

## TFT-LCD공정의 폐액 처리를 위한 증류공정 연구

윤문규<sup>1</sup>, 박명준<sup>2</sup>, 구기갑<sup>3</sup>, 이문용<sup>1\*</sup>,  
<sup>1</sup>영남대학교 공과대학 디스플레이화학공학부  
<sup>2</sup>(주)코렉스

<sup>3</sup>서강대학교 화공생명공학화, 바이오융합기술 협동과정  
 (mylee@yu.ac.kr\*)

### Study of Distillation Processes for Waste Solution Treatment from TFT-LCD Manufacture Process

Yoon Munkyu<sup>1</sup>, Myung-Jun Park<sup>2</sup>, Kee-Kahb Koo<sup>3</sup>, Lee Moonyong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of display & Chem. Eng., Yeungnam University

<sup>2</sup>Korex Co.

<sup>3</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering and Interdisciplinary Program of  
 Integrated Biotechnology, Sogang University

(mylee@yu.ac.kr\*)

#### 1. 서론

TFT-LCD 제조공정은 수많은 단위 공정들의 조합으로 구성되어 있다. 이들 중에 LCD 판의 PR 성분들을 세척하기 위한 STRIP 공정이 포함되어 있는데 이 STRIP 공정에서는 LCD 판의 PR 성분을 STRIPPER 라는 용제로 세척한 후 다시 DEVELOPER 라는 용제를 사용하여 LCD 판에 남은 잔류 STRIPPER를 씻어낸다. 이때 다량의 폐액이 배출 된다. TFT Etch 공정 후 PhotoResist 제거 액으로 사용하는 PR Strip 유기용제는 연간 사용량 약 30,000톤으로 원자재 구매비용 중 높은 비율을 차지하고 있다. 이러한 폐액은 환경, 대기 오염의 원인이 되고 있으며 etching 성능을 향상시키기 위한 새로운 유기혼합물이 포함된 stripper의 개발로 더욱 더 환경에 악영향을 미치고 있다. 현재 폐액들은 중화, 소각, 역삼투, 증발법 등으로 처리하고 있으나 대량의 여과 시스템 요구, 낮은 처리농도, 과도한 에너지 소모 등 그 처리의 한계로 인하여 폐액의 재활용 기술 및 분리정제기술, 새로운 stripper의 개발로 인한 용매회수공정 최적 운전조건의 연구가 요구된다.

본 연구의 목적은 이러한 문제점을 해결하기 위해 신규 Strip폐액의 효과적인 처리를 위한 증류공정의 개발과 새로운 Strip폐액을 증류기술 공정들에 적용하여 최적 운전 조건을 확인하고 에너지 절약 및 효율성을 높일 수 있는 공정을 설계하는 것이다. 컴퓨터 설계 tool을 이용하여 추출과 증류 공정을 전산모사하고 이들 공정의 기술적 타당성과 경제성을 비교 검토하였다.

#### 2. Strip폐액 처리를 위한 분리기술 적용

새로운 Strip폐액의 분리처리를 위한 공정으로서 Strip폐액의 성분들 사이의 상대휘발도 차이를 이용한 단순증류공정을 적용한 공정에 대하여 공정설계 package를 이용하여 simulation을 수행하고 경제성을 비교분석 하였다. 여기서 공정 Simulation을 위한 tool로서 Aspen사의 AspenHYSYS를 사용하였다. Strip폐액의 조성은 Table. 1에서 보인 바와 같이 유기성분이 혼합된 복합유기용제이다. 상분리를 위한 평형상수 계산은 Strip폐액 성분들의 비이상성을 고려하여 NRTL 식을 적용하였다. 본 simulation에 사용되었던 NRTL Binary Parameter값들은 UNIFAC식을 사용하여 성분의 기능기로부터 유추하여 구하였다.

이러한 전산모사에 의한 열역학적 분리현상의 모사는 비교적 신뢰성 있는 값을 제시해 주지만 보다 정확한 평가를 위해서는 반드시 실제실험을 통해서 열역학 물성치의 확보가 필요하다.

