

## 붕소동위체분리용 충전물과 충전탑의 특성

박명록, 조보행

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《현시기 과학기술을 발전시키는데서 나서는 중요한 문제는 무엇보다도 원료와 연료, 동력문제를 해결하기 위한 과학기술적문제를 푸는것입니다.》(《김정일선집》증보판 제11권 134페이지)

동위체분리탑에 쓰이는 충전물과 충전탑의 특성을 정확히 평가하는것은 동위체분리탑에서 분리효과를 높이기 위한 매우 중요한 문제의 하나로 나선다.[1]

선행연구들에서는 충전물과 충전탑의 특성에 대하여 일반적으로 서술하는데[2, 3] 그리고  $\text{BF}_3$ -아니졸· $\text{BF}_3$ 계에 대하여서는 구체적으로 서술하지 못하였다.

우리는 붕소동위체분리탑( $\text{BF}_3$ -아니졸· $\text{BF}_3$ 계)에 리용된 라선형의 충전물과 직경이 각각 17, 22mm인 충전탑에서의 특성을 밝히고 17mm충전탑에서의 기-액역류에 의한 압력강하를 고찰하였다.

### 실험 방법

충전물의 특성 충전물의 특성에는 충전물의 기하학적크기, 비표면적, 공극률, 충전밀도, 충전률 등이 있다.

충전물의 충전밀도는 눈금이 새겨진 시험관에 물을 적당히 채우고 전자저울로 0.000 1g의 정확도로 질량을 잰 일정한 량의 충전물을 넣은 다음 늘어난 물의 체적으로부터 충전밀도를 구하였다.

또한 아니졸이 들어있는 시험관에 충전물을 넣어 충전물의 체적에서 늘어난 체적을 단량을 충전물의 체적으로 나누어 공극률을 구하고 그로부터 충전률을 구하였다.

충전탑에서의 머무름량결정 실험을 위해 직경이 각각 17, 22mm이고 높이가 각각 550, 870mm인 2개의 충전탑과 뿔프를 준비하였다.

정적머무름량은 뿔프를 리용하여 농축부 밑으로 액체가 떨어지기 시작할 때까지 탑위로 아니졸을 주입하고 우에서 주입한 액체량과 밑에 떨어진 액체량의 차로부터 결정하였다.

동적머무름량은 아니졸로 충전물을 충분히 적신 다음 주입하는 액체의 속도와 탑의 밑으로 떨어지는 액체의 속도가 같아질 때 주입한 액체량과 떨어진 액체량의 차로써 결정하였다.

17mm 충전탑에서의 압력강하결정 액체로는 아니졸( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OCH}_3$ )을, 기체로는 산소( $\text{O}_2$ )를 리용하였다. 산소기체는 가스봄베에 들어있는 액체산소를 가열하여 증발시키고 류량계를 통하여 탑의 밑부분으로 주입하였으며 아니졸은 뿔프로 류량을 조절하면서 탑의 윗부분으로 주입하였다.

## 실험결과 및 분석

충전물의 특성량 우리가 결정한 충전물의 특성량은 표 1과 같다.

표 1. 충전물의 특성량

구 분	특성량
기하학적크기(직경×높이×두께)/mm	2×3×0.2
비표면적/(m <sup>2</sup> ·m <sup>-3</sup> )	2 448
공극률/%	87.1
충전밀도/(kg·m <sup>-3</sup> )	922.2
충전률/%	12.9

량과 동적머무름량은 표 2와 같다.

표 2. 충전탑의 액체머무름량

탑크기	정적머무름량/(mL·m <sup>-1</sup> )	동적머무름량/(mL·m <sup>-1</sup> )	총머무름량/(mL·m <sup>-1</sup> )
φ 17mm×550mm	20	16	36
φ 22mm×870mm	35	16	51

17mm충전탑에서의 압력강하 액체류량을 2~10L/d사이에서 변화시키고 매 액체류량에서 기체류량을 0~15mL/min사이에서 변화시키면서 압력강하를 결정한 결과는 그림과 같다.

그림에서 보는바와 같이 우리가 실험한 류량한계에서는 포복흐름이 일어나지 않았다. 이것은 우리의 실험조건에서 충전탑안에서의 류체가 층흐름을 형성한다는것을 보여준다. 그러나 실제로 동위체분리공정의 재결합부의 옷부분(BF<sub>3</sub>기체가 착화합물을 형성하지 않는)을 제외하고 밑부분과 농축탑에서는 액체로는 아니줄·BF<sub>3</sub>착화합물이, 기체로는 BF<sub>3</sub>이 역류되므로 BF<sub>3</sub>기체와 산소기체, 아니줄과 아니줄·BF<sub>3</sub>착화합물의 몇가지 특성량(표 3)으로부터 레이놀즈수를 구하고 직경이 17mm인 충전탑에서 BF<sub>3</sub>기체와 아니줄·BF<sub>3</sub>착화합물을 역류시킬 때의 류량을 계산한 결과는 표 4와 같다.

