

**폐드럼 세척 공정의 폐액재생을 위한 회분식 증류 시스템 개발**

이정목, 김성현, 구재희  
고등기술연구원 Plant Engineering 센터

**Development of Batch Distillation Process System for Waste  
Solution Recycling from Cleaning Process of Waste Drums**

J. M. Lee, S. H. Kim, J. H. Gu  
*Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering*

**1. 서론**

일반적으로 폐드럼 재생공정은 드럼예열, 몸통성형, 세척, 탈사, 도장, 건조공정으로 구성된다. 이러한 일련의 공정중 세척공정에서는 주로 Toluene과 Methanol을 세척유로 사용하고 있으나, 운영비를 절감하기 위해 상대적으로 높은 단가의 Toluene은 Solvent와 혼합하여 사용하고 있는 실정이다. 또한 폐드럼 세척과정에서 폐드럼 내부에 잔류하는 폐유와 세척유가 혼합되어 폐세척유가 배출되고, 이러한 폐세척유는 수차례 반복 사용후 사용할 수 없는 폐액으로 배출되어 외부 위탁처리업체에서 최종 처분되고 있다.

폐세척유의 재사용에 따른 세척효율 저하와 재생드럼 품질저하로 인해 최종 세척공정에서는 깨끗한 세척유를 사용함에 따라 생산성이 감소되고 운전비용이 증가된다. 또한 세척공정에서 발생하는 폐세척유를 반복사용하기 위해 수차례 이송하는 과정에서 유해물질에 대한 작업자의 노출문제가 발생하고 있다.

현재 국내에서 폐유 및 폐유기용제 재생공정에 대한 관련 연구가 있으나 대상 시료 및 기존 공정에 대한 구성이 다르므로 폐드럼 세척공정에 대한 직접적인 적용에는 어려움이 있다. 따라서 폐드럼 세척공정에서 발생하는 폐세척유로부터 용제를 회수하여 효율이 높은 세척유로 재사용함과 동시에 유독 물질에 대한 작업자의 노출을 최소화할 수 있는 폐세척유 재생시스템의 개발이 요구되는 실정이다.

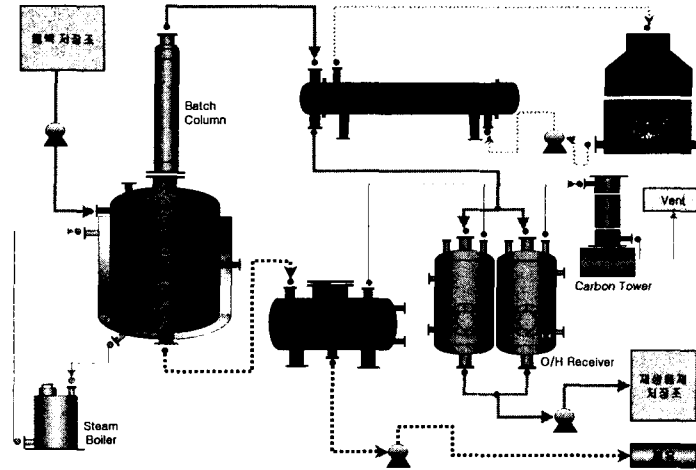
본 연구에서는 폐드럼 세척공정에서 발생하는 폐세척유에 대한 2 ton/batch급 회분식 증류시스템의 재생 특성 및 재생시스템 설치 유무에 따른 경제성을 고찰하였다.

**2. 실험 장치**

폐드럼 재생공장의 특성상 비교적 넓은 범위의 제품순도와 불규칙적인 운전 및 소량의 제품을 생산하는 경우에 적합한 회분식 증류를 적용하였다.

폐세척유 재생공정은 끓는점의 차이를 이용해 용액을 분리하는 회분식 증류공정으로 폐드럼 세척공정 중에서 배출되어 저장된 다양한 성상의 폐유기용제를 하부의 Kettle형 재비기에 공급한 후 스팀을 사용하여 가열한다. 재비기의 가열에 의해 압력차를 구동력으로 기상이 상승되고 환류되는 액상과 연속적으로 접촉시킴으로써 물질 및 에너지를 교환한다. 이와

같은 과정으로부터 휘발도의 차이를 갖는 원료의 각 성분들은 탑 상부와 하부로 분리된다. 탑 상부구성으로는 응축기, O/H Receiver, 활성탄 흡착탑으로 이루어져 있으며 발생한 증기는 응축기와 O/H Receiver를 통과한 후 응축되어 재생용제 저장조로 이송된 후 세척유로 재사용된다. 탑 하부에는 재비기에 남아있는 잔존 용제가 수집되는 하부탱크로 이루어져 있으며 탑 상부와 함께 유기적으로 연결되어 있다. 또한 용제의 악취를 제거하기 위하여 하부 탱크와 O/H Receiver에는 활성탄 흡착탑이 연결되어 있다. [그림 1]에 폐세척유 재생 회분식 증류시스템의 구성을 간략히 나타내었다.



[그림 1] 폐세척유 재생 회분식증류시스템 구성도

폐세척유 발생량은 본 재생시스템의 운전방식이 준연속식인 회분식운전을 설계기준으로 하여 페드럼 세척공정에 투입되는 취급시간을 최소화하기 위해 동일종류의 폐세척유를 저장한 후 일정량이 확보되면 폐세척유 재생시스템을 가동하여 세척유로 재생 사용하도록 구성하였다. [그림 2]에서는 페드럼 재생공장에 설치된 2ton/batch급 증류시스템의 전경도를 나타내었다.



