

분리벽형 증류탑의 최적 설계를 위한 내부 순환량 분포와 열전 특성 연구

Internal Recycle Distribution and Heat Transfer Effect for Optimal Design of Dividing Wall Distillation Columns

정성오, 이기홍, 이문용
(Seong Oh Jeong, Kihong Lee and Moonyong Lee)

Abstract : This paper addresses the optimal design of dividing wall distillation column which is rapidly applied in a variety of chemical processes over recent several years because of its high energy saving efficiency. A general dividing wall column model which can cope with the heat transfer through the dividing wall is developed using rigorous computer simulation. Based on the simulation model, the effects of the internal recycle flow distribution around the dividing wall and the heat transfer across the dividing wall on overall system performance are investigated. An improved column design method is suggested to utilize the heat transfer through the wall. The suggested method is compared with the existing method via simulation study in which the proposed design shows improved energy saving result.

Keywords : dividing wall column, internal recycle flow, heat transfer effect, energy saving

I. 서론

증류공정은 공정 산업에서의 혼합물 분리를 위한 분리 수단 중 90% 이상을 차지하고 있는 대표적인 분리공정이면서 동시에 공정의 특성상 기본적으로 에너지 소모량이 매우 높을 수밖에 없는 전형적인 에너지 다소비형 공정이다[1]. 이러한 증류공정의 에너지 소비를 최소화하기 위하여 다양한 시도[2,3,4]들이 이루어져 왔는데, 이들 중 열적으로 결합된 복합 증류구조로부터 에너지 절감을 이루고자 하는 접근방법의 대표적인 예로서 Petlyuk 증류탑[2]을 들 수 있다. 그러나 Petlyuk 증류탑은 뛰어난 잠재적 에너지 절감 효과에도 불구하고 공정의 설계 및 운전상의 어려움 때문에 산업현장에의 실제 적용이 극히 제한적이었다. 1980년 대 중반에 처음으로 산업계에 적용이 시작된 분리벽형 증류탑(dividing wall column)은 그림 1에 보인 것과 같이 삼성분계 혼합물 분리를 위한 증류공정 구조 중 열 결합 관점에서 가장 발달된 구조로서 Petlyuk 증류탑에서의 예비 분리를 분리벽을 이용하여 주 증류탑 내부에 통합시킨 형태이다. 열역학적으로는 Petlyuk 증류탑과 거의 동일하여 뛰어난 에너지 절감 효과를 가져올 뿐만 아니라 예비분리기와 주분리기 간의 압력 균형이 분리벽에 의하여 자연스럽게 이루어져 운전이 용이하며 또한 증류탑이 하나로 통합되어 투자비용도 대폭 절감된다는 큰 장점을 가지고 있어 최근 들어 그 산업적 적용

이 급속히 확산되고 있다[5,6,7]. 분리벽형 증류탑의 기본 설계 단계에서 Petlyuk 증류탑과 크게 다르면서 반드시 고려해야 할 사항들로서 분리벽 사이의 내부 순환흐름량 분포와 열전달 특성을 들 수 있다. 분리벽 사이의 내부 순환흐름 분포는 분리벽형 증류탑의 전체 분리성능에 중대한 영향을 미친다. Petlyuk 증류탑에서는 운전 중에도 예비분리기와 주분리기 간의 순환흐름 분포를 어느 정도 임의로 조정하는 것이 가능한 반면, 분리벽형 증류탑의 경우는 일단 설계가 끝나면 운전 중에 내부 순환흐름의 분포를 임의로 조정하는 것이 실제적으로 불가능하기 때문에 설계 단계에서 가능한 정확하게 최적의 분포 구도를 결정해야만 한다. 또한 분리벽형 증류탑에서는 분리벽 사이의 온도 구배로 인하여 분리벽을 통하여 예비분리기와 주분리기 단 간에 열전달이 일어날 수 있는데 이러한 열전달 현상은 분리벽 구간에 따라 에너지 이득이나 손실로 작용할 수 있기 때문에 증류탑 전체 성능에 중요한 영향을 끼치는 설계 변수가 되므로 이에 대한 정밀한 분석과 설계상의 지침이 필수적이다.

본 논문에서는 이러한 분리벽형 증류탑에 대한 엄밀 전산 모사를 수행하였으며 이를 바탕으로 분리벽형 증류탑에서의 내부 순환흐름 분포와 분리벽 간의 열전달 특성을 분석하고 이들이 최적 설계에 미치는 영향을 연구하였다.

