

## 분리벽형 증류탑을 적용한 Solvent Recovery Process 개발

이승현, 윤문규, 진종팔, 이문용\*  
 영남대학교 응용화학공학부  
 (mynlee@yu.ac.kr\*)

### Development of Solvent Recovery Process with Dividing Wall Column

Seunghyun Lee, Moonkyu Yun, Jongpal Jeon, Moonyong Lee\*  
 School of Chem. Eng & Tech, Yeungnam Univ.  
 (mynlee@yu.ac.kr\*)

#### 서론

화학공정에서 특히, 필름공정이나 반도체 공정에서 사용되는 용매들은 대부분 공정처리 후 소각되거나 매립과정을 거친다. 이 과정에서 발생하는 환경부담비용이 많이 소요됨으로써 2차적인 추가비용이 발생하고 있다. 이러한 에너지 및 자원낭비를 줄이기 위해 용매회수 공정을 사용하여 환경오염을 줄이고 용매 재회수를 거쳐 자원절약을 하려는 노력이 필요하다. 현재 이러한 용매회수 공정은 일부 산업현장에 적용되어 이용되는 추세이지만 용매회수 공정에 소요되는 에너지비용 또한 많이 소요됨으로 이에 대해 에너지를 절감할 대안을 연구할 필요가 있다.

이번 연구에서는 필름공정에서 사용되는 용매 MEK, Toluene, Cyclohexanone, H<sub>2</sub>O를 사용한 용매회수 공정을 분리벽형 증류탑(Dividing Wall Column)을 적용하여 공정에 소요되는 에너지 비용을 줄이는데 중점을 두었으며, 기존 용매회수 공정을 대폭 줄여 추가적인 장치비용 절감하는데 연구를 하였다.

#### 본론

필름공정의 용매회수 공정에서 소요되는 에너지를 분리벽형 증류탑(Dividing Wall Column)적용 전과 후를 비교, 분석하기 위하여 기존 용매회수 공정을 simulator를 사용하여 모사하였다. 사용된 simulator 도구로는 Aspen사의 Aspen-HYSYS를 사용하였으며 비교 대상 공정은 Methy-Ethyl-Ketone, Toluene, Cyclohexanone, H<sub>2</sub>O이 혼합되어 공급되는 공정으로 이루어져 있다. 분리벽형 증류탑 적용 전 용매회수 공정에서는 C-101 증류탑을 거쳐 Cyclohexanone을 대부분 얻어내고 순도 99.999%를 얻기 위해 C-102 증류탑으로 재처리하도록 하였다. C-101의 탑상부에서 나오는 기체는 냉각시켜 Separator와 Decanter를 이용하여 물을 제거하도록 하였고 미량의 물을 제거하기 위해 C-104 증류탑을 거쳐 MEK와 Toluene을 생산하도록 하였다.

그러나 그림 1에서와 같이 H<sub>2</sub>O은 다른 3성분과 공비점을 형성하므로 일반적인 증류공정으로는 분리에 어려움이 있다. 그러나 Cyclohexanone과 H<sub>2</sub>O이 0.7mol% 일 때 공비점이 97°C이므로 비점이 가장 높은 Cyclohexanone을 우선 분리한 다음 여러 Decanter공정을 이용하여 대부분의 H<sub>2</sub>O를 제거해야 한다. No.49 Stream은 순수 MEK와 Toluene만 있는 상태이므로 C-105 증류탑을 이용하여 각각 Metyl-Ethyl-Ketone, Toluene을 순도 99.999%까지 얻는 공정으로 되어있다.