Table. 1 Feed Composition

성분	Type A(wt%)	Type B(wt%)
MEA(MonoEthanol Amine)	0	8.1
BDG(Butyl DiGlycol)	55	60
IPA(isopropyl alcohol)	1.9	1.2
H <sub>2</sub> O	10	8.2
NMP(N-Methyl Pyrolidone)	30	20
PR	2.8	2.4
Unknown	0.3	0.1
합계	100	100

## 2-1. Simulation

Strip페액의 효과적 분리처리를 위하여 여러 가지 증류공정을 적용하여 그림 1.과 같이 다단증류공정을 적용하였다. 전처리된 Strip페액은 예열기와 감압과정을 거쳐 에너지 효율성을 제고하기위해 flash drum을 이용하여 일정량의 물을 제거한다. 전처리 과정으로 물의 량을 줄이는 것은 후에 증류에 필요한 load를 줄이고 또한 장치비용 감소효과도 볼 수 있다. flash drum을 사용하여 일부 물을 제거하는 공정에서 물의 제거 양에 따라 증류탑 전체공정의 에너지소비량이 결정된다. 그림. 1에서 보는 바와 같이 물의 제거 비율이 높아질수록 전체 에너지소비량은 줄어든다. 하지만 제거비율이 높아지면 유기성분들이 같이 배출되어 많은 양의 loss가 생기게 된다.

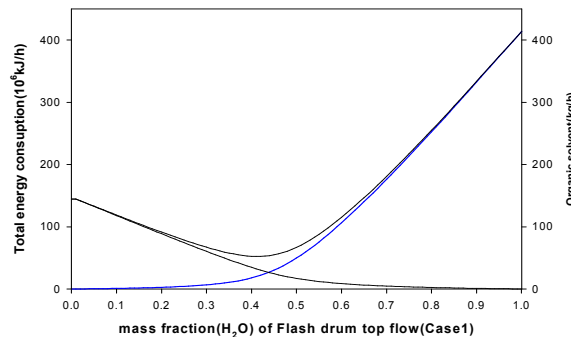


그림. 1 페액분리회수를 위한 다단 증류공정도

따라서 경제성이 있는 적정 물의 양을 유지하는 것이 중요하며 물의 제거 비율이 40% 이하 일 때 경제성을 확보할 수 있다. 유기용매의 회수율을 고려하여 최대제거비율의 물이 제거된 흐름은 1<sup>st</sup> column을 통해 탑정으로 저비점 물질인 MEA와 IPA, water를 분리하고 하부흐름으로 나오는 유기용매와 고비점의 불순물은 2<sup>nd</sup> column으로 유입되어 분리된다. NMP와 BDG가 혼합된 재생유기용매를 탑정으로 회수되고 고비점의 PR, Metal등은 탑저로 제거된다. 탑정으로 회수된 혼합된 유기용매는 그림. 1에서 보는 바와 같이 고순도의 개별 유기용매를 회수할 수 있음을 보여준다. 경제성을 제고를 위하여 탑정으로 회수된 재생유기용매는 3<sup>rd</sup> column을 통해 고순도의 NMP와 BDG를 분리하여 개별회수한다. Table. 2에 product spec과 operating spec을 나타내었다.

Table. 2 Design base

Product spec	2nd Column	3rd Column
Purity(%)	99.5	99.5
Recovery(%)	70-85	90-95
Operating spec		
Column Bottom Temp.	less than 190℃	
Column Pressure	97-250 torr	

원료로 사용되는 유기용매는 고온에서 decoloring이나 oligomerization의 발생이 우려가 있어 증류탑의 운전 온도는 190℃를 넘지 못하며 운전 압력 또한 감압에서 운전되었다.

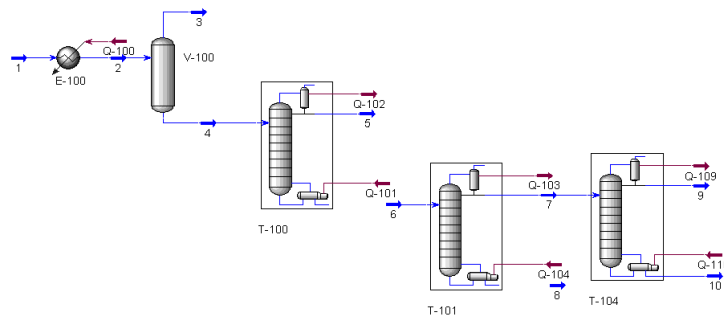


그림. 2 폐액분리회수를 위한 다단 증류공정도

공정모사 결과 각각의 원료종류에 따른 증류공정을 적용하여 모두 유기물질들의 요구되는 순도로 만족스러운 결과가 나왔으며 product composition 및 에너지 사용량을 Table. 3에 나타내었다. Type A, B 모두 분리에 경제적인 운전 압력은 200torr이며 회수율에 대해서도 만족한 결과를 보여 준다.

