

Flotation을 이용한 공정수 내 형광물질 제거 방안에 관한 연구

이 학 래 · 임형우

서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공

1. 서 론

최근 인쇄용지 제조시 광학적 측면의 품질 요구 수준이 점차 높아짐에 따라 형광증백제의 사용량 또한 비약적으로 증가되고 있다. 하지만 이에 비례해 형광물질의 위해성으로 인한 우려의 목소리 또한 높아지고 있는 실정이다. 종이 내에 함유된 형광 물질이 인체에 대해 위해성을 미치는지 여부에 대해서는 여러 이견들이 있지만, 통상적으로 인체에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

또한, 논란이 되고 있는 형광증백제의 인체에 대한 위해성 문제는 차치하고서라도 공정상에서도 형광증백제로 인한 문제가 발생하곤 한다. 예를 들면, 형광증백제를 필요로 하는 지종에서 형광증백제를 필요로 하지 않는 지종으로 교체를 하는 경우 전 공정에서 투입된 형광증백제로 인해 변색 문제가 야기되기도 한다. 다시 말해 형광증백제를 투입한 지종을 생산할 때 쓰인 백수 내에 형광증백제가 잔류하게 되면, 이 백수가 재순환되어 사용됨에 따라 형광증백제를 필요로 하지 않는 지종을 생산할 때에도 백수 내 함유된 형광증백제의 영향으로 인해 원하지 않는 색상과 백색도가 발현되는 부작용이 나타나는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 형광증백제가 포함된 초기 원료를 형광증백제가 발현되지 않을 때까지 단순 폐기 처분하는 다분히 소극적이고 소모적인 방법이 사용되고 있다. 하지만 이와 같은 방법은 원료의 낭비가 심하다는 비효율적인 측면 때문에 보다 근본적인 해결책이 요구된다.

본 연구에서는 공정수 내에서 지속적으로 순환되며 문제를 야기시키는 형광증백제를 제거하기 위하여 알람 등의 응집제와 함께 flotation을 적용하여 형광증백제를 효율적으로 제거하는 방안을 마련하고자 한다. Flotation은 원래 광업에서 광물을 정제

하는 기술로 오랜 기간동안 사용되었으며, 최근에는 종이를 재활용하는 제지공정, 특히 탈묵 공정에서 잉크 또는 열경화성 토너와 같은 오염물을 제거하는 기술로 사용되어지고 있다. 본 연구에서는 flotation 방식으로 공정수 내의 형광증백제 제거 가능성을 평가하고 이를 적용하여 최대의 제거효과를 얻기 위한 보조응집제와 계면활성제의 최적 투입 조건을 탐색하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

형광증백제는 tetra 타입과 hexa 타입의 FWAs를 사용하였으며, 응집제는 Alum과 C-PAM, PEI 등의 고분자 전해질을 사용하였다. 그리고, 양이온성과 음이온성을 가진 계면활성제를 flotation에 사용하였다.

Flotation 적용을 위한 부유부상기는 Voith cell A type을 모델로 한 부유부상기가 사용되었으며, 이때 샘플용량은 2 L, 공기 유입량은 5 L/min 이었다.

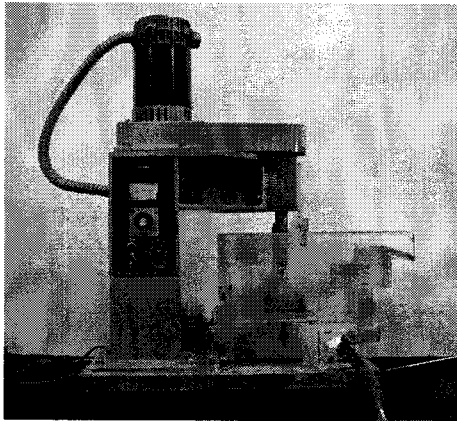


Fig. 1. The picture of flotation cell.

Surfactant	Charge Density (meq/g)
DTAC	0.130
DOWFAX	-2.107
LATEMAL	-0.476

Table 1. The property of surfactants.

