

붕소동위체분리탑의 운영에 영향을 미치는 몇가지 인자들에 대한 연구

김 승 철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《대학에서는 사회주의강국건설에서 나서는 리론실천적, 과학기술적문제들을 원만히 해결하며 기초과학부문을 발전시키고 첨단과학기술분야를 개척하는데 중심을 두고 과학연구 사업을 진행하여야 합니다.》

중성자방어재료와 암치료제로 쓰이는 ^{10}B 을 대량적으로 생산하자면 화학교환법에 의한 분리공정을 리론적으로 체계화하여야 한다.[1-5] 그러나 붕소동위체분리공정의 각이한 운영조건들에 따르는 파라미터들의 변화특성을 구체적으로 연구한 자료는 발표된것이 없다.

론문에서는 붕소동위체분리탑에서의 환류비변화가 공정운영에 미치는 영향 및 제품의 농축도와 생산량에 미치는 몇가지 인자들의 영향을 고찰하였다.

1. 환류비의 변화가 공정운영에 미치는 영향

붕소동위체분리탑의 운영과정에 공급기체의 류량이 변하지 않는다면 환류비(R)는 다음의 두가지 방식으로 변화시킬수 있다.

① 분해탑에서의 $^{10}\text{BF}_3$ 제품생산량을 고정시키고 재결합탑의 아니줄량을 조절하여 착화합물량을 변화시키는 방식

② 착화합물량을 고정시키고 분해탑에서의 제품배출량을 조절하는 방식

^{10}B (농축도 90%)생산능력이 5kg/y 인 붕소동위체분리공정에서 위의 방식들이 빈화부(탑윗부분)와 농축부(탑밑부분)에서의 $^{10}\text{BF}_3$ 농축도에 미치는 영향을 보면 다음과 같다.

방식 ①로 운영하는 경우에는 $F=0.900\ 154\text{mol/h}$, $P=0.068\ 69\text{mol/h}$, $W=0.831\ 458\text{mol/h}$ 이며 $L=P+V=P(R+1)$ 의 관계로부터 $n=189$ 일 때 R 에 따르는 제품에서 $^{10}\text{BF}_3$ 의 농축도(제품의 농축도) y_p 와 빈화물에서 $^{10}\text{BF}_3$ 의 농축도(빈화물의 농축도) y_w 를 구할수 있다. 여기서 F 는 원료공급량, P 는 제품생산량, W 는 빈화물배출량, L 과 V 는 각각 탑내부에서의 액체 및 기체흐름량(mol/h)이다.

방식 ②로 운영하는 경우에는 $L=13.532\ 75\text{mol/h}$, $F=0.900\ 154\text{mol/h}$ 이므로 R 에 따르는 P 를 구하고 $F=P+W$ 의 관계로부터 P 와 W 를 구할수 있다.

계산결과는 그림 1, 2와 같다.

그림 1, 2로부터 방식 ①에서는 환류비가 증가함에 따라 빈화부에서의 농축도가 감소하지만 농축부에서의 농축도는 증가한다는것을 알수 있다. 그것은 분해탑에서 제품배

출량을 고정시키고 아니줄량을 증가시켜 환류비를 크게 하면 농축단작업선의 경사도가 변화되어 물질추동력이 증가하기때문이다.

