

## 3성분계 분리를 위한 분리벽형 증류공정과 단순 증류공정의 에너지 절감 비교분석

김안나, 이승현, 이문용\*  
영남대학교  
(mynlee@yu.ac.kr\*)

**Comparative Analysis of the Energy Savings for Ternary Mixture by Divided Wall  
Column Distillation Process and Simple Distillation Process.**

Anna Kim, Seunghyun Lee, Moonyong Lee\*  
School of Chem. Eng & Tech, Yeungnam Univ.  
(mynlee@yu.ac.kr\*)

## INTRODUCTION

기존 3 성분이상의 혼합물 분리에 있어서는 2TOP 증류탑을 이용하였다. 그러나 요즘 에너지 절감차원에서 효율이 높아 각광받고 있는 Divided Wall Distillation Column(DWC)이 많이 연구되고 있다. 2TOP 구조에서 발생하는 remixing 현상을 줄여 많은 에너지 절감 효과를 얻을 수 있는 차세대 복합 증류탑이다. DWC의 효율성을 증명하기 위하여 2TOP 증류탑(distillation column)과 DWC 사이의 에너지 비교는 지속적으로 연구되고 있는 것에 비해 side-stream을 설치한 단순증류탑(single distillation column)과의 에너지 비교는 이루어지지 않고 있다. side-stream을 설치한 단순증류탑을 잘 이용하면 2TOP 증류탑을 몇 가지 응용하여 하나로 교체하여 에너지와 비용의 절감을 기대할 수 있다. 또한, 간단하며 적은 열교환의 요구를 충족시킬 수 있다.

그리하여 본 논문에서는 위와 같은 점을 고려하여 같은 feed를 두고 side-stream을 설치한 단순증류탑과 2TOP 증류탑 그리고 DWC 사이의 에너지 소모량과 효율을 각각 비교 분석하는 실험을 하였으며, DWC의 효율성과 이점을 확인할 수 있었다.

단순 증류탑과 달리 열적으로 통합된 구조를 가진 분리벽형 증류탑은 구조설계에서 많은 어려움을 가진다. 따라서 아래의 그림 1.과 그림2.에서 볼 수 있듯이 분리벽형 증류탑의 초기 구조설계를 위하여 3기 증류탑을 확장 적용한 short-cut 방법을 이용하였다. 분리벽형 증류탑뿐만 아니라 side-stream을 설치한 단순증류탑도 기본적으로 short-cut 방법을 널리 이용한다.

## ANALYSIS

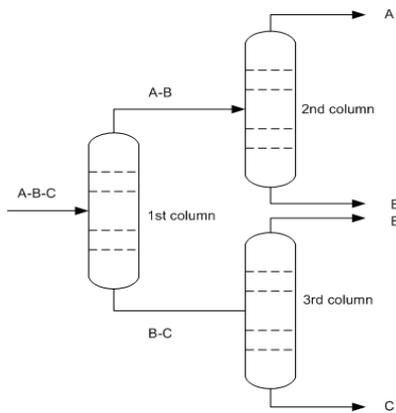


그림 1. A schematic diagram of Petlyuk column.

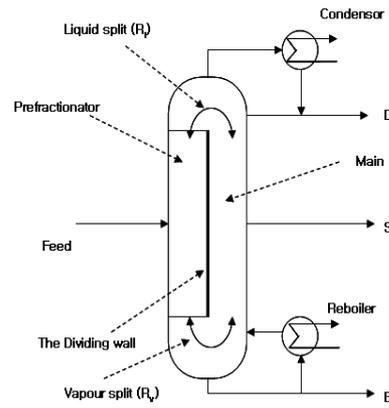


그림 2. A schematic diagram of dividing wall column.

	Feed Composition	Product Composition
A : n-Pentane	A : 0.40	A : 0.98
B : n-Hexane	B : 0.20	B : 0.985
C : n-Heptane	C : 0.40	C : 0.98

\* 1atm, 45kgmole/h, Property Fluid Package : Peng-Robinson

**표 1. Feed & Product Condition of ternary mixture**

실험 전 표 1.을 통하여 3성분 혼합물의 조성 및 조건을 나타내었다.

같은 Feed를 조건으로 다른 3가지 증류탑을 설계한 후 최적의 에너지 값을 비교해 보았다. 표 2.는 그림 3, 4, 5의 값을 비교한 것이고, 표 3.은 그림 3, 4, 6을 비교한 것이다. 차이점은 순도를 표 1.과 같이 할 경우 side-stream distillation의 에너지 값이 눈에 띄게 높아 다른 것과 비교하면 큰 차이를 확인할 수 있었다. 에너지 값을 낮추기 위해 순도를 조정하여 최적의 값을 찾은 실험을 한 것이 그림 6.이다.

%로 나타낸 것은 에너지 값이 적은 것이 에너지 값이 많은 것에 비해 얼마나 효율적인가를 보여주는 것이다.