2.2 실험방법

2.2.1 flotation을 이용한 형광증백제의 제거 시 최적 조건 탐색

Flotation을 적용하기 위하여 응집제의 종류, flotation cell의 공기방울의 크기, 형광증백제의 응집체의 크기, 첨가된 계면활성제의 종류를 변화시켜 가며, 이러한 인자들이 형광증백제의 제거와 응집에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다.

2.2.2 Flotation을 적용 후 형광증백제의 fluorescence emission 변화 평가

Flotation을 적용한 후 형광증백제의 fluorescence emission 변화를 평가하기 위하여 QuantaMaster사의 Spectrofluorometer를 이용하여 flotation 전후와 거품의 fluorescence emission을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 형광증백제의 종류에 따른 차이 비교

형광증백제의 종류에 따른 제거율의 차이를 알아보기 위해 Tetra 타입, Hexa 타입 등 두 종류의 형광증백제를 알럼 처리를 통해 응집시킨 후 flotation을 적용시켜 그 결과를 Figs. 2-3에 도시하였다.

Tetra 타입 형광증백제의 경우 알럼 처리를 통해 형광방출량이 확연히 감소하였고, 또한 flotation을 적용시키게 되면 형광방출량이 더욱 감소하는 모습을 볼 수 있었다. 하지만, 이에 비해 Hexa 타입 형광증백제의 경우 역시 알럼 처리를 통해서도 형광방출량이 감소하지만 flotation을 적용시켜도 형광방출량은 거의 변화하지 않는 결과를 보였다.

이는 Hexa 타입의 경우 용해도가 뛰어나고 양이온성 고분자에 대한 상용성이 높기 때문에 알럼이 투입되어도 응집이 쉽게 되지 않는다. 따라서 Hexa 타입의 경우

flotation을 적용하여도 오버플로우되어 형광방출량이 변하지 않는 결과를 나타내었다.

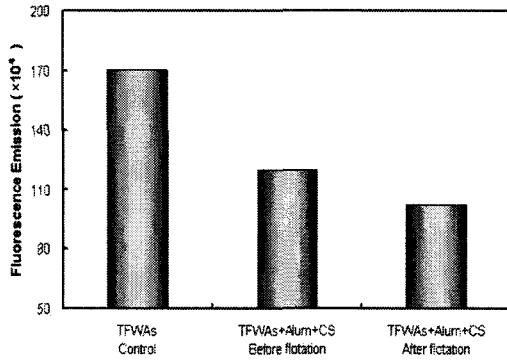


Fig. 2. The effect of T-FWAs.

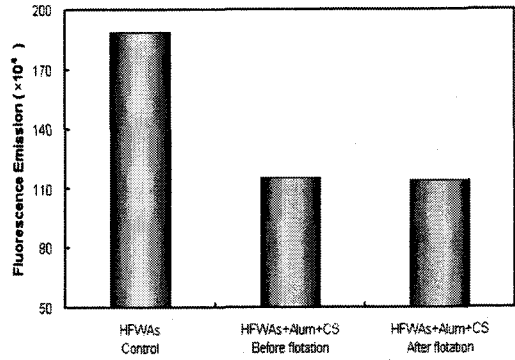


Fig. 3. The effect of H-FWAs.

3.2 계면활성제의 종류에 따른 차이 비교

Flotation을 적용 시 형광증백제와 알럼의 응집체를 보다 더 효율적으로 제거하는데 있어 어떤 계면활성제가 더욱 효과가 있는지 알아보기 위해 양이온성을 지닌 계면활성제인 Dodecyl trimethyl amonium chrolide와 음이온성 계면활성제 Sodium polyoxethlene alkylether sulfonate 등을 사용해 그 특성을 살펴보았다.

Fig. 4-5에 두 종류의 계면활성제의 차이에 따른 형광방출량의 변화를 도시하였다. Fig. 4에 도시된 음이온성 계면활성제의 경우 형광증백제와 알럼 응집체를 거의 제거하지 못하였다. 즉, 거품을 통해 주로 물이 제거되었고, flotation cell 안에는 오히려 농축이 되는 현상이 발생하였다.