II. 분리벽형 증류탑의 모델링

분리벽형 증류탑은 분리벽을 통하여 열전달이 발생할 수 있다는 점을 제외하면 Petlyuk 증류탑과 열역학적으로 동일하다. 따라서 본 연구에서는 분리벽형 증류탑의 모델링을 위해서 그림 2에 보인 바와 같이 Petlyuk 증류탑 구조에 예비분리기와 주분리기의 각 단 간에 가상의 열교환기를 설치

접수일자 : 2002. 11. 30., 채택확정 : 2003. 2. 19.
정성오, 이기홍, 이문용 : 영남대학교 응용화학공학부
(castleo@dreamwiz.com/kihongi@hitel.net/mynlee@yu.ac.kr)
※본 연구는 에너지 관리공단의 에너지 자원기술 학술진흥과제 (2001-E-ID03-P-05)의 지원에 의해 수행되었습니다.

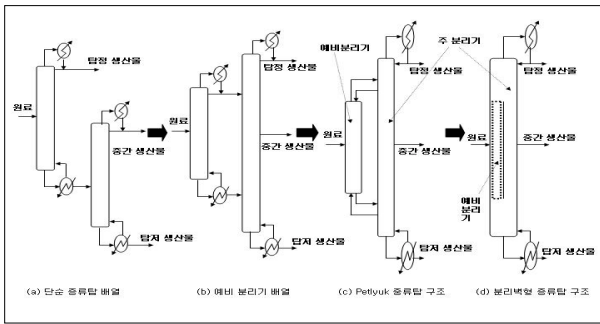


그림 1. 삼성분계 분리를 위한 증류공정 구조.
 Fig. 1. Distillation process configurations for ternary mixture separation.

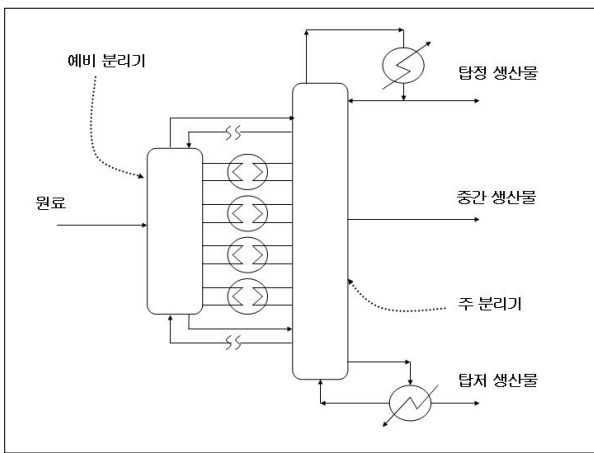


그림 2. 분리벽형 증류탑 모델 구성 개념도.
 Fig. 2. Conceptual diagram for model configuration of dividing wall column.

함으로써 분리벽을 통한 열전달 현상을 포함하는 가장 일반적인 분리벽형 증류탑의 모델을 구현하였다. 구성된 모델의 해를 구하기 위해서 분리벽형 증류탑의 자유도 분석을 수행하였다. 분리벽형 증류탑의 경우, 예비분리기와 주분리기의 단수와 압력, 원료 유입단과 원료흐름의 온도, 압력, 조성 등이 고정되면 자유도는 5가 되며, 여기에 탑정, 탑중간, 탑저 생산물의 순도가 각각 고정되더라도 2개의 자유도가 남아 있게 된다. 이것은 일반적 구조의 증류탑에서와는 달리 분리벽형 증류탑에서는 주어진 생산물 규격을 만족시키는 운전조건이 무한히 많이 존재할 수 있음을 의미하는데 이렇게 남은 2개의 자유도를 최적화 설계 변수로 적절히 활용함으로써 에너지 절감을 극대화하는데 이용할 수 있다.

모델구현을 위한 도구는 Hyprotech 사의 HYSYS™ 모사기를 사용하였다. 주분리기에서 예비분리기로 들어가는 액상 내부 순환흐름과 기상 내부 순환흐름을 전체 공정의 해를 구하기 위한 반복계산에서의 절단점으로 선정함으로써 전체시스템의 해를 가장 안정하게 수렴시킬 수 있었다. 모사연구는 Lestak등[8]이 사용했던 메탄올-이소프로판올-부탄올의 삼성분계 혼합물의 분리를 대상으로 하였으며 기본조

표 1. 전산모사에 사용된 증류탑의 기본 운전조건.