Table. 3 Product composition(Mass fraction) and energy consumption

	MEA	BGD	NMP	H <sub>2</sub> O	IPA	PR&Unknown	Total Heat Flow(kJ/h)
Case A	-	0.997	0.001	0	0	0.002	5.10×10 <sup>6</sup>
Case B	0	0.995	0.004	0	0	0.001	4.60×10 <sup>6</sup>

2-2. One-Column

다양한 증류공정에서의 경제성 제고를 위하여 One-Column에서의 에너지 소비량을 비교하였다. One-Column의 공정도는 그림. 2와 같고 유기성분을 개별회수하는 경우와 혼합액으로 회수하는 2가지 case에 대하여 simulation하였다.

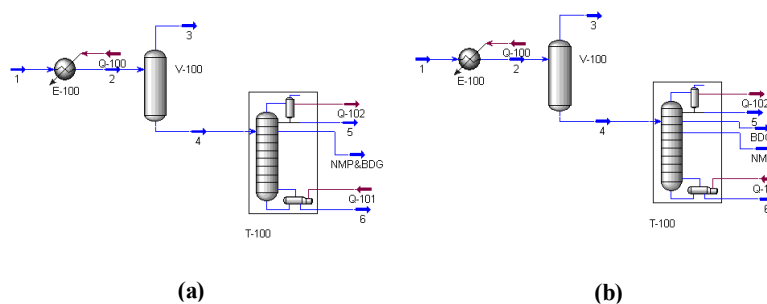


그림. 3 One-Column을 이용한 공정도(a: 혼합회수 b: 분리회수)

structure구조는 분리 spec을 만족하는 구조로 선택하여 simulation하였고 Table. 4와 같이 각 50단, 60단인 Column을 사용하여 simulation 하였다.

Table. 4 Structural design and Operation condition

	혼합회수	분리회수
Structural		
Number of trays	50	60
Feed	33	39
side stream	39	20 & 46
Operation		
Pressure(atm)	200	200
Reflux Ratio	18.76	20.91
Spec		
Purity(%)	99.5	99.5
Recovery(%)	90-95	90-95

Simulation 결과 에너지 소비량에서는 One-Column을 사용하여 폐액을 회수하는 것이 경제성이 있는 것으로 나왔으나 장치비용을 감안하여 최적의 분리구조를 개발하여야한다. 또한 향후 에너지 절감효과가 탁월한 신증류기술인 Divided-wall Column을 적용하여 적용해 볼 필요가 있다.

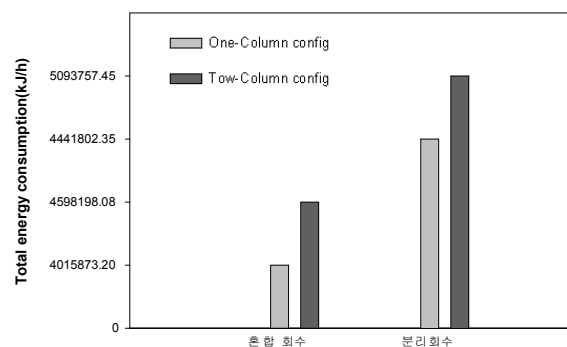


그림. 4 Energy consumption

### 3. 결론

TFT-LCD 제조공정 중의 발생하는 Strip폐액의 효과적 분리처리를 위하여 다단증류공정을 적용하여 Simulation 하여 최적의 공정과 운전조건을 확인하였다. 또한 에너지 절약 및 효율성을 높일수있는 공정에 대하여 simulation하였으며 이러한 공정모사를 기반으로 Strip 폐액의 재활용공정에 적용하면 원감절감 및 경쟁력 강화에 도움이 될 것으로 판단된다. 아울러 증류공정의 최적화 기술, 열통합 등과 같이 에너지 절감을 위하여 이러한 기술들을 병행 하에 사용한다면 에너지소요량은 각 경우에서 보다 더 줄어들 것이다.

### 감사

이 과제는 에너지 관리공단의 2006 에너지자원기술개발과제와 2단계 BK사업에 의하여 지원되었습니다.

### 참고문헌

- [1] R. Long, "Separation Processes in Waste Minimization", Marcel Dekker, 1995.
- [2] J. Thornton, "Science and Practice of Liquid-Liquid Extraction", Vol 1, Oxford Science Pub., 1992.
- [3] P. Schweitzer, "Handbook of Separation Techniques", 3rd, McGraw-Hill, 1997.