

부상공정의 색 제거에 대한 pH 및 아민 투여량의 영향

노성희, 나재운*, 김선일

조선대학교 화학공학과, 순천대학교 고분자공학과*

전화 (062) 230-7219, FAX (062) 230-7226

ABSTRACT

The removal of colours from aqueous solution and/or dispersions has been studied by dispersed-air flotation, in a semi-batch column. Two colours were used for the experiments: Basic Yellow 28 (basic) and Direct Orange 31 (basic). All two were effectively removed by flotation within 8 min. Sodium dodecyl sulfate, sodium oleate and amines were found to be effective as collectors in the removal of colour, which was found to be related to the pH of the solution and the amount of collector added to it, with high collector dosages causing the process to become pH-independent.

서론

색도 제거기술로는 응집처리법, Fenton 산화법¹⁾, Ozone 처리법²⁾, 전자빔에 의한 처리법, 활성탄 흡착에 의한 처리법³⁾, 막 분리에 의한 처리법⁴⁾ 등이 있으며, 그밖에 많이 이용되는 방법으로는 미생물의 흡착성능을 이용한 미생물처리법⁵⁾과 유기계 및 무기계 흡착제를 이용하는 방법, 차아염소산나트륨(NaOCl), 아염소산나트륨(NaClO₂), 이산화염소(ClO₂)의 산화처리법 등이 있다. 염색폐수의 색도 제거는 한가지 방법에 의해서는 해결하기 어렵기 때문에 탈색처리를 위해서는 오염원의 정확한 특성과 약 및 기존처리 시설과의 연계처리 문제, 경제성 등을 고려하여 신중하게 결정되어야 한다. 아직까지도 국내에서는 염색폐수의 색도 제거에 대한 뚜렷한 처리기법이 제시되고 있지 않은 상태이므로 선정방법에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대부분의 염색공정에 사용되는 염료가 수용성이고 SS의 비중이 물과 거의 비슷하므로 공기를 주입해 미세한 기포로 걸보기 비중을 작게 하여 착색물질을 제거하는 비교적 간단한 부상공정(flotation process)을 이용하여 염색폐수 중 색도를 제거하기 위한 새로운 방법을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

부상(flotation) 실험은 내경 3.0 cm, 높이 30 cm인 column을 실험실 규모의 크기로 제작하여 사용하였으며, 세공크기가 10 μ m인 원통형 세라믹 기체분출기(gas diffuser)로 공기를 주입하였다. Column에 분사시킨 공기 주입량은 모든 실험에서 기체 유량계

(gas flow meter)로 조절하여 100 mL/min으로 유지하였다. Sodium dodecyl sulfate (NaLS: 순도 90%)는 Junsei Chemical사, 1-hexadecylamine(순도 99%), dodecylamine (순도 99%), octylamine(순도 99%) 및 sodium oleate(NaOl: 순도 98%)는 Aldrich Chemical사의 제품을 collector로 사용하였다. 착색 수용액을 제조하기 위하여 Sigma 사의 염기성 염료인 Basic Yellow 28(BY) 및 직접염료인 Direct Orange 31(DO)을 사용하였으며, 염료의 농도를 결정하기 위하여 Shimadzu사의 UV spectro-photometer를 사용하여 최대흡광도(λ_{max})에서 표준검량선을 작성한 후 결정하였다. 염기성 염료인 Basic Yellow 28의 색 제거율을 알아보기 위하여 양으로 하전된 무기입자(mineral particle)를 선별하는데 주로 이용되는 음이온 collector인 sodium dodecyl sulfate(NaLS)와 sodium oleate(NaOl)를 사용하였다. 각각의 용액에 collector를 주입하여 10분 동안 200 rpm으로 교반한 후 각각 300 mL씩 취하여 회분식 반응기인 column에 주입하고 column의 밑부분에서 공기를 불어넣어 색 제거 실험을 수행하였다. Collector의 농도에 따른 색 제거율에 미치는 영향을 조사하기 위해 collector와 색 농도의 몰비를 0.2~1.8까지 변화시켜 실험을 수행하여 가장 효율적인 몰비를 조사하였으며, 또한 용액의 pH에 따른 영향을 조사하였다. Direct Orange 31의 색 제거에 사용된 아민류 collector들은 1-hexadecylamine, dodecylamine, 및 octylamine이다. Collector들의 투여량이 색 제거율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 pH를 4.0으로 동일하게 유지시키고 투여량을 2~16 mg/L로 다양하게 변화시키면서 실험을 수행하였다. 또한 용액의 pH가 색 제거율에 미치는 영향을 조사하기 위해 pH를 4.0~8.0으로 변화시키면서 세가지의 collector 중 dodecylamine의 투여량을 0~16 mg/L의 범위에서 pH에 따른 최대 제거율의 변화를 관찰하였다.