Table 1. Base operation condition used in simulation study.

원료조성	메탄올	200 kgmol/h
	이소프로판올	500 kgmol/h
	부탄올	300 kgmol/h
원료조건	포화액체, 1.15 bar	
단 수	예비분리기 38 : 주분리기 70 (재비단 및 응축단 제외)	
생산물규격	각 생산물에서의 주요 성분의 순도는 각각 95 mol%	

건은 표 1에 나타낸 바와 같다. 원료 유입단은 최적값을 구하여 30단으로 결정하였다. 가액 평형 계산은 UNIQUAC 식을 적용하였다.

III. 내부 순환흐름 분포 영향

분리벽형 증류탑에서 분리벽 양측 즉 예비분리 부분과 주분리 부분으로의 내부 순환흐름량 분포는 전체 시스템의 분리성과 에너지 소비에 가장 큰 영향을 미치는 설계변수 중의 하나이다. 본 논문에서는 주분리기에서 예비분리기로 들어가는 기상 및 액상 내부 순환흐름량을 최적화 변수로 선정하여 이러한 내부 순환흐름량이 전체 에너지 절감에 미치는 정성적/정량적 영향과 이유를 모사 연구를 통하여 분석하였다. 예비분리기로의 내부 순환흐름은 일반 증류탑에서의 내부 환류량과 재비량에 해당되며 예비분리기에서의 분리 정도를 결정해 준다. 이러한 예비분리기에서의 분리능의 변화는 주어진 제품 순도를 만족하기 위한 주분리기에서의 내부 환류량의 변화를 가져오게 된다.

그림 3은 최종 생산물의 요구 순도가 고정되었을 때 예비분리기로의 기상 및 액상 내부 순환흐름량에 따른 응축기와 재비기에서의 총 소요 에너지를 보여준다. 이 모사 연구에서 분리벽은 완전 단열로서 분리벽 간의 열전달은 없는 것으로 가정하였다. 그림 3은 총 소요 에너지를 최소로 해주는 최적의 내부 순환흐름량이 명확히 존재하며 내부 순환흐름량에 따라 전체 에너지 소요량이 상당한 영향을 받고 있음을 보여준다. 본 모사 연구의 경우, 기상 내부 순환흐름량이 900 kgmol/h, 액상 내부 순환흐름량이 500kgmol/h 일 때 에너지 소비량이 12.06×10⁷KJ/h로 가장 낮았는데 탐색 구간 범위에서 가장 높았던 에너지 소비량은 58.52×10⁷KJ/h 이나 되어 전체 에너지 소요량의 변동 폭이 매우 컸다.

내부 순환흐름량의 상대적 비에 따른 최적 운전조건의 존재를 설명하기 위하여 예비분리기로의 액상 내부 순환흐름량을 500kgmol/h로 임의로 고정하고, 기상 내부 순환흐름량의 변화에 따른 예비분리기 생산물에서의 순도 변화를 살펴본 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 예비분리기에서 액상 내부 흐름량에 비하여 기상 내부 흐름

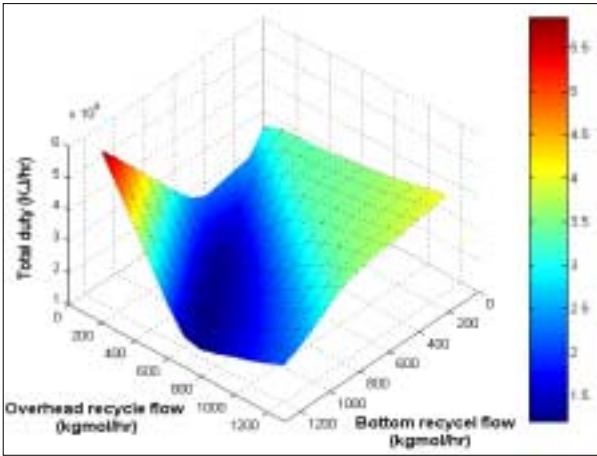


그림 3. 내부 순환 흐름량에 따른 총 소요 에너지.
 Fig. 3. Total required energy for separation according to vapor and liquid internal recycle flow rate.

