

## 염색폐수 리사이클 및 열 회수장치

### -Diaphragm filtration system-

2010. 4. 08. BENNINGER GROUP(Switzerland) 제공 자료 요약

미래 물 부족 사태가 도래할 것이라는 의견이 팽배한 가운데, 인구가 증가하면 물 소비는 그 두 배 이상 증가한다는 이론에 따르면, 100년 후 세계 인구가 지금의 3배까지 증가하면 물 또한 지금의 6배 이상이 필요로 한다는 계산이 나온다. 더구나 1970년 이후 지구상의 유용 가능한 총 물의 양이 약 40%나 감소한 것으로 발표되고 있어 물 부족 현상이 범지구적인 문제로 부상하고 있음을 실감할 수 있다.

섬유산업은 대량의 용수를 사용하는 대표적 산업으로, Single cotton shirt 한 벌을 생산하는데, 면화 생산에서부터 염색가공 등 최종 제품화에 이르기까지 약 2,500~3,000리터의 물이 필요하다는 통계자료는 우리에게 시사하는 바가 크다 하겠다. 특히 가장 많이 물을 사용하고 있는 공정은 염색 가공공정으로, 물을 많이 사용한다는 것은 폐수를 다량으로 방류하고 에너지를 다량으로 소비한다는 의미로, 이미 일부 국가에서는 용수 부족현상과 대량의 폐수방류 및 에너지 난 등으로 섬유 염색가공업 자체가 어려워지고 있고 사회문제화 되고 있다는 소식이다.

따라서 현 시점에서의 열쇠는 용수와 원료물질 재활용과 에너지회수 절감이다.

Benninger에서는 이러한 문제에 대응하기 위해 염색폐수와 원료 재활용과 에너지를 절감할 수 있는 새로운 시스템을 개발하였다. 이 시스템이 바로 Diaphragm Filtration system으로, 다음과 같은 공정으로 이루어진다.

- a) 오염된 공정수 정화. 오염물질은 농축(Zero discharge)
- b) 재활용 가능한 물질은 폐수로부터 재회수 사용(호료, 가성소다 등)
- c) 에너지 회수

### Diaphragm filtration system

Multi-stage diaphragm filtration system은 ultrafiltration(이하 UF) 단계와 그 하단의 reverse osmosis(이하 R/O) 단계이다. UF는 ceramics diaphragm방식으로, 이 diaaphragm은 95℃의 고온에서도 long chain organic 물질과 각종 입자성 물질 및 염 등을 완벽히 걸러준다. 이 시스템으로 여기서 걸러진 물은 바로 공정수에 사용할 수 있고 최종 제품 품질에도 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

이 시스템은 섬유산업 뿐 아니라 식품이나 의약품 산업에서도 사용이 가능하며, 내약품성과 내열성이 있고 정기적 역세척으로 성능회복이 가능하다. 또 섬유 공정수로부터 방출되는 폐수에 직접 연속 공정으로 연결 사용할 수 있다. UF는 R/O 시스템 앞단 설치로 R/O 오염을 방지하고 시스템의 수명을 보장한다.

UF와 R/O으로 80%의 폐수를 재활용할 수 있고, Diaphragm filtration system으로

폐수 내 칼라 제거는 물론 COD 값을 100~300mg/L 사이로 낮출 수 있으며 전도율을 100 $\mu$ s/cm 까지 감소시킬 수 있다.

이상의 시스템을 최적화시키기 위해 당사에서는 폐수 성상과 오염량 등을 사전 조사하고, 이를 바탕으로 염색가공 폐수이 mass balance를 다음과 같이 정리하였다.

**Table 1: Typology of textile waste water**

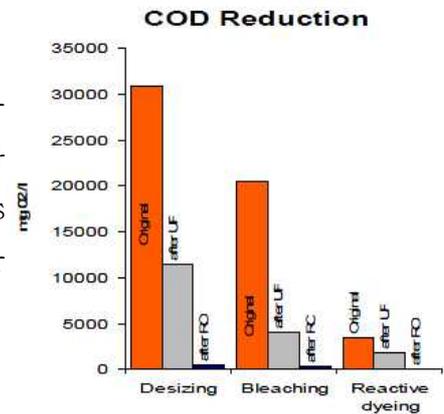
	Pretreatment	Dyeing	Printing
Temperature [°C]	80 – 90	40 / 60 /95	60 / 95
COD	5,000 - 25,000 mg O <sub>2</sub> /l	1,000 - 3,000 mg O <sub>2</sub> /l	2,000 - 15,000 mg O <sub>2</sub> /l
Other	Size Caustic soda Washing & wetting agents Salts of earth-alkaline metals Organic impurities	Dissolved dyestuffs (reactive, direct, acids) Dye pigments (vat dyes, disperse dyes, pigment dyes)	Dissolved dyestuffs (reactive, direct, acids) Dye pigments (vat dyes, disperse dyes, pigment dyes) Thickener, salts, washing & wetting agents

이상의 내용을 토대로 각 공정별 처리결과를 다음과 같이 정리할 수 있다.

