_{i,w}^0$ 은 i 번째 단에서 수분의 포화증기압(Pa), $W_{i,v}$ 와 $W_{i,L}$ 은 i 번째 단의 기상과 액상에서 수분의 류량(mol/s), $A_{i,v}$ 와 $A_{i,L}$ 은 i 번째 단의 기상과 액상에서 아니줄의 류량(mol/s), $\gamma_{i,w}$ 는 i 번째 단의 액상에서 물의 활동도계수, N 은 질소기체의 류량(mol/s)이다.

그런데 우의 가정으로부터 $W_{i,v} + N + A_{i,v} \approx N$, $W_{i,L} + A_{i,L} \approx A_{i,L}$ 이므로 식 (1)은

$$W_{i,v} = \frac{P_{i,w}^0 \gamma_{i,w} N}{P_i A_{i,L}} W_{i,L} = k W_{i,L} \quad (2)$$

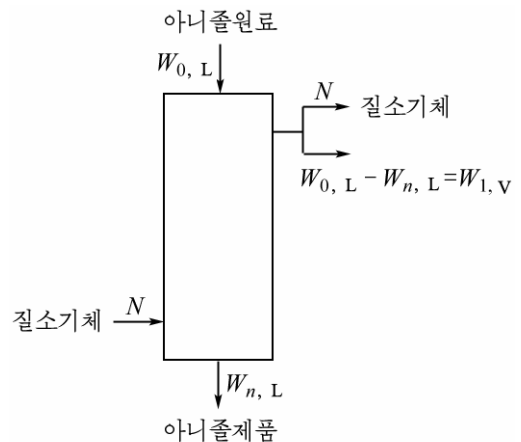


그림 1. 탈수탑에서의 물질흐름관계

로 된다. 여기서 $k = P_{i, W}^0 \gamma_{i, W} N / (P_i A_{i, L})$ 이다.

한편 매 단의 물질바란스식은

$$W_{i, L} = W_{i-1, L} - W_{i, V}$$

이다.

가열 및 보온조건이 없으며 리론단들사이의 압력차와 온도차가 매우 작기때문에 매 단에서의 기-액평형상수가 일정한것으로 가정하고 식 (2)를 고려하여 옷식을 풀면 $i=1$ 일 때

$$W_{1, L} = \frac{1}{k+1} W_{0, L},$$

$i=2$ 일 때

$$W_{2, L} = \frac{1}{k+1} W_{1, L} = \frac{1}{(k+1)^2} W_{0, L},$$

...

$i=n$ 일 때

$$W_{n, L} = \frac{1}{k+1} W_{n-1, L} = \frac{1}{(k+1)^n} W_{0, L}$$

$$n = \frac{\ln(W_{0, L} / W_{n, L})}{\ln(k+1)} \quad (3)$$

이다. 여기서 W_0 은 아니줄원료에서 수분의 류량(mol/s), n 은 탈수탑의 총 리론단수이다.

한편 아니줄원료는 수분함량이 매우 낮으므로(<0.03%) 리상용액으로 볼수 있으며 따라서 $\gamma_{i, W} \approx 1$ 이다. 그러므로 안토인방정식[4]으로부터 주어진 온도 T 에서 아니줄에 포함되어있는 수분의 포화증기압 P_W^0 은 다음과 같이 표시된다.

$$\ln P_W^0 = c_1 + \frac{c_2}{T} + c_3 \ln T + c_4 T^{c_5}$$

여기서 $c_1 = 66.741\ 24$, $c_2 = -7\ 258.2$, $c_3 = -7.303\ 7$, $c_4 = 4.17 \cdot 10^{-6}$, $c_5 = 2$ 이다.

우의 식들로부터 탈수탑에서의 탈수효과에 영향을 미치는 기본인자는 온도와 압력, 탈수탑의 리론단수, 질소기체와 아니줄의 류량비(질소기체와 아니줄의 물질량비)라는것을 알수 있다.

2. 실험 방법

탈수조작 크기가 $2\text{mm} \times 3\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ 인 라선형동충전물을 일정한 높이로 채운 충전식 탈수탑(그림 2)의 옷방향으로 건조된 질소기체를 250L/h의 류량으로 몇min동안 통과시켰다. 그리고 질소기체를 계속 통과시키면서 탑의 아래방향으로 수분함량이 0.02%인 아니줄원료를 일정한 물질량비로 통과시켜 탈수처리하고 시료를 분취하였다.

수분함량분석 아니줄시료속의 수분함량분석은 CaC_2 에 의한 아세틸렌발생-기체크로마토그래프법[3]으로 하였다.

3. 실험결과 및 해석

탈수효과에 미치는 충전층높이와 $N:A$ 의 영향 충전층높이와 $N:A$ (질소기체와 아니줄의 물질량비)에 따르는 아니줄속의 수분함량변화는 그림 3과 같다.