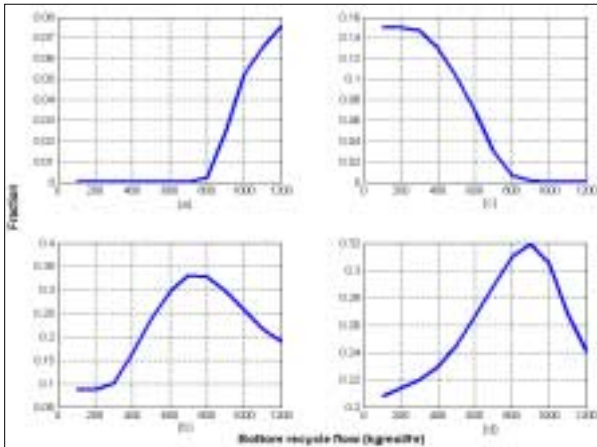


그림 4. 기상 내부 순환흐름량의 변화에 따른 예비분리기 생산물의 순도 변화 :
 (a) 탑정 생산물 중의 중질성분 (b)탑정 생산물 중의 경질성분 (c) 탑저 생산물 중의 경질성분 (d)탑저 생산물 중의 중질성분.
 Fig. 4. Purity of prefractionator products according to vapor internal recycle flow :
 (a) heavy key component in top product, (b) light key component in top product, (c) light key component in bottom product, (d) heavy key component in bottom product.

량이 상대적으로 부족할 경우, 분리를 위한 에너지 부족으로 인하여 액상 내부흐름 속의 경질 주요성분의 탈거가 매우 미약하여 액상 내부흐름 속의 대부분의 경질 주요성분이 그대로 탑저 생산물로 배출되어 예비분리기 탑저 생산물에서의 중질 주요성분의 순도가 낮아지게 된다. 한편 낮은 분리효율은 예비분리기의 탑정생산물로의 중간 주요성분의 유

출을 야기하게 되므로 탑정생산물에서의 경질 주요 성분의 순도도 낮아진다. 결국 예비분리기에서의 불충분한 분리는 주어진 순도의 생산물을 위한 주분리기에서의 분리 부하의 증가를 가져오고 이것은 곧바로 주분리기에서의 높은 내부 환류량(즉, 높은 에너지 소비)으로 이어지게 된다. 기상 내부 흐름량이 적절한 수준으로 증가하게 되면 액상 내부흐름에서의 경질성분 탈거가 증진되어 예비분리기 탑정 생산물에서의 경질 주요성분의 순도와 탑저 생산물에서의 중질 주요성분의 순도가 모두 증가하게 되고 이렇게 향상된 예비분리기에서의 분리 성능은 주분리기에서의 분리 에너지의 감소를 가져온다. 한편, 기상 내부흐름량이 상대적으로 너무 많은 경우에는 액상 내부흐름에서의 경질성분은 모두 탈거되어 포화상태가 되는 반면 기상 내부흐름에서의 중질 주요성분의 정류 성능이 급격히 저하되면서 기상 내부흐름 속의 상당량의 중질 주요성분이 그대로 탑정 생산물로 올라가게 된다. 따라서 예비분리기의 탑정 생산물에서의 경질 주요성분과 탑저 생산물에서의 중질 주요성분의 순도가 모두 낮아져서 주어진 순도의 생산물을 위한 주분리기에서의 분리 부하가 커지게 된다. 그림 3에서 보듯이 액상 내부 순환흐름량 500kgmol/h 일때 에너지 부하가 최소가 되는 기상 내부 순환흐름량은 900kgmol/h 부근인데 이 흐름량 조건은 그림 4에서 볼 수 있듯이 예비분리기에서 분리가 가장 잘 이루어지는 조건과 거의 일치함을 확인할 수 있다.