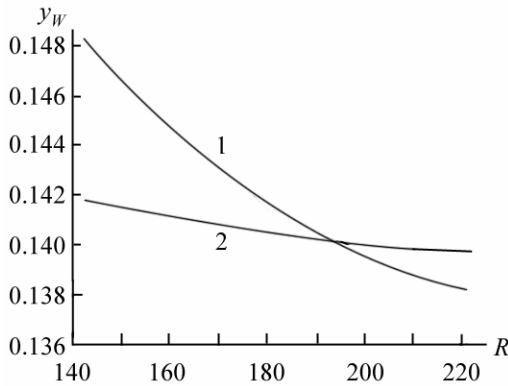


그림 1. 환류비에 따르는 빈화부에서의 농축도변화
1-방식 ①, 2-방식 ②

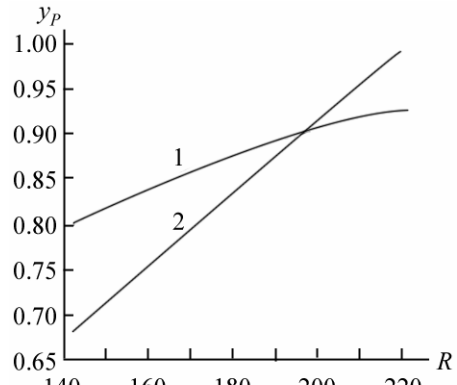


그림 2. 환류비에 따르는 농축부에서의 농축도변화
1-방식 ①, 2-방식 ②

한편 방식 ②에서는 환류비가 증가함에 따라 빈화부에서의 농축도가 약간 감소하는데 그것은 농축된 $^{10}\text{BF}_3$ 기체가 동위체교환에 참가하지 못하기때문이다. 그리고 환류비가 증가함에 따라 농축부에서의 농축도가 증가하는데 그것은 착화합물량을 고정시키고 분해탑에서의 제품배출량을 감소시켜 환류비를 증가시키면 농축단작업선의 경사도가 변화되어 물질추동력도 증가하기때문이다.

방식 ①로 환류비를 어떤 값보다 큰 범위에서 변화시키는 경우에는 빈화부와 농축부에서의 농축도가 모두 방식 ②에서보다 낮다. 특히 농축부에서는 그 차이가 크며 환류비가 증가함에 따라 더 커진다. 그러나 탑밑에서는 환류비가 증가하여도 농축도가 크게 변화되지 않는다. 한편 환류비가 목적하는 값보다 작은 위치에서 방식 ①로 환류비를 변화시키는 경우에는 반대의 결과가 얻어진다.

방식 ①에서는 분해탑에서의 제품생산량을 고정시키고 재결합탑의 아니줄량을 조절하여 환류비를 변화시키기때문에 물질추동력이 분리효과에 미치는 영향은 방식 ②에서보다 작다. 또한 탑안에서의 흐름량이 제한되어있으므로 환류비를 무한히 증가시킬수 없으며 오히려 착화합물량과 환류되는 기체량이 증가되기때문에 붕소동위체분리탑의 부하가 증가한다. 그러나 방식 ②로 조절하면 환류비가 증가함에 따라 농축부에서의 농축도가 방식 ①에서보다 약간 높아지지만 탑밑에서의 제품배출량은 감소한다.

이 결과들은 제품배출량과 탑에서의 착화합물흐름량을 변화시킬 때 환류비변화로 인한 제품의 농축도변화를 평가할수 있도록 한다.

2. 제품의 농축도와 생산량에 미치는 몇가지 인자들의 영향

$F = 0.900 \text{ 154mol/h}$, $P = 0.068 \text{ 69mol/h}$, $W = 0.831 \text{ 458mol/h}$, $n = 189$, $R = 195.994 \text{ 8}$, y_F (원료에서 $^{10}\text{BF}_3$ 의 농축도) = 0.198, $y_P = 0.9$, $y_W = 0.14$ 일 때 제품의 농축도와 생산량에 미치는 몇가지 인자들의 영향을 보자.

빈화물의 농축도가 변화될 때 원료공급량과 제품의 농축도변화 관계식

$$W = P(y_p - y_F)/(y_F - y_W),$$

$$F = P(y_p - y_W)/(y_F - y_W)$$

로부터 빈화물의 농축도에 따르는 원료공급량과 빈화물배출량 및 F/P 와 W/P 의 변화는 그림 3, 4와 같다.

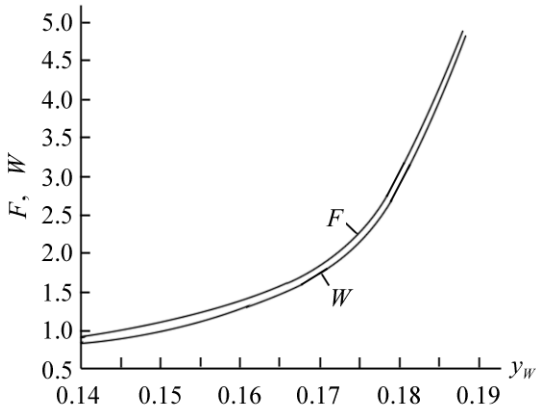


그림 3. 빈화물의 농축도에 따르는 원료공급량과 빈화물배출량의 변화(P, y_F, y_P 가 일정할 때)