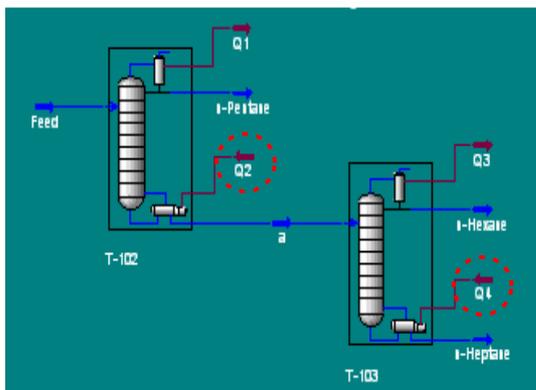


그림 3. PDF 2TOP Distillation

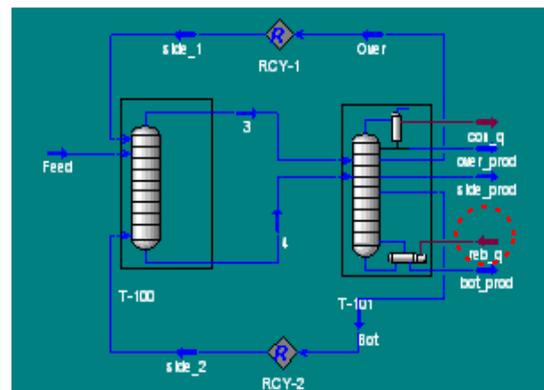


그림 4. PDF DWC

	2TOP Distillation	DWC	side-stream distillation
2 T O P 과 side-stream의 비교	약 96 % <----->		
Reboiler Duty [kJ/h]	2.631e+ 006	1.793e+ 006	5.853e+ 007
2TOP과 DWC의 비교 / side-stream과 DWC의 비교	<-----> 약 32 %		<-----> 약 97 %

**표 2. Comparative Analysis of the Energy Savings**

위의 표를 통하여 2TOP Distillation에 비해 DWC가 약 32%만큼 에너지 효율이 높다는 것을 확인할 수 있었으며, Side-stream Distillation에 비해서는 2TOP Distillation과 DWC 모두가 월등히 높은 에너지 효율을 가진다는 것을 알 수 있었다.

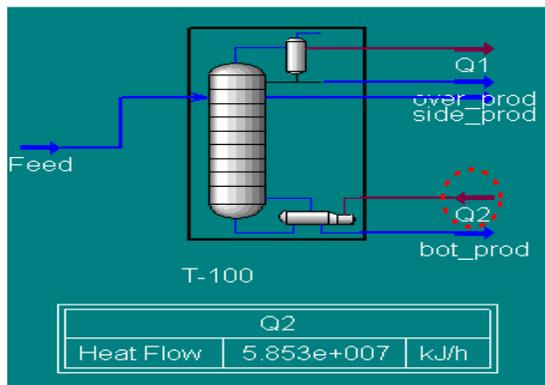


그림 5. PDF Side-stream Distillation

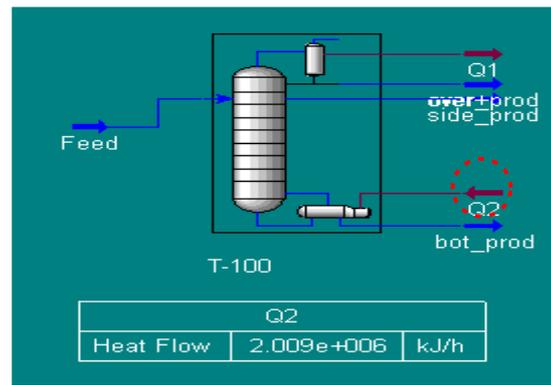


그림 6. PDF Side-stream Distillation

	2TOP Distillation	DWC	side-stream distillation
2 T O P 과 side-stream의 비교	약 2 % <----->		
Reboiler Duty [kJ/h]	2.631e+ 006	1.793e+ 006	2.009e+ 006
2TOP과 DWC의 비교 / side-stream과 DWC의 비교	<-----> 약 32 %		<-----> 약 11 %

**표 3. Comparative Analysis of the Energy Savings (Change Purity of side-stream distillation)**

그러나 Side-stream Distillation의 순도를 낮추고 에너지 효율을 높인 위의 표를 통하여 보면 표 2.보다 서로간의 에너지 효율 차이가 확연히 줄어든 것을 알 수 있었다.

## RESULT

위의 실험을 통하여 DWC가 다른 증류공정에 비하여 에너지 효율성과 뛰어나다는 것을 확인할 수 있었다. Side-stream Distillation도 에너지 효율성을 높이 향상 시킬 수 있었지만 이는 순도를 떨어지게 하여 완벽한 결과라고 할 수 없다는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 에너지 절감과 비용을 모두 고려하여 3성분계 혼합물을 분리할 때 DWC를 이용하는 것이 가장 유용하다는 사실을 확인할 수 있었다.

## REFERENCES

1. S. Hernández, A. Jiménez : "Design of energy-efficient Petlyuk systems", Computers and Chemical Eng, 23, 1005-1010(1999)
2. Seung Hyun Lee and Moon Yong Lee : "The study of structure design for dividing wall distillation column", Korea Chem. Eng, 45, 39-45(2007)
3. A. Jiménez, N. Ramírez, A. Castro and S. Hernández : "Design and energy performance of alternative schemes to the petlyuk distillation system", Trans IChemE, 81, 518-524(2003)
4. Young Han Kim, Kyu Suk Hwang : "Application of An Energy-Efficient Distillation System using Three Columns to Hexane Process", Korea Chem. Eng, 43, 39-46(2005)
5. Raymond E. Rooks, Michael F. Malone, and Michael F. Doherty : "A Geometric Design Method for Side-Stream Distillation Columns", Ind. Eng. Chem. Res, 35, 3653-3664(1996)
6. C. Gutierrez-Antonio and A. Jimenez-Gutierrez : "Design of Side-stream Azeotropic Distillation Columns", Trans IChemE, 85, 1384-1389(2007)