한편 그림 3에서 최소 에너지 소비를 가져오는 기상 및 액상 내부 순환흐름의 궤적을 보면 내부 순환흐름의 총량이 증가하면서 총 소요에너지가 감소하다가 어느 값 이상으로 총 순환흐름량이 커지게 되면 그 이후부터 총 소요에너지는 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 최적점의 존재는 다음과 같이 설명될 수 있다. 예비분리기에서의 기상 및 액상 내부 순환흐름의 증가는 예비분리기에서의 분리 성능 향상을 가져오게 되므로 따라서 주어진 순도의 생산물 분리를 위한 주분리기의 내부 환류량을 감소시키는 효과를 불러오게 된다. 그러나 한편으로 내부 순환흐름의 증가는 직접적으로는 주분리기의 내부 흐름량 증가를 유발하므로 분리부하 증가 효과도 가지게 된다. 이 두 가지 효과는 서로 경쟁적으로 일어나기 때문에 내부 순환흐름량이 증가하는 경우 어느 조건까지는 순환량 증가에 따른 분리성능 향상 효과가 우세하다가 그 조건 이후에는 주분리기 내부흐름량을 증가시키는 효과가 우세해 지게 되며 결국 내부순환흐름의 총량에 따른 최적점이 나타나게 된다.

IV. 분리벽을 통한 열전달 영향

분리벽형 증류탑과 Petlyuk 증류탑과의 중요한 차이 중의 하나는 분리벽형 증류탑은 예비분리기와 주분리기를 구분짓는 분리벽 양측 간의 온도구배에 따른 횡적 열전달이 발생할 수 있다는 것이다. 이러한 열전달 현상은 분리벽형 증류탑의 전체 성능에 긍정적 혹은 부정적 영향을 모두 끼칠 수 있다. 이러한 사실에 주목하여 Lestak등[8]은 주분리기의

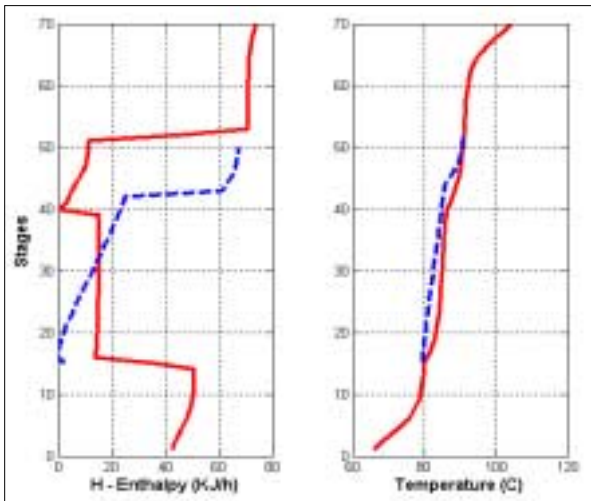


그림 5. 예비분리기와 주분리기의 총괄복합선도와 온도분포도(—: 주분리기, ...: 예비분리기).

Fig. 5. Grand composite curve and temperature distribution curve of prefractionation and main parts.

핀치점을 기준으로 분리벽의 수직구간을 열전달이 유용한 이득영역과 열전달이 불리한 손실영역의 두 영역으로 구분하고 이를 분리벽 설계에 활용하는 방안을 제안한 바 있다. 그러나 이 방법은 영역구분 상의 모호성과 열포켓 해석 상의 문제점을 내포하고 있다.

예를 들면 본 모사 연구의 경우, 분리벽형 증류탑의 총괄 복합선도(grand composite curve)와 온도 분포는 그림 5와 같다. 그림에서 y축은 단의 번호로서 탑정에서부터 탑저의 순서로 매겨져 있으며 예비분리기의 단 번호는 해당되는 주분리기의 단 번호로 표시하였다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 주분리기의 경우 40단의 핀치점을 중심으로 상부는 고온 유틸리티로부터 열을 받아야 하는 부분이며 하부는 저온 유틸리티로 열을 방출해야 하는 부분이다. 한편 예비분리기의 경우는 주분리기 17단을 중심으로 상부는 열을 받아야 하고 하부는 열을 방출하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 온도분포를 살펴보면 전 영역에 걸쳐 예비분리기의 온도가 주분리기의 온도보다 낮기 때문에 완전한 단열이 이루어지지 않는 한 열은 자연스럽게 주분리기에서 예비분리기로 흐르게 된다.