이때 레이놀즈수는 다음식으로 계산하였다.

$$\text{Re}_{\text{액}} = \frac{4V_{\text{액}}\rho_{\text{액}}}{aS\mu_{\text{액}}}, \quad \text{Re}_{\text{기}} = \frac{4V_{\text{기}}\rho_{\text{기}}}{aS\mu_{\text{기}}}$$

여기서  $a$ 는 충전물의 비표면적(m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>),  $S$ 는 충전탑의 자름면면적(m<sup>2</sup>)이다.

표 3. 불소동위체분리에 리용되는 몇가지 물질들의 끈기결수와 밀도

특성량	아니줄 <sub>(액)</sub>	아니줄·BF <sub>3</sub> 착화합물 <sub>(액)</sub>	BF <sub>3</sub> <sub>(기)</sub>	O <sub>2</sub> <sub>(기)</sub>
끈기결수/(Pa·s)	0.001 18	0.005 93	1.657·10 <sup>-5</sup>	1.997·10 <sup>-5</sup>
밀도/(kg·m <sup>-3</sup> )	994	1 225	3.097	1.428 9

충전물의 형태는 라선형, 충전물 1개의 평균질량과 평균결면적은 각각 0.008 75g, 19.982mm<sup>2</sup>이며 단위체적당 충전물개수는 1.08·10<sup>8</sup>개/m<sup>3</sup>이다.

충전탑의 액체머무름량 직경 17mm, 높이 550mm인 충전탑과 직경 22mm, 높이 870mm인 충전탑에서 결정된 정적머무름

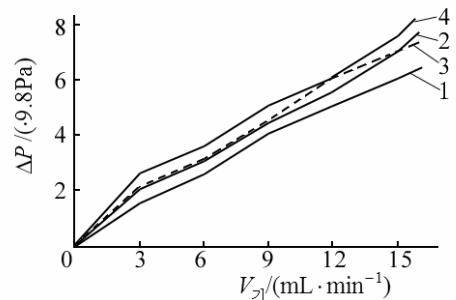


그림. 기체류량에 따르는 충전탑에서의 압력강하

1—4는 액체류량이 각각 0, 2, 6, 10L/d일 때

표 4. 액체와 기체류량에 따르는 레이놀즈수

Re <sub>액</sub>	액체류량/(L·d <sup>-1</sup> )		기체류량/(L·h <sup>-1</sup> )		
	아니졸	아니졸 · BF <sub>3</sub> 착화합물	Re <sub>기</sub>	산소	BF <sub>3</sub>
0.14	2	8	2.5	18	6.8
0.28	4	16	5.0	36	13.7
0.42	6	24	7.5	54	20.5
0.56	8	32	10.0	72	27.4
0.70	10	40	12.5	90	34.2

표 4에서 보는바와 같이 직경이 17mm인 탑에서 순수한 아니졸과 산소기체와 마찬가지로 아니졸 · BF<sub>3</sub>착화합물과 BF<sub>3</sub>기체가 역류될 때에도 액체류량 8~40L/d와 기체류량 6~35L/h범위에서 충흐름이 유지된다.

### 맺는 말

붕소동위체분리실험에 쓰인 충전물의 비표면적은 2 448m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>이고 충전밀도는 922.2kg/m<sup>3</sup>이며 공극률은 87.1%이다.

직경이 17, 22mm인 충전탑에서 아니졸의 정적머무름량은 각각 20, 35mL/m이며 동적머무름량은 모두 16mL/m이다.

또한 직경이 17mm인 붕소동위체분리탑에서 액체류량 8~40L/d, 기체류량 6~35L/h사이에서 충흐름이 유지된다.

### 참고 문헌

- [1] 김홍섭 등; 물리화학적방법에 의한 안정한 동위원소분리, 김책공업종합대학출판사, 57~70, 1990.
- [2] S. G. Katalnikov; Spn. Sci. and Tech., 36, 8, 1737, 2001.
- [3] E. H. Dulf et al.; International Conference on System, 13, 216, 2013.

주체106(2017)년 4월 5일 원고접수

## Characteristics of the Packing and the Packed Column for Boron Isotope Separation

*Pak Myong Rok, Jo Po Haeng*

We determined the specific surface area, packing density and porosity of packing used in boron isotope separation experiment; the results are 2 448m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, 922.2kg/m<sup>3</sup> and 87.1%, respectively.

And we determined some characteristics such as static and dynamic stoppage quantities in  $\phi$  17 and 22mm packed column.

Key words: isotope separation, packing