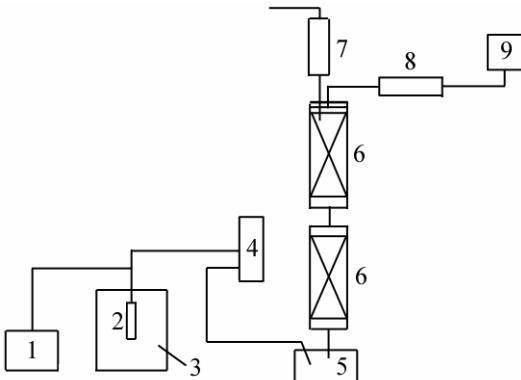


그림 2. 아니줄탈수장치의 구성도

1-전압안정전원, 2-가열체, 3-액체질소통, 4-기체류량계, 5-아니줄제품용기, 6-충전식탈수탑 (직경 30mm), 7-냉각기, 8-액체류량계, 9-아니줄원료저장용기

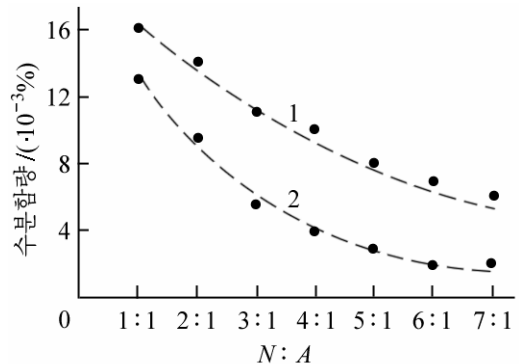


그림 3. 충전층높이와 $N:A$ 에 따르는 아니줄속의 수분함량변화

1, 2는 충전층높이가 각각 550, 1 100mm인 경우, $T=293.15K$, $P=101.325kPa$, 점선: $n=17$ 일 때의 모형화결과

그림 3으로부터 충전층높이가 550mm인 경우에는 아니줄속의 수분함량감소가 완만하기때문에 수분함량을 0.002%로 낮추는것이 어렵지만 충전층높이가 1 100mm인 경우에는 $N:A \geq 6:1$ 일 때 수분함량을 0.002%까지 낮출수 있다는것을 알수 있다.

충전층높이가 1 100mm인 경우에 그림 3의 자료와 식 (3)으로부터 결정한 리론단수(표)의 평균값은 17.3이며 실험결과는 리론단수가 17인 경우의 모형화결과(그림 3)와 비교적 잘

표. 충전층높이가 1 100mm인 탈수탑의 리론단수

$N:A$	아니줄속의 수분함량/%	리론단수
1:1	0.013	18.2
2:1	0.009	17.1
3:1	0.006	17.3
4:1	0.004	17.6
5:1	0.003	16.8
6:1	0.002	17.2
7:1	0.002	16.9

부합된다.

탈수효과에 미치는 온도의 영향 온도와 $N:A$ 에 따르는 아니줄속의 수분함량변화는 그림 4와 같다.

그림 4로부터 대기압조건에서 온도가 증가함에 따라 아니줄속의 수분함량은 감소하며 충전층높이가 1 100mm일 때 278.15K(5°C)에서는 아니줄속의 수분함량을 0.002%로 낮추는것이 어렵지만 293.15K(20°C)인 경우에는 $N:A \geq 6:1$ 로 보장하면 아니줄속의 수분함량을 0.002%까지 낮출수 있다는것을 알수 있다. 그리

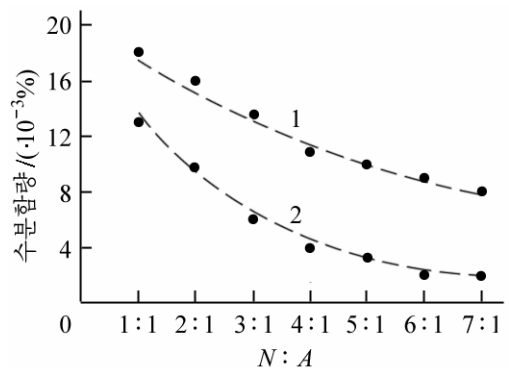


그림 4. 온도와 $N:A$ 에 따르는 아니줄속의 수분함량변화

1, 2는 온도가 각각 278.15, 293.15K인 경우, 충전층높이 1 100mm, 기타 조건은 그림 3과 같음

고 실험결과는 모형화결과와 비교적 잘 부합된다.

한편 $N:A$ 가 지나치게 크면 생산성이 낮아지므로 질소기체와 아니졸의 합리적인 물질량비는 6:1이다.

맺는 말

우리는 질소기체에 의한 아니졸속의 수분제거를 수학적으로 모형화하고 그에 기초하여 충전식탈수탑에 의한 아니졸속의 수분제거특성을 밝혔다.

1) 질소기체에 의한 아니졸속의 수분제거모형을 제기하고 이 모형이 실험결과와 잘 부합된다는것을 밝혔다.

2) 직경이 30mm이고 충전층높이가 1 100mm인 293.15K의 탈수탑에서 질소기체와 아니졸의 물질량비를 6:1로 보장하면 수분함량이 0.02%인 아니졸원료로부터 수분함량이 0.002%인 아니졸을 얻을수 있다.

참고 문헌

- [1] 홍일용 등; 화학공업, 1, 38, 주체101(2012).
- [2] Peng Bai et al.; Annals of Nuclear Energy, 92, 16, 2016.
- [3] S. G. Katalnikov; Sep. Sci. Tech., 36, 8-9, 1737, 2001.
- [4] B. Yang et al.; J. Chem. Eng. Data, 57, 18, 2012.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

Dehumidification from Anisole by Using the Packed Dehydrating Column

Kim Sung Chol

We suggested a model to remove the moisture from anisole by nitrogen gas and decreased the moisture content to 0.002% in anisole of which moisture content was 0.02% by using the packed dehydrating column.

The operation conditions of the packed dehydrating column are as follows: the temperature is 293.15K, the diameter of column is 30mm, the height of packed layer is 1 100mm and the molar ratio of nitrogen and anisole is 6:1.

Key words: anisole, dehumidification