그림 5에서 보듯이 주분리기 17~40단의 영역은 주분리기가 열을 방출해야 하는 구간이고 열은 주분리기에서 예비분리기로 분리벽을 통하여 자연스럽게 흐르게 되므로 분리벽을 통한 열전달 허용 시 에너지 절감 이익을 얻을 수 있는 이득영역으로 분류될 수 있다. 반면에 주분리기 40~50단의 영역은 주분리기가 열을 받아야 하는 영역이지만 열은 주분리기에서 예비분리기로 흐르게 되어 있어 열전달이 바람직하지 못한 손실영역으로 해석할 수 있다. 여기서 상반된 결론이 나올 수 있는데 주분리기 40~50단의 영역은 예비분리기도 열을 받아야 하는 영역에 해당되므로 예비분리기 관점에서 보면 열전달이 바람직한 이득영역이 되어 열전

달을 적극적으로 허용해야 된다는 해석도 가능하다. 17단 이하의 구간도 유사한 이유로 이득과 손실 영역의 구분이 모호하게 된다. 따라서 이러한 경우 Lestak 등이 제안한 것처럼 복합선도와 온도분포 정보만으로 두 가지 영역을 분류하는 것은 불가능하게 된다.

또한 Lestak 등이 제안한 핀치점을 중심으로 한 영역 구분방법은 총괄복합선도에서 열포켓의 형태로 나타나는 부분들에 대하여 자체적 열 회수가 가능하다는 전제가 있어야 한다. 그러나 분리벽형 증류탑에서 우리가 고려하는 것은 단지 해당되는 예비분리기와 주분리기의 단 사이의 분리벽을 통한 열전달이므로 열포켓 부분의 열회수는 자연스럽게 배제되게 된다.

이러한 기존 방법의 문제점들을 개선하기 위해서 본 연구에서는 (1) 각 분리기에서의 엔탈피 기울기 정보를 바탕으로 분리벽 구간을 열공급자와 열소멸자 부분으로 구분하고 (2) 이것을 기준으로 주분리기와 예비분리기 관점을 모두 고려하여 열전달 이득과 손실영역을 구분하는 방안을 제안하고자 한다. 예를 들면 주분리기 39~40단에 해당되는 구간은 총괄복합선도의 엔탈피 기울기가 주분리기는 음이므로 열공급자이고 예비분리기는 양이므로 열소멸자이다. 한편 온도 분포도에서 보면 이 구간에서 열은 주분리기에서 예비분리기로 흐르게 되므로 명확한 이득영역으로 구분 된다. 또한 주분리기 15~16단에 해당되는 구간은 엔탈피 기울기를 볼 때 주분리기는 열소멸자이고 예비분리기는 열공급자인데 이 구간에서 열은 주분리기에서 예비분리기로 흐르게 되므로 명확한 손실영역으로 분류할 수 있다. 반면에 주분리기 17~39단과 40~50단에 해당되는 구간은 주분리기와 예비분리기 모두 열소멸자 구간이지만 열은 주분리기에서 예비분리기로 흐르게 되므로 이득영역인지 손실영역인지에 대한 결론을 내릴 수 없다. 따라서 이 구간들에 대해서는 가능한 모든 경우의 수를 비교하여 최소 에너지를 필요로 하는 경우를 시행착오법으로 확인하여야 한다.

표 2에 Lestak 등의 방법과 본 논문에서 제안된 방법에 의한 최적의 영역 구분 결과와 그때의 에너지 소비량을 비교하였다. 열전달이 일어나는 분리벽 구간에서의 열전달 계수

표 2. 분리벽 영역의 구분과 에너지 소비량.

Table 2. Classification of benefit and non-benefit areas in dividing wall and corresponding energy consumption.

	전체 단열	Lestak 등의 방법	제안한 방법
영역 구분	손실	손실 이득	이득 이득 이득 손실
소요 에너지량 (×10 ⁷ KJ/hr)	12.09	12.03	11.87

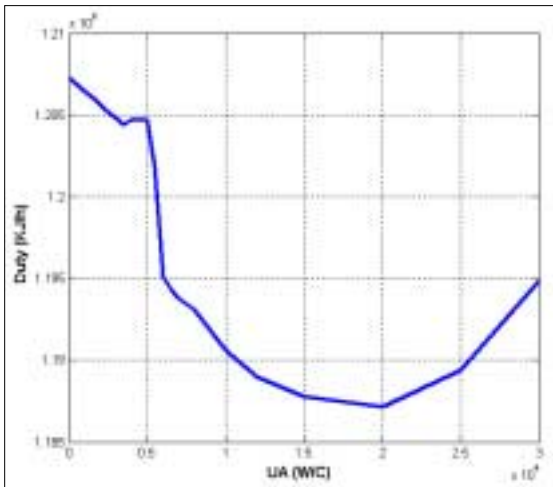


그림 6. 전열계수가 에너지 소비에 미치는 영향.
Fig. 6. Effect of UA on energy consumption.