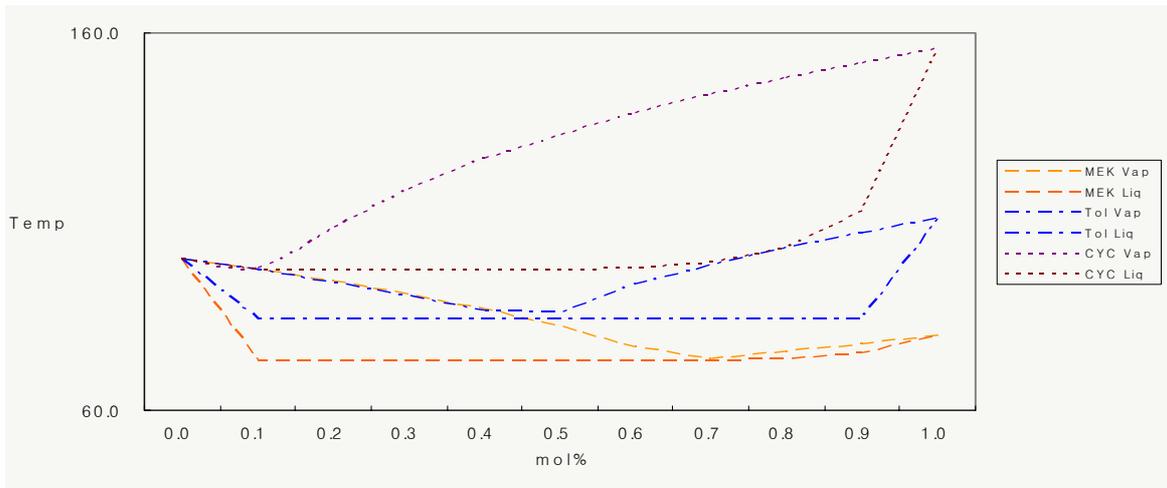
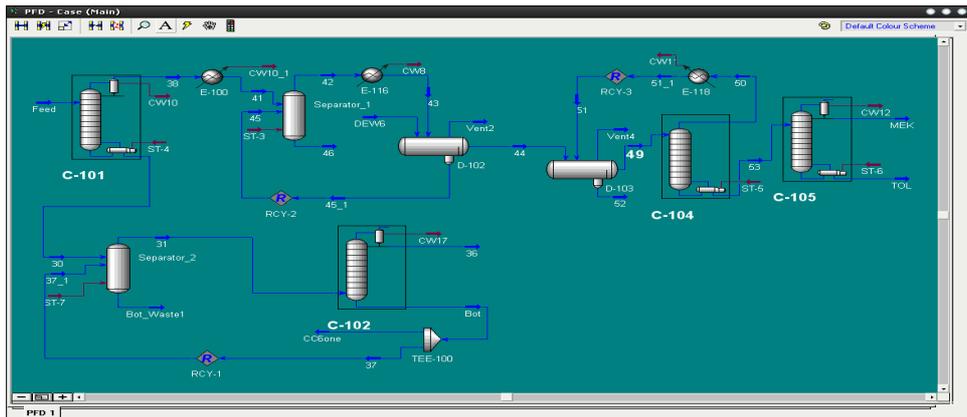
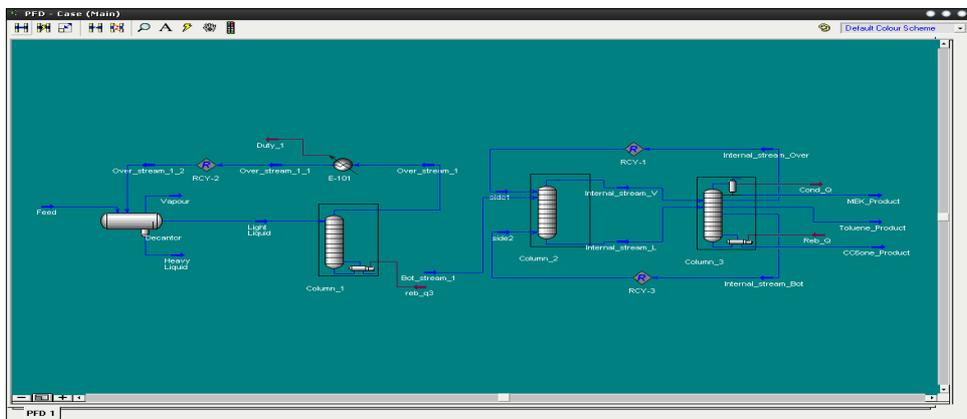


그림 1. H<sub>2</sub>O와 3성분에 대한 T-X Diagram

그림 2는 기존 용매회수 공정 및 DWC 적용 후의 공정을 simulator를 이용하여 전체 PFD를 나타낸 것이다.



a. DWC 적용 전 용매회수 공정



b. DWC 적용 후 용매회수 공정

그림 2. 용매회수 공정 PFD

그림 2-a.를 살펴보면 2기의 Separator와 2기의 Decanter 그리고 4기의 Distillation을 사용하고 있다. 반면, 그림 2-b.는 Decanter 1기와 Reboil Absorber 1기 그리고 DWC 1기로 구성되어 있다. 이는 적용 전 용매회수 공정과 비교 시 공정자체가 간결해져 있음을 알 수 있어서 운용 효율성을 높일 수 있으며 에너지 효율측면에서도 많은 이점을 얻을 수 있도록 되어있다.

