

## 수질-P3 Electro-Fenton 반응을 이용한 염색폐수의 처리

박상원, 김성국<sup>1\*</sup>, 윤정아, 현병욱, 이병근  
계명대학교 환경과학과, <sup>1</sup>화학과

### 1. 서 론

수돗물, 지하수, 산업폐수 등에 저농도로 함유되어 있는 독성유기화합물을 매립, 폭기, 흡착 등의 기존 방법으로 처리한다면 많은 비용이 소요되고, 처리 또한 힘들어진다. 직접 현장에서 COD와 독성을 감소시키기 위해서는 화학적 산화법이 사용된다. 사용되는 산화제는 대상 물질과 반응성이 좋고, 부산물을 생성해서는 안 되며, 쉽게 이용 가능해야 하고, 비용이 저렴해야 한다. 일반적으로 오존, 과산화수소, 염소, 이산화염소, 하이포아염소나트륨, 하이포아염소칼슘, 그리고 과망간산칼륨이 이용된다. 최근에는 산화제를 전기화학적 방법으로 합성하여 유기성 폐수를 처리하고 있다.

이 연구에서는 전압, 전류, 전해질의 농도, pH, 온도, 이온세기 등의 인자를 고려하여 고가의 과산화수소를 생산할 수 있는 시스템을 설계하고, 생산된 과산화수소를 펜톤산화법에 적용하여 전기적으로 발생된 과산화수소의 효율을 조사하였다.

### 2. 실험재료 및 방법

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KOH, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 그리고 KMnO<sub>4</sub>를 조제시 사용되는 시약은 순도가 99% 이상인 것을 사용한다. 탄소전극, 전압 조절기, 자동온도조절계(ATC), pH 전극, 그리고 산화환원전극이 실험에 사용되었으며, 양이온교환막과 음이온교환막은 Tokuyama Soda Neosepta의 CMS 및 ACS를 사용하였다. 또한 고순도(순도 95% 이상) 산소와 질소 가스를 반응에 사용하였다. 양극셀에는 0~1M의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 음극셀에는 0~1M의 KOH, 중간셀에는 같은 농도의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>을 주입한다. 전압은 0~20V로 변화시키며, 이온세기는 0~10<sup>-1</sup>M NaCl에 의해 조절한다. 반응후 중간셀에 발생한 과산화수소를 포함한 시료를 정확히 50ml 취하여 과산화수소 농도를 분석한다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 전압의 영향

과산화수소의 발생에 미치는 전압의 영향을 알아보았다. 10<sup>-1</sup>M의 음전해질과 5×10<sup>-5</sup>M의 양전해질에서 전압의 범위를 5~20V로 주었다. 전극의 간격은 82mm, 37mm이고, 양·음극셀에는 가스를 주입하지 않았다. 과산화수소 농도는 물의 전기분해 반응으로 인하여 전압이 증가함에 따라 점차적으로 증가했다.

### 3.2. 가스의 영향

산소의 불충분한 공급은 perhydroxyl 이온의 생성과 전류효율을 감소시킨다. 음전해질의 pH는 알칼리성으로부터 중성상태로 변화하는데, 그 이유는 음전해질로의 CO<sub>2</sub> 용해 때문이다. 음전해질의 알칼리도는 반응 시작시 아주 낮아지며, CO<sub>2</sub>에 의해 쉽게 중성화된다. 전류효율의 미세한 감소는 공기 속 질소의 높은 부분압 때문일 수 있으며, 이는 산소가스가 음전해질에 용해되는 것을 막는다. 그러므로 안정된 실험조건을 위해서는 주입되는 공기로부터 CO<sub>2</sub>를 제거해야 하며, 다량의 산소가스가 반드시 필요하다.

### 3.3. 전해질의 영향

용액내의 전류는 이온의 이동에 의해 운반된다. 운반율이란 H<sup>+</sup>와 OH<sup>-</sup>에 의해 운반된 전류의 비율이다. 양전해질과 음전해질의 농도에서 과산화수소의 발생량은 많은 차이를 나타내었으며 과산화수소 발생에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

### 3.4. 이온강도의 영향

이온강도의 영향을 알아보기 위하여 각 전해질에 염화나트륨을 첨가하였다. 그림 12에서 과산화수소의 발생속도에 중요한 인자로 작용하였다.

### 3.5. 다양한 전류밀도에 따른 ICE

순간전류효율은 최적조건에서 발생한 과산화수소의 농도로부터 계산되어진다. 여기서 전극의 면적은 22500mm<sup>2</sup>이며, 37mm의 전극간격일 때 ICE 최대값은 약 38%이고 전류밀도는 74mA/cm<sup>2</sup>임을 알 수 있다. 전류밀도는 전기산화 공정에서 중요한 인자이며, 과산화수소의 발생속도는 전류밀도가 커질수록 증가한다. 그 이유는 단위면적을 지나는 전류 세기는 전류밀도가 증가할수록 증가하기 때문이다.

### 3.7. COD 제거율

펜톤반응후 COD 제거율을 알아보았다. 시료로는 COD 580ppm인 염색폐수를 사용하였고, 실험결과 약73% 제거되었다. 시약은 10<sup>-2</sup>M 산화 제1철이온이 사용되었으며, 등온에서 pH 범위는 2.7~3.2이었다. 전기화학적으로 발생된 과산화수소를 펜톤처리시 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- C.A.C. Sequeira, 1994, : Environmental Oriented Electrochemistry, Studies in Environmental Science 59, Elsevier, Netherlands.
- W. Wesley Eckenfelder, Alan R. Bowers, John A. Roth, 1994, : Chemical Oxidation - Technologies for the Nineties, Vol.1-3, U.S.A.
- Brian A. Roe and Ann T. Lemley, 1997, "Treatment of Two Insecticides in an Electrochemical Fenton System", Journal of