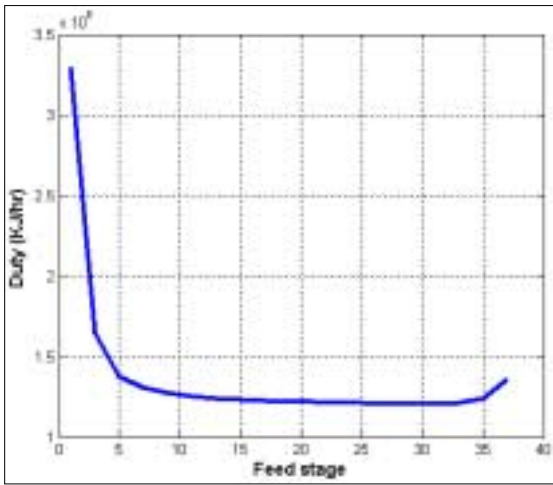


그림 7. 원료유입단의 변화에 따른 최소 에너지 변화.
Fig. 7. Minimum required energy vs. feed inlet tray change.

UA는 20,000 W/°C로 고정하였다. 표 2에서 볼 수 있듯이 분리벽 구간 전체를 단열하는 것보다는 영역구분에 의한 부분적 단열이 보다 에너지 효율을 높여줌을 알 수 있으며 특히 본 논문에서 제안된 방법에 의한 영역구분이 가장 작은 에너지 소비를 가져옴을 알 수 있다.

한편 이러한 영역별 전열 및 단열의 임의로운 조정을 실제 분리벽 제작시 어떻게 경제적으로 구현할 수 있는가가 분리벽 최적 설계의 실제 적용을 위하여 해결해야 할 주요 사안이 될 것이다.

V. 전열계수(UA)의 영향

만약 분리벽의 열전달 정도를 임의로 적절하게 조절할 수 있는 상황이라면 전열계수도 중요한 최적화 설계 변수가 될 수 있다. 분리벽을 통한 각 단 간의 열전달은 아래와 같이

표현될 수 있다.

$$q = UA\Delta T \tag{1}$$

여기서, q는 분리벽을 통한 열전달량, U는 총괄 열전달 계수, A는 각 단의 분리벽 면적, T는 벽 사이의 온도 차이를 나타낸다.

전열계수 값의 변화가 총 소요에너지에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 액상 및 기상 내부 순환흐름을 각각 500 kgmol/h와 900 kgmol/h로 고정하고 UA를 100~30,000 W/°C 범위로 변화시킨 전산 모사 결과를 그림 6에 나타내었다.

그림에서 볼 수 있듯이 최적의 전열계수 값이 존재함을 알 수 있는데 본 모사 연구의 경우 분리벽을 완전 단열한 경우와 최적의 전열계수 값으로 설계한 경우의 총 소요에너지 차이는 약 2.0×10⁶ KJ/hr 정도로 내부 순환흐름량 변수에 비해서는 상대적으로 작은 영향을 미치는 것으로 나왔다.

VI. 원료유입단의 영향

일반 증류탑에서의 설계 절차는 먼저 단수를 결정하고 다음으로는 원료유입단을 shortcut 방법을 이용하여 고정하며 나머지 변수들에 대하여 최적설계를 수행하는 것이다. 유사하게 분리벽형 증류탑에서도 원료유입단을 일반증류탑에서의 원료유입단 결정방법을 이용하여 먼저 고정하고 나서 나머지 변수들에 대한 최적 설계를 수행할 수 있다. 그러나 분리벽형 증류탑에서 예비분리기와 주분리기는 상호 복합적으로 결합되어 있기 때문에 원료유입단을 예비분리기만을 기준으로 독립적으로 결정할 경우 전체적 최적점에서 많이 벗어날 가능성이 있다. 원료유입단이 분리벽형 증류탑의 에너지 효율에 어느 정도의 영향을 가지는가를 알아보기 위한 모사 실험을 하였다. 그림 7은 원료 유입단의 변화에 대한 에너지 소비량의 변화를 나타낸 것이다. 이때 분리벽은 구간 단열로 고정하였지만 내부 순환흐름량은 각각의 원료 유입단 조건에서 최적 값을 구하여 적용하였다.