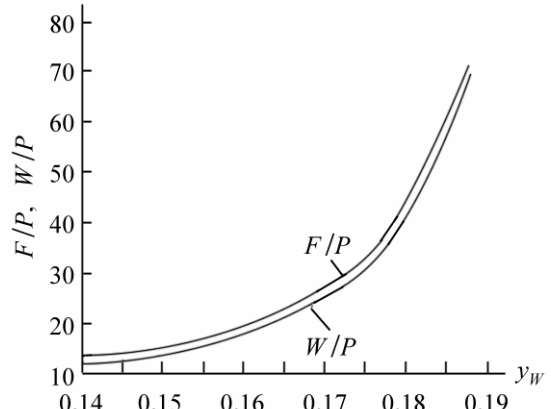


그림 4. 빈화물의 농축도에 따르는 F/P 와 W/P 의 변화(P, y_F, y_P 가 일정할 때)

그림 3, 4로부터 빈화물의 농축도가 변화될 때 제품의 농축도를 일정하게 유지하기 위하여서는 원료공급량을 변화시켜야 하며 이때 빈화물배출량도 같은 경향성을 가지고 변화된다는것을 알수 있다.

한편 관계식

$$y_P = (F y_F - W y_W)/P$$

로부터 빈화물의 농축도에 따르는 제품의 농축도변화는 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는바와 같이 빈화물의 농축도가 증가함에 따라 제품의 농축도는 감소하며 최종적으로는 농축효과가 나타나지 않는다.

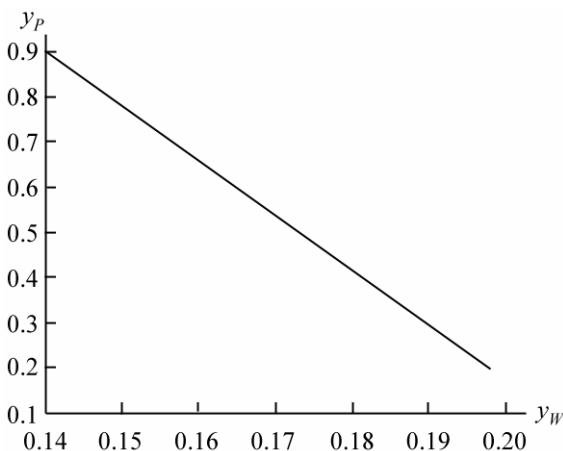


그림 5. 빈화물의 농축도에 따르는 제품의 농축도변화(F, P, W, y_F 가 일정할 때)

제품생산량을 변화시킬 때 제품의 농축도 변화 관계식

$$y_P = [F y_F - (F - P) y_W]/P$$

로부터 제품생산량에 따르는 제품의 농축도변화는 그림 6과 같다.

그림 6의 결과는 제품의 농축도가 주어졌을 때 제품의 한계생산량을 결정할수 있도록 한다.

원료공급량을 변화시킬 때 제품생산량의 변화 관계식

$$P = F(y_F - y_W)/(y_P - y_W)$$

로부터 제품의 농축도가 일정할 때 원료공급량에 따르는 제품생산량의 변화는 그

림 7과 같다.

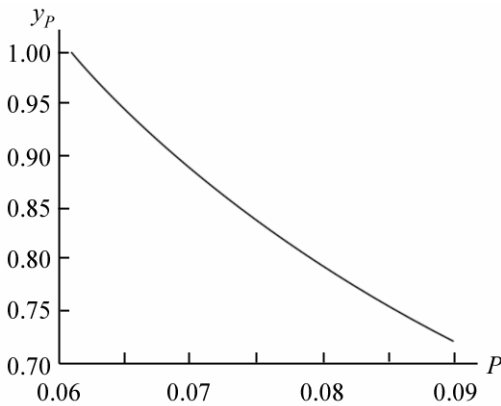


그림 6. 제품생산량에 따르는 제품의 농축도변화(F , y_F , y_W 가 일정할 때)

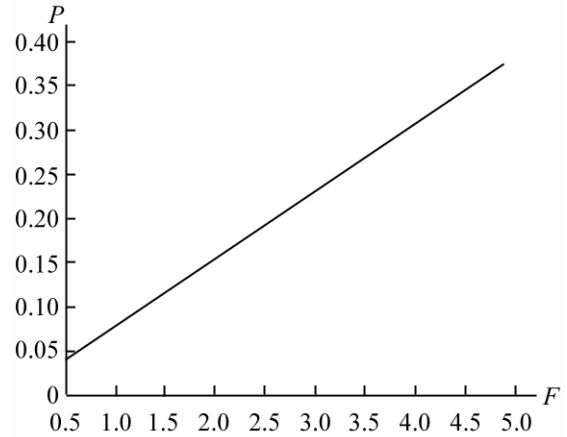


그림 7. 원료공급량에 따르는 제품생산량의 변화(y_F , y_P , y_W 가 일정할 때)

그림 7의 결과는 주어진 원료공급조건에서 제품의 한계생산량을 결정할수 있도록 한다. 농축도가 각이한 원료를 공급할 때 제품생산량의 변화 관계식

$$P = F(y_F - y_W) / (y_P - y_W)$$

로부터 원료의 농축도에 따르는 제품생산량의 변화는 그림 8과 같다.