Simulation에 대한 비교의 정확성을 높이기 위하여 공급물의 조건은 70°C, 1atm에서 각 물질의 양을 MEK(390kg/h), Toluene(367kg/h), Cyclohexanone(331kg/h), H<sub>2</sub>O(33kg/h)으로 고정하였다. 또한 생산된 MEK, Toluene, Cyclohexanone은 각각 99.999%의 순도를 갖도록 하였다.

실험결과 전체공정에 대한 DWC 용매회수 공정은 표 1.에서와 같이 42.5%의 에너지 절감효과를 얻을 수 있었다.

표 1. DWC 적용 전·후 용매회수 공정의 소요 에너지 비교

Original Sol. Process	kJ/h	DWC Sol. Process	kJ/h
ST-3	750,000	DUTY_1	208,334
ST-4	581,322	REB_Q3	284,871
ST-5	241,152	COND_Q	1,068,606
ST-6	662,019	REB_Q	1,104,490
ST-7	157,000		
CW8	697,000		
CW10	96,415		
CW10_1	492,059		
CW11	150,288		
CW12	651,560		
CW17	157,722		
<b>Total Energy</b>	<b>4,636,536</b>	<b>Total Energy</b>	<b>2,666,301</b>
<b>Energy Saving (%)</b>	<b>42.5%</b>		

용매회수 공정에서 DWC 적용 한 공정은 추가 장치비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 에너지 비용측면에서 기존 용매회수 공정보다 40%이상 많은 비용부담을 줄일 수 있다는 것을 알 수 있다.

여기서 한 가지 살펴볼 것은 DWC 적용 후 용매회수 공정에서 DWC 자체에 대한 에너지 소요가 다른 공정에 비해 월등히 많은 것을 알 수 있다. 이는 DWC 자체가 3성분 혼합물을 분리함으로 기존 용매회수 공정의 많은 부분 역할을 맡고 있기 때문이다. 따라서 3성분 혼합물의 분리성능을 평가하기에는 어려움이 있으므로 다음과 같은 실험을 하였다.

### 2Top 증류공정과 DWC 증류공정 에너지 모사

DWC의 분리성능을 평가하기 위해 공급물의 조건을 70°C, 1atm에서 각 물질의 양을 MEK(390kg/h), Toluene(367kg/h), Cyclohexanone(331kg/h)으로 고정하였으며, 상태 방정식 UNIQUAC을 이용하여 생산되는 MEK, Toluene, Cyclohexanone의 순도를 99.999%를 가지도록 모사하였다. 2Top 증류공정에서 사용된 단수는 각각 24단 과 30단이며 공급단은 10단 및 18단으로 하였다. 운전압력은 상압에서 이루어졌으며 첫째 증류탑과 두 번째 증류탑은 Indirect 공정으로 모사하였다.

표 2와 같이 DWC 증류공정이 2Top에 비해 10.4%의 에너지 절감 효과를 얻고 있다. 이는 3성분 혼합물의 분리에 있어서도 성능효율이 높음을 알 수 있다.

표 2. 2Top 증류공정과 DWC 증류공정에 대한 소요 에너지 비교

2Top Process	kJ/h	DWC Process	kJ/h
COND_Q1	369,958	COND_Q	1,068,606
REB_Q1	451,449	REB_Q	1,104,490
COND_Q2	1,017,401		
REB_Q2	1,029,961		
<b>Total Energy</b>	<b>2,868,770</b>	<b>Total Energy</b>	<b>2,566,301</b>
<b>Energy Saving (%)</b>	<b>10.6%</b>		

#### 감사의 글

이 과제는 2006 에너지자원기술개발과제에 의하여 지원되었습니다.

이 과제는 참여 연구원은 2단계 BK사업에 의하여 지원되었습니다.

#### 결론

본 연구에서는 분리벽형 증류탑(Dividing Wall Column)을 적용하여 공정 모사한 결과 기존 공정에 비해 40%이상의 에너지 절감효과를 거둘 수 있었으며, 기존의 불필요한 공정을 줄임으로써 장치비용을 줄이고 공정 효율성을 높일 수 있었다. 또한, 3성분 분리에 있어서 기존 2Top 증류구조에 비해 분리벽형 증류탑의 증류공정이 에너지 절감에 있어서 효과적인 것을 확인 할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Juan Gabriel Segovia-Hernández, Salvador Hernández, Vicente Rico -Ramírez, Arturo Jiménez : "A comparison of the feedback control behavior between thermally coupled and conventional distillation schemes", computers and Chemical Engineering, 28, 811-819(2004)
2. M.I, ABDUL MUTALIB and R. SMITH : "Operation and control of dividing wall distillation columns : Part 1 Degrees of Freedom and dynamic simulation", IChemE, 76, 1998
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)