본 모사 연구의 경우, 기존의 shortcut 방법[9]에 의한 원료유입단은 23단으로 나왔다. 반면 최적화에 의하여 얻어진 최적 원료 유입단은 30단으로서 shortcut 방법의 결과와 비교하면 무시할 수 없는 차이를 보인다. 그러나 본 모사연구의 경우 그림 7의 결과에서 볼 수 있듯이 다른 설계변수의 경우와 비교할 때 비교적 넓은 범위의 원료유입단 변화에 대하여 전체 에너지 소비 정도가 그다지 크게 변하지 않는 것으로 나왔다. 이것은 원료 유입단의 경우 최적에서 다소 벗어난 값으로 설계되더라도 내부순환량을 적절히 설정해 줌으로써 전체적인 성능을 만족할만한 범위 내에서 유지할 수 있음을 보여주고 있다.

VII. 결론

분리벽형 증류탑의 최적 설계를 위하여 주요 설계 변수들이 에너지 소비에 미치는 영향을 엄밀 전산모사 연구를 통하여 분석하였다. 그 결과 분리벽 간의 내부 순환흐름 분포가 최적설계에 가장 큰 영향을 미칠 수 있음을 확인하였으

며 최적 값이 존재하는 이유를 예비분리기에서의 분리성과 관련하여 설명할 수 있었다. 분리벽을 통한 열전달도 시스템 전체의 분리성능에 많은 영향을 줄 수 있음을 확인하였으며 기존의 영역구분 방법에서의 문제점을 개선하기 위하여 총괄복합선도 상의 엔탈피 기울기를 기준으로 구분리기 및 예비분리기 모두의 관점을 고려하여 이득영역과 손실영역으로 분리벽 구간을 나누는 방법을 제안하였고 모사 연구를 통하여 그 효율성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] R. Legge, *Energy Management Focus*, vol. 2, no. 9, December, 1986.

[2] F. B. Petlyuk, V. M. Platonov and D. M. Slavinskii, "Thermodynamically Optimal Method of Separating Multicomponent Mixtures", *Int. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 555-561, 1965.

[3] R. Smith, "Chemical Process Design", McGraw-Hill, Singapore, 1995.

[4] Y. H. Kim, "Structure Design of Extended Fully Thermally Coupled Distillation Columns", *Ind. & Eng. Chem. Res.*, vol. 40, no. 11, pp. 2460-2466, 2001.

[5] L. Frigyes and C. Cyril, "Advanced Distillation Saves Energy and Capital", *Chemical Engineering*, pp. 72-76, July, 1997.

[6] E. Frank, K. Baerbel and R. Uwe, "Divided Wall Columns -a Novel Distillation Concept", *Petroleum Technology Quarterly*, pp. 97-103, Autumn, 2000.

[7] B. Hans, G. Sven, K. Helmut and V. James, "Partitioned Distillation Columns - Why, When & How", *Chemical Engineering*, pp. 68-74. January, 2001.

[8] F. Lestak, R. Smith and V. R. Dhole "Heat Transfer Across the Wall of Dividing Wall Columns", *Trans IChemE*, vol. 72, Part A, 639, 1994.

[9] C. G. Kirkbride, *Petroleum Refiner*, vol. 23, no. 9, pp. 87-102, 1944.



정성오

2001년 영남대학교 응용화학공학부(공학사). 2003년 영남대학교 응용화학공학부(공학석사). 2003년 3월~현재 (주)LG Siltron 재직. 관심분야는 공정제어, 공정설계.



이기홍

1999년 영남대학교 응용화학공학부(공학사). 2001년 영남대학교 응용화학공학부(공학석사). 2001년~현재 영남대학교 응용화학공학부 대학원 박사과정 재학중. 관심분야는 공정제어, 공정설계.



이문용

1982년 서울대학교 화학공학과(공학사). 1984년 한국과학기술원(공학석사). 1991년 한국과학기술원(공학박사). 1984년~1994년 (주)SK 공정기술연구소 선임. 1994년~현재 영남대학교 응용화학공학부 부교수. 관심분야는 공정제어, 공정설계.

설계.