반면, 양이온성 계면활성제를 사용한 경우에는 Fig. 5에서 볼 수 있듯이 형광증백제와 알럼의 응집체가 flotation을 통해 일정 부분 제거된 것을 알 수 있다. 이는 형광증백제와 알럼의 응집체가 음이온성을 띄기 때문이다. 응집체의 전하를 정확히 알기 위해 PCD를 이용하여 응집체의 전하밀도를 측정된 결과 형광증백제-알럼 응집체의 전하밀도는 -1.448 meq/g 로 측정되었다.

따라서, 형광증백제-알럼 응집체는 양이온성 계면활성제를 투입하였을 경우는 음이온을 띄는 형광증백제-알럼 응집체와 중화하고 표면에 소수기를 노출시키기 때문

에 음이온성 계면활성제에 비해 응집체 제거효과가 증가되는 것으로 추정된다.

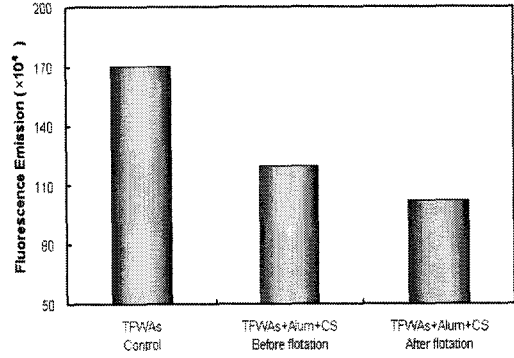
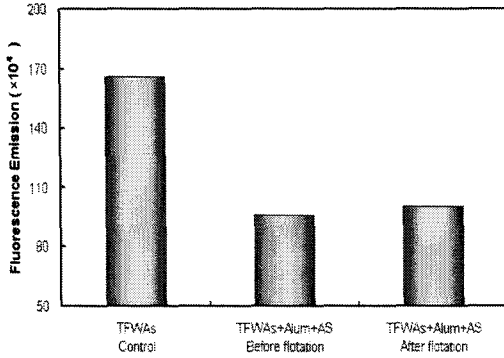


Fig. 4. The effect of anionic surfactants. Fig. 5. The effect of cationic surfactants.

4. 결 론

본 연구에서는 공정수 내 형광증백제를 제거하는데 있어 flotation이 효과가 있다는 점에 착안하여, 알럼 등을 이용해 응집을 시킨 후 flotation으로 응집체를 제거하고 그 효과를 비교하였다. 이때 Hexa 타입보다는 Tetra 타입의 형광증백제 제거에 더 큰 효과를 보였으며, 양이온성 계면활성제를 사용하였을 경우 양이온으로 하전된 소수성기가 음전하를 띤 형광증백제-알럼 응집체와 결합해 더욱 더 부유부상에 의한 제거 효과가 크게 나타났다.

Flotaion 적용 시에 공기방울의 크기, 계면활성제의 종류, 형광증백제와 알럼 응집체의 입도크기 등의 조건들을 최적으로 조절한다면 flotation이 형광증백제를 제거하는데 있어 효과적인 방법으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 BK21 핵심사업의 지원을 받았음.

인용문헌

1. 이학래 외 6인, 제지 과학 ; 14장 염료와 형광증백제, 광일문화사 (1996).
2. Charles E. Farley, Influence of dissolved ions on alum cationicity under alkaline papermaking conditions, Tappi Journal (1992).
3. Takanori Miyanishi, Yasuyuki Kamiho and Hiroshi Ono, Adsorption of anionic dissolved and colloidal substances of the calcium carbonate fillers, Papermakers Conference Proceedings (1999).
4. Holmberg, M., Dyes and fluorescent whitening agents in Papermaking Chemistry, Papermaking Science and Technology, Vol. 4, Ch. 14, TAPPI PRESS (1997).
5. Edward V. Thompson, Review of flotation Research by the Cooperative Recycled Fiber Studies Program, Department of Chemical Engineering, University of Maine : Paper Recycling Challenge.
6. 국윤환 외 3인, 콜로이드와 계면활성제, 대광서림.