[그림 2] 페드럼 재생공장에 설치된 2ton/batch급 회분식 증류시스템의 전경도

### 3. 실험결과 및 고찰

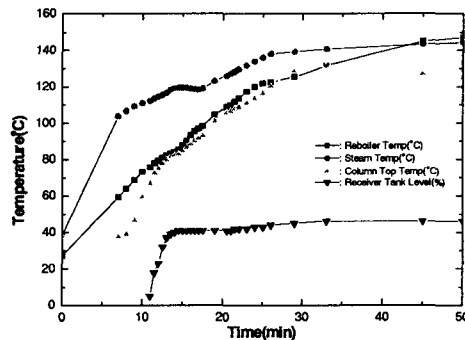
실제 페드럼 재생공장에서 사용된 폐세척유에 대한 성분 분석을 수행한 결과 Toluene (41.219 wt%), Methanol(0.215 wt%), Iso-Propylalcohol(0.002 wt%), Benzene외 44종(58.564 wt%)으로 이루어져 있음을 확인할 수 있었다. <표 1>에 폐세척유의 조성 및 물성을 나타내었다.

<표 1> 폐세척유 조성 및 물성

구분		조성(wt%)	구분	Toluene	Methanol
폐세척유	Toluene	41.219	비점(°C)	110.60	64.50
	Methanol	0.215	비중(g/cm <sup>3</sup> )	0.87	0.79
	Iso-Propylalcohol	0.002	비열(cal/g°C)	0.27	0.60
	Benzene외 44종	58.564	증발잠열(cal/g)	87.00	263.00

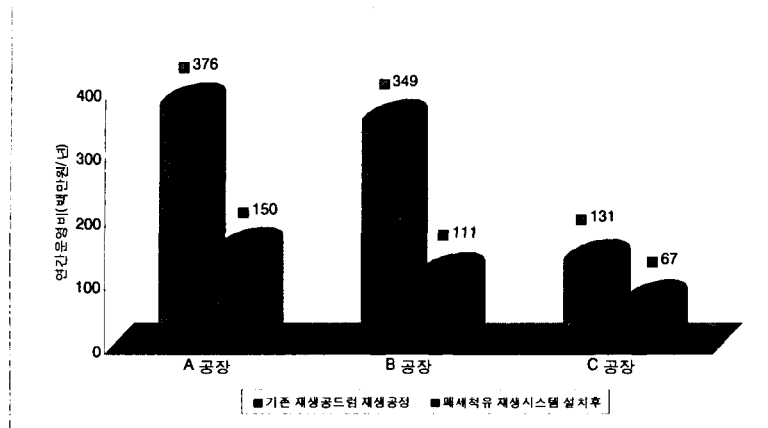
실제 페드럼 재생공장에서 사용중인 폐세척유를 pilot설비로 실험한 결과 메탄올 비점에서 얻은 product성분중에 비점이 비슷한 계면활성제가 메탄올과 같이 포함되어 있었다. 하지만 이러한 계면활성제는 쉽게 침전되어 메탄올과 분리가 일어나는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 초기 예열시 급격한 승온으로 용액이 bubble현상을 일으켜 비점이 비슷한 두 물질이 같이 나온 것으로 확인되었다. 이후 Toluene 비점 영역에서의 product는 순수한 Toluene만이 검출되는 것으로 나타났다.

2ton/batch급 회분식 증류시스템 운전시 상온,상압에서 Column온도를 65°C까지 서서히 예열한 후 메탄올을 먼저 분리하고, 120°C로 승온하여 Toluene을 분리한 후 일정 시점이후에 감압하여 분리하는 방식을 채택하였다. pilot실험에서 나타난 bubble현상은 메탄올 비점까지 서서히 가열함으로써 해결할 수 있었다. 또한 Toluene이 분리되는 후반부에서 감압증류로 운전하여 나온 회수율은 95.2%로 나타났다. [그림 3]에는 2ton/batch급 회분식 증류시스템 운전 Profile을 나타내었다.



[그림 3] 2ton/batch급 회분식 증류시스템 시운전 Profile

2ton/batch급 회분식증류시스템을 적용하였을 경우 얻게 되는 원가절감 및 생산성 향상을 분석하기 위하여 경제성 평가를 실시하여 48.9 ~ 68.2%의 연간운영비를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. [그림 4]에는 회분식 증류시스템의 경제성 평가를 나타내었다.



[그림 4] 회분식 증류시스템의 경제성 평가

#### 4. 결론

본 연구에서는 페드럼 세척공정에서 발생하는 폐액에 함유된 세척유를 기준으로 재생 세척유 회수율은 95.2%이며 페드럼 재생공정에 회분식 증류시스템을 적용시켰을 경우 연간 운영비의 48.9 ~ 68.2%의 원가절감율을 달성하는 것으로 나타났다.

회분식 증류시스템으로 인하여 기존 작업자의 유해물질 노출시간을 단축할 수 있었으며 폐세척유 취급환경을 개선할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 중소기업청 직무기피요인해소사업의 연구비 지원을 통해서 이루어진 것입니다.

#### 참고문헌

1. 홍범의, 박용호 : “회분식 증류탑의 Scale-up 특성연구”, 한국화학공학회 추계학술대회, 3595 (2001)
2. 황종식, 김형락, 김명수 : “감압증류에 의한 석유정제 상압잔사유와 폐윤활유의 혼합처리 및 공정모사”, HWAHAK KONGHAK, Vol. 33, No. 2 (1995)