그림 8에서 보는바와 같이 원료의 농축도가 증가함에 따라 제품생산량은 선형적으로 증가한다.

제품의 농축도를 변화시킬 때 원료공급량과 제품생산량비의 변화 관계식

$$F/P = (y_P - y_W) / (y_F - y_W)$$

로부터 제품의 농축도에 따르는 원료공급량과 제품생산량비의 변화는 그림 9와 같다.

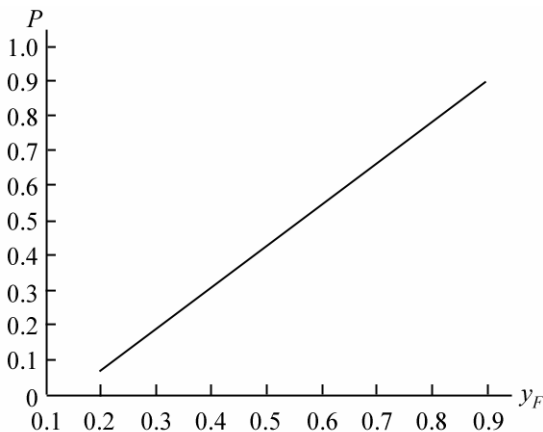


그림 8. 원료의 농축도에 따르는 제품생산량의 변화(F , y_P , y_W 가 일정할 때)

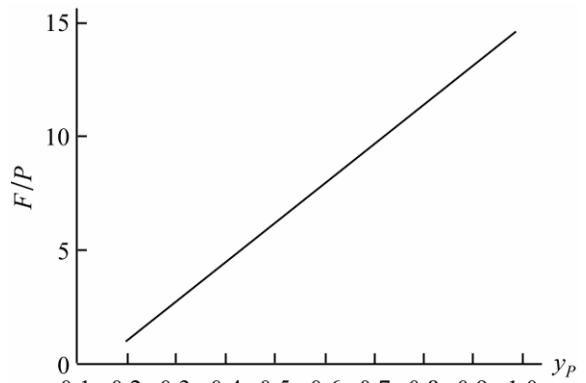


그림 9. 제품의 농축도에 따르는 원료공급량과 제품생산량비의 변화(y_F , y_W 가 일정할 때)

그림 9에서 보는바와 같이 제품의 농축도가 증가함에 따라 원료공급량과 제품생산량의 비는 선형적으로 증가한다.

맺는 말

우리는 붕소동위체분리탑에서 환류비에 따르는 제품의 농축도변화와 몇가지 공정운영 조작에 따르는 파라미터들의 변화를 연구하였다.

첫째로, 원료공급량을 변화시키지 않는 조건에서 두가지 방식으로 환류비를 변화시킬 때 농축부와 빈화부에서 $^{10}\text{BF}_3$ 의 농축도변화를 고찰하였다.

둘째로, 공정운영 조작에 따르는 원료공급량과 제품생산량, 제품의 농축도변화를 고찰하였다.

참고 문헌

- [1] 최광철 등; 동위체분리, 김일성종합대학출판사, 105~130, 주체95(2006).
- [2] A. M. Розен; Теория разделения изотопов в колоннах, Атомиздат, 209~212, 1960.
- [3] Feng Wei et al.; Chem. Eng. Processing, **47**, 17, 2008.
- [4] S. G. Katalnikov; Separation Science and Technology, **36**, 8~9, 1737, 2001.
- [5] Peng Bai et al.; Annals of Nuclear Energy, **92**, 16, 2016.

주체106(2017)년 10월 5일 원고접수

Some Factors Influencing on the Operation of Boron Isotope Separation Column

Kim Sung Chol

We studied change of $^{10}\text{BF}_3$ enrichment degree according to the reflux ratio and changes of some factors appearing in the process operation of boron isotope separation column.

Changes of $^{10}\text{BF}_3$ enrichment degrees in enriching and depleting section were considered when the reflux ratio was changed with two modes under the condition of the constant feed flow. And changes of amount of product, feed flow and enrichment degree of product according to the process operation were considered.

Key words: boron isotope, isotope separation column, reflux ratio