

## 오존을 이용한 용수 재활용

한태성, 김종부, 김경수, 최삼용, 전병대  
한국생산기술연구원, IEI(주)

### 1. 서론

우리나라는 삼면이 바다로 둘러 싸여 있고 홍수가 주기적으로 발생하여 물이 풍부한 것처럼 보이지만 일반적으로 보이는 것과는 다르게 직접적으로 사용할 수 있는 수자원 빈국에 속한다. 연평균 강수량은 세계 평균강수량 보다 많지만 강수량이 여름철 호우기에 집중되어 있어 일시적으로 바다로 흘러 들어가므로 수자원 이용 효율성이 낮은 편이다.

염색공장에 적합한 중수시스템은 반드시 색도를 제거할 수 있고 약품의 첨가가 없는 경제적인 시스템을 채택하여야 하므로 R/O나 오존을 채택하여야 한다. 그러나 아직까지 R/O는 유지관리비용이 높아 현장에 채택하기에는 경제성이 떨어지기 때문에 오존공법을 선정하는 것이 타당하다고 판단되며 비용의 최적화를 위하여 활성탄을 병행하여 처리효율을 높였다.

### 2. 실험

#### 2.1. 실험실

##### 2.1.1 시료

염색공정의 대표적인 용수인 전처리수, 산성염료 염색용수, 분산염료 염색용수의 최종 수세수를 원수로 사용하였다.

##### 2.1.2. 오존 처리 조건

IEI사 실험실용 오존산화장치를 이용하여 물 20L에 배치식으로 오존처리 하였다. 오존 25ppm 투입 후, 활성탄(A.C) 처리와 미처리 효율을 평가하였다.

#### 2.2. 현장

##### 2.2.1. 시료

분산염료 염색 수세수를 10톤을 채수한 후, 시간당 0.6톤 처리하도록 조절하여 연속적으로 처리하였다.

##### 2.2.2. 오존 처리 조건

IEI사 오존산화시스템으로 연속적으로 처리하였으며 처리공정은 다음과 같다.

- 필터 → 집수정 → 오존산화장치 → 활성탄여과 → SS필터 → 재이용수조
- 오존투입량 : 50ppm
- 유량 : 10L/min

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 실험실

Fig. 1에서 보는 바와 같이 양모 전처리 수세용수는 BOD와 색도제거효율은 81.08%, 83.66%로 매우 높았으나, 원수의 COD<sub>Cr</sub>과 SS부하량은 1,598.2ppm과 84.0ppm으로 매우 높았고 오존 처리 효율은 38.21%, 63.10%로 낮았다. 이는 물에 용해되기 어려운 고농도의 난분해성 물질이 많이 함유되어 있기 때문에 COD<sub>Cr</sub>과 SS부하량이 높은 것으로 판단된다. COD<sub>Cr</sub>이 높을 경우에는 산화 환원에 민감한 염료에 영향을 미치며, SS성분이 높을 경우에는 Milling type 산성염료의 균염성에 영향을 미치기 때문에 오염물질 농도가 높은 양모 전처리 수세용수는 재활용수로서는 부적당하다.

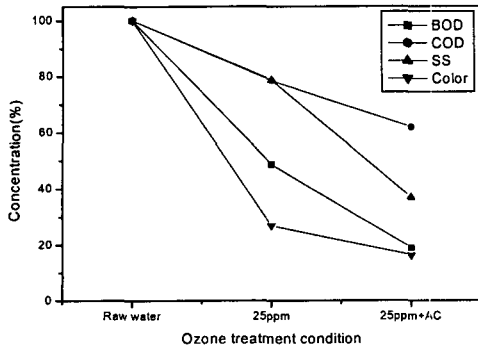


Fig. 1. Ozone treatment efficiency on Pretreatment effluent

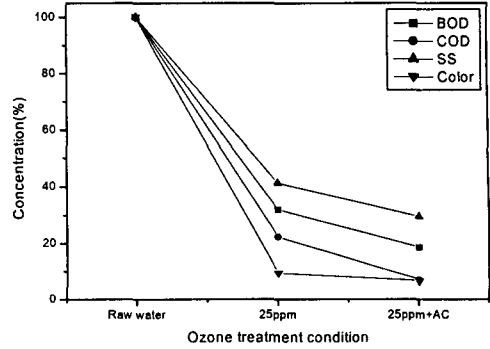


Fig. 2. Ozone treatment efficiency on Acid dye effluent

Fig. 2에서 보는 바와 같이 산성염료 수세용수는 BOD, COD<sub>Cr</sub>, 색도제거효율은 81.52%, 93.06%, 93.44%로 매우 높았으나, SS제거효율은 70.59%로 다소 낮았다. 일반적으로 염색가공 현장에서는 염착율이 매우 높은 염료를 사용하고, 산성염료는 수용성이기 때문에 오존에 대한 제거효율이 매우 높다. 따라서 재활용수로서는 매우 적절한 조건을 가지고 있다.

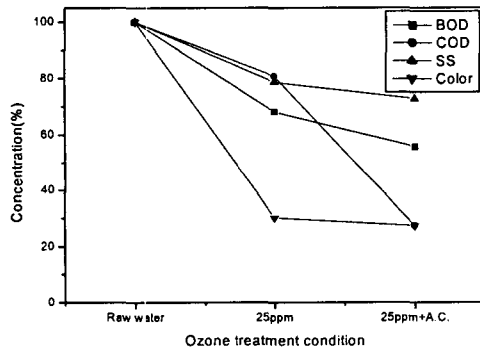


Fig. 3. Ozone treatment efficiency on Disperse dye effluent

Fig. 3에서 보는 바와 같이 분산염료 수세용수는 COD<sub>Cr</sub>과 색도제거효율은 72.66%, 72.82%로 산성염료 염색폐수에 비하여 처리효율이 다소 떨어졌으며, BOD와 SS제거효율은 44.33%, 27.38%로 매우 낮았다. 폴리에스테르 알칼리 감량물을 염색할 경우에는 중성염인 다량의 SS성분이 발생하고, 물에 불용성인 분산염료는 BOD제거효율이 매우 낮다. 그러나 분산염료는 염착율이 높기 때문에 색도와 BOD 부하량은 산성염료 염색폐수보다 양호하여 재활용수로서는 적절하다.