### Desizing

Desizing 공정은 극히 높은 COD 부하를 배출한다. 동시에 회수 가능한 원료물질은 물에 용해된 호료이다. 따라서 UF 는 열과 약품에 대한 내성이 있는 ceramics diaphragm이 요구된다. 이로서 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

- Water recycle : 85~90%
- Size recycling : 75~85%
- Heat recovery : 70%



### Bleaching & scouring

Cotton bleaching에서 배출되는 폐수 역시 면으로부터 배출되는 유기물질 등을 포함해 과도한 COD 부하를 갖고 있다. 약간의 확색을 띄고 있기 때문에, 이 역시 UF와 R/O 시스템으로 제거할 수 있으나, 농축수의 재사용을 할 수 없다. 이 단계에서 배출되는 농축수는 재처리 농축과정을 거쳐 고형화하고 소각한다. 이로서 이 공정에서는 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

- Water recycling : 80~90%
- Heat recovery : 70%

### Mercerizing

Mercerizing 공정은 60g/L 정도의 고농도 가성소다 폐수가 배출된다. UF는 초기에 폐액 내 오염물질을 제거하고 폐액 내 가성소다를 농축한다. 이후 가성소다는 35~42°C 정도까지 일반 증류기에서 농축되어 mercerizing 공정으로 재투입된다. 이 단계를 거친 후의 효과는 다음과 같다.

- Caustic soda : 75~80%
- Water recycling : 80~95%
- Heat recovery : 70%

## Dyeing

염색폐수에는 많은 색소와 높은 전해질로 구성되어 있다. 따라서 UF와 R/O의 복합 시스템이 필요하다. 여기에 Diaphragm system이 사용되며, 그 결과는 다음과 같다.

- Water recycling : 80~90%
- Heat recovery : 70%

## Processing the concentrates

위에 언급했듯이, Diaphragm system 에서의 농축공정은 size 재활용과 가성소다 재사용에 활용된다. 다른 농축공정의 경우 고농도 오염이 된 폐액으로, 이것이 강이나 호수로 흘러갈 경우 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 그러나 당 시스템은 무방류(zero discharge) 시스템으로, 모든 오염 농축수는 증류공정을 거쳐 고체화 해 이를 소각하는 방식으로 이루어진다.

니트웨어 가공공정은 desizing 공정을 거치지 않지만 woven fabric과 동일한 원리가 적용된다. 그러나 니트웨어 가공공정에서 사용하고 있는 jet flow나 soft flow 염색기와 같은 침염설비를 사용하고 있기 때문에 일반 open-width 가공시스템보다는 2~3배의 용수 및 에너지가 더 필요하나, 여기에도 당 시스템의 효과는 보장할 수 있다.

## Operating cost

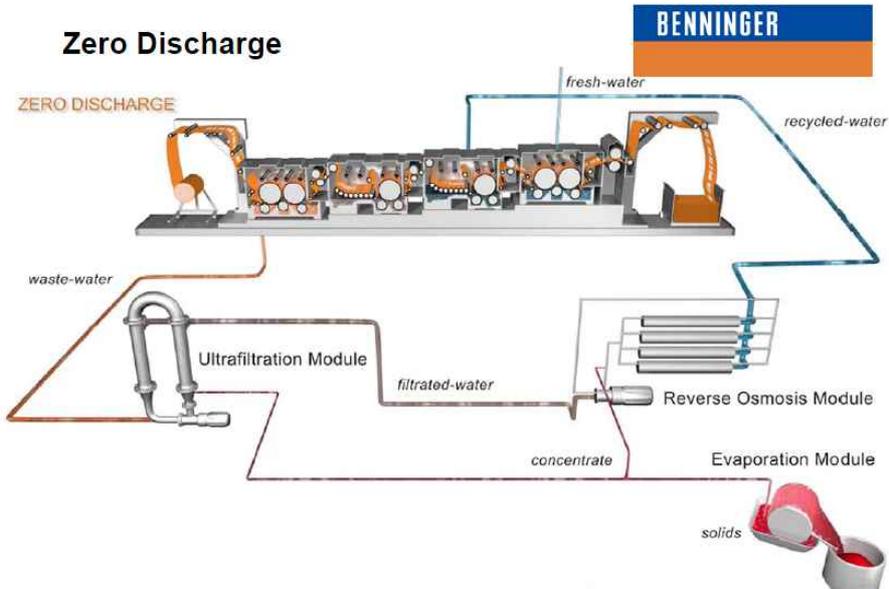
Diaphragm filtration 플랜트는 완전 자동화 시스템이다. 온도와 유량 압력 등 각종 파라메타에 의해 PLC로 조정하고, 필터의 역세척 역시 이를 바탕으로 자동으로 이루어진다.

초기 투자비는 polymer diaphragm보다 높지만, 내열성과 내화학성이 높고 수명도 기존의 2~3년보다 긴 5~10년을 보장하기 때문에 운영비가 감소하고, 운전 코스트 역시 0.6€/m<sup>3</sup>에 불과하기 때문에, 폐수 재활용 시스템으로만 이용할 경우 투자회수는 2~3년 내에 이루어진다. 만약 가성소다를 재이용 할 경우 이보다 짧아 1~2년내 투자회수가 가능하다. 그러나 앞으로 점차 증가하는 에너지 코스트 등으로 지역에 따라 투자회수기간이 이보다 짧아질 수도 있다.

### Ressource Management



### Zero Discharge



### Operating principle of the membrane filtration system