결과 및 고찰

- 음이온 collector들의 투여량과 용액의 pH에 따른 색 제거율에 미치는 영향
Collector를 첨가하지 않은 부상실험에서는 최대 제거율이 8%정도로 매우 낮게 나타났다으며, NaOl 보다 NaLS를 첨가하였을 경우가 더 효율적으로 색이 잘 제거되었으며, NaLS와 NaOl은 용액에 10~50 mg/L로 첨가할 때 약산성과 알칼리성을 띄었으며, 각각 collector들의 색 제거율은 40~99% 및 42~93%로 유사하게 나타났다. 그러므로 색을 제거하기 위한 부상실험에서 collector 농도는 크게 영향을 미친 반면 pH는 별로 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다. Fig. 1에 나타난바와같이 NaLS는 두 인자의 몰비가 0.6에서 96%, 1.0에서 최대 99%까지 제거된 반면, NaOl은 0.6에서 70%, 1.0에서 최대 제거율은 90%로 NaLS가 NaOl보다 색을 제거하는데 더 효율적이었다. NaLS는 두 인자의 몰비가 0.6~0.7 정도, 즉 색 농도가 50 mg/L일 때 NaLS 투여량은 20~30 mg/L에서 효율적이라는 것을 알았다. 위의 실

험결과로부터 수용성인 염료 입자를 소수성으로 유도하기 위해 사용된 음이온 collector를 주입할 경우 column의 상부에서 응집된 침전물이 발생하여 색이 제거된 것으로 보인다.

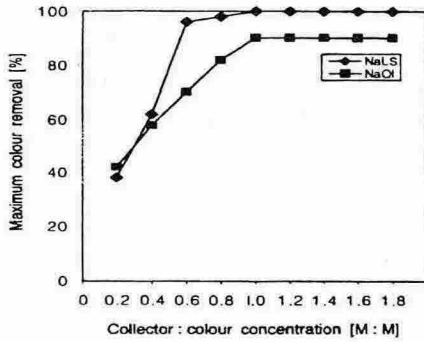


Fig. 1. Effect of collector : colour concentration ratio on colour (Basic Yellow 28) removal by flotation. Initial colour concentration; 50 mg/L(1.45×10^{-4} M).

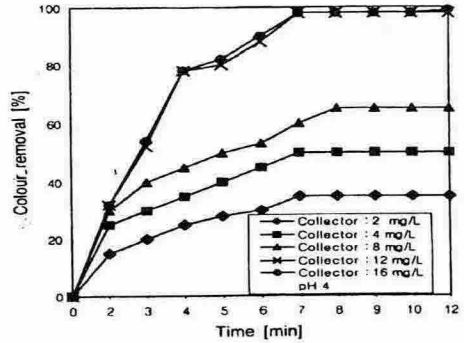


Fig. 2. Colour (Direct Orange 31) removal by flotation with dodecylamine.

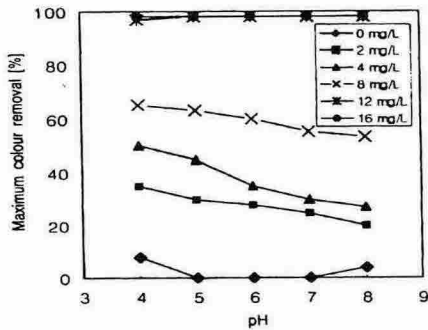


Fig. 3. Effects of pH and a dosage of dodecylamine on colour (Direct Orange 31) removal by flotation.

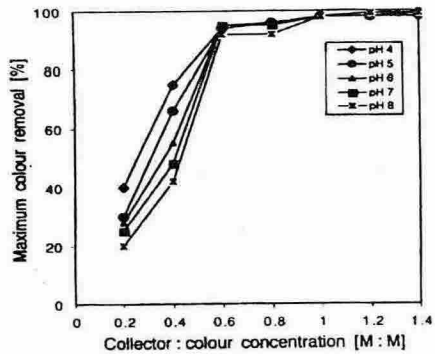


Fig. 4. Effect of collector (dodecylamine) concentration on colour (Direct Orange 31) removal by flotation.

- 아민류 collector들의 투여량과 용액의 pH에 따른 색 제거율에 미치는 영향
 동일한 pH 4.0의 용액에 아민류의 투여량을 8 mg/L에서 12 mg/L로 증가시킨 실험에서 색 제거율을 비교하면, octylamine은 60%에서 96%로, dodecylamine은 65%에서 98%로 증가하였으며, 아민류 중 가장 긴 사슬을 가진 1-hexadecylamine을 투여할 때의 제거율은 30%에서 93%로 증가하였다. 아민류의 첨가량에 따른 색 제거에 미치는 영향을 보다 세밀히 관찰하기 위해 pH를 4.0으로 일정하게 유지시

키고, 색 제거 효율이 가장 우수한 dodecylamine의 투여량을 변화시켜 실험한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 투여량이 2 mg/L, 4 mg/L 및 8 mg/L 일 때 최대 제거율은 각각 35%, 50% 및 65%로 투여량이 증가할수록 증가하였으며, 12~16 mg/L 이상의 많은 양을 첨가할 경우에 최대 제거율이 모두 98% 이상으로 아주 높게 나타나 투여량이 색 제거율에 커다란 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 3에 나타난바와 같이 2 mg/L를 첨가하였을 때는 pH가 4에서 8로 증가함에 따라 최대 제거율은 35%에서 20%로, 4 mg/L를 첨가하였을 경우에 50%에서 27%로, 8 mg/L를 첨가할 때는 65%에서 53%로 감소하여 투여량이 2~8 mg/L에서는 색 제거율이 pH에 의존하는 것으로 나타났고, 12 mg/L이상을 첨가하였을 때에는 pH에 의존하지 않고 모든 pH 범위에서 98% 이상의 제거율을 나타내었다. Fig. 2, 3의 결과로 보아 색 제거에 있어서 dodecylamine의 임계투여량(critical dosage)은 12 mg/L라는 것을 알 수 있었고, 임계투여량 이하에서는 색 제거율이 pH에 의존한 반면, 그 이상에서는 pH에 의존하지 않는다는 것을 알 수 있었다. 임계투여량인 12 mg/L는 collector와 색농도의 몰비가 거의 0.9~1.0에 해당하므로 collector와 direct orange 31(DB)이 $DB + RNH_2 \rightarrow DB-RNH_2$ 의 형태로 반응하여 침전응집되어 색이 제거되는 것으로 생각할 수 있다. Fig. 4에 나타나있듯이 두 물질의 몰비가 거의 1.0이상 일 때 모든 pH범위에서 가장 높은 제거율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

요 약

부상공정을 이용한 수용액으로부터 색을 제거하기 위한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NaLS를 첨가하였을 때 색 제거율은 투여량과 색 농도의 몰비가 0.6에서 96%, 1.0에서 99%로 나타났으며, NaOI을 첨가하였을 때는 0.6에서 70%, 1.0에서 90%로 나타나 NaOI 보다 NaLS를 주입한 경우 색 제거효율이 더 우수함을 알 수 있었다.
2. 3종의 아민류 계면활성제를 첨가하여 Direct Orange 31의 색을 제거한 실험에서는 투여량과 색 농도의 몰비가 0.6미만에서는 pH에 의존하였으나 0.9이상인 경우에는 pH에 의존하지 않았으며, dodecylamine과 색 농도의 몰비가 0.9~1.0, 즉 임계투여량인 12 mg/L에서 색 제거 효율이 가장 우수하였다.

참 고 문 헌

1. W. G. Kuo, (1992), *Water Research*, **26**, 881.
2. E. H. Shinder and J.J. Porter, (1974), *J. WPCF*, **46**, 884.
3. S. N. Gaeta and U. Fedles, (1990), *Desalination*, **83**, 183.
4. S. I. Kim and Y. J. Yun, (1998), *J. of the Kor. Envir. Sci. Soc.*, **7**(1), 74.
5. S. I. Abo-Elala et al., (1988), *Environ. Technol. Letts.*, **9**, 101.