### 3.2. 현장

분산염료 수세용수의 실험실 실험결과 Fig. 3과 현장 실험결과 Table 1을 비교하면 실험실 결과에 비하여 현장 실험결과가 매우 양호한 것을 알 수 있다. 실험실 실험에 비하여 현장 실험에서는 오존의 농도를 2배 적용한 것도 있지만, 실제로 실험실설비 보다 현장설비가 부상분리조, 오존산화조 및 다중여과조가 더 있고 A/C필터까지 있으므로 정수효율이 높고 수질이 안정적으로 유지된다. 실험실 실험에서는 BOD와 COD<sub>Cr</sub>의 제거효율이 44.33%, 72.66%이지만 현장설비에서는 87.08%, 94.23%의 제거효

율을 나타내고 있다. 현장 실험시 원수의 BOD/COD<sub>Cr</sub>은 0.79이었지만, 오존 처리수의 BOD/COD<sub>Cr</sub>은 1.78로 매우 높기 때문에 호기성 생분해성이 매우 좋은 용수로 변화된 것을 알 수 있다.

Table 1. Ozone treatment efficiency on Disperse dye effluent

	BOD	COD <sub>Cr</sub>	SS	Color
Before treatment	70.80ppm	89.26ppm	11.00ppm	59.90
After treatment	9.15ppm	5.15ppm	5.00ppm	7.91
Efficiency	87.08%	94.23%	54.55%	86.79%

#### 4. 용수재활용을 통한 경제성

공정용수를 재활용수로 이용하는 경우, 근본적으로 폐수발생량을 감소시키므로 폐수처리비가 큰 폭으로 감소하고(국내평균:1,000원/톤) 고온폐수를 이용하는 경우는 폐수 속에서 오염물만 제거하고 열을 그대로 활용하므로 에너지 절약효과도 대단히 크다.

절감비용을 보면 10ppm이 가장 절감액이 크나 수질이 다소 불안하므로 유입수질의 변화에 대응할 수 있고 사용하는 수질을 보장할 수 있는 30ppm 정도를 사용하는 것이 가장 바람직하다.

앞으로 동두천에 설립되고 있는 염색단지가 수돗물을 사용하도록 설계되어 있고 물분담금은 계속적으로 상승하고 있으므로 처리 후 오존 고도처리를 하고 재사용할 수 있다면 충분한 경제성이 있음을 알 수 있다. 그리고 갈수기 경기지방의 경우 공업용수 부족이 심각하여 생산 및 수출에 큰 지장을 초래하고 있으므로 적극적으로 재활용시스템을 도입하는 것이 바람직할 것으로 기대된다.

- 물 재활용 200톤/일(설비가격 200톤 일 경우 약 6천 만원), 오존 농도 30ppm

원 가 :  $30g \times 3.5\text{원}/g \times 200\text{톤}/\text{일} = 21,000\text{원}/\text{일} = 6,300,000\text{원}/\text{년}$   
 활성탄 7,000,000원/년

상하수도료 :  $1,500\text{원}/\text{톤}(\text{폐수처리비를 포함할 경우}) \times 200\text{톤}/\text{일}$   
 $= 300,000\text{원}/\text{일} = 90,000,000\text{원}/\text{년}$

절 감 액 : 76,700,000원/년

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부 국가청정지원센터의 지원을 받아 수행하였으며 이에 감사 드립니다.

#### 5. 결론

1. 공정수를 재활용할 경우 자금회수 기간이 1년 미만으로 경제성이 우수하다.
2. 재활용수 원수의 채취장소는 오염부하량이 낮은 염색 전처리수, 염색이나 낮은 감량의 최종세정수 등을 사용할 수 있고 재활용은 감량가공의 1, 2차 세정수, 중~농색 염색의 1, 2차 수세수, 축융 등에 사용 가능하다.
3. 오존산화는 오염부하량에 따라 오존의 용량이 다소 다르지만 30~50ppm정도 투입하는 것이 가장 경제적이다.
4. 향후 물부족이 심각한 경우 오존처리에 의한 재활용기술을 도입할 경우 수자원을 절약할 수 있고 경제성이 확보되므로 우수한 결과를 얻을 수 있으며 동두천의 염색단지과 같이 상수도를 사용하는 현장에서는 경제성을 확보할 수 있고 향후 신설공단이 건설될 때에 본 용수재활용기술을 도입하면 청정생산기술에 크게 기여하리라고 사료된다.

## 참고문헌

1. 한태성의 12인, "염색가공공정의 용수재활용기술 및 EMS를 통한 청정생산 진단지도사업", 산업자원부, 2002.
2. 이종래외 7인, "오존접촉 효율 향상에 의한 염색폐수 처리기술 개발", 산업자원부, 2001.
3. Bruno Langlais et. al, "Ozone in Water Treatment", Lewis Publishers, 1991.
4. Franciss L. Evans et. al, "Ozone in Water and Wastewater Treatment", Ann Arbor Science Publishers Inc., 1972.
5. Glaze, W. H., Kang, J. W and Chapin, D. H, "The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Irradiation", *Ozone Sci. and Eng.*, Vol. 9, No. 4, pp.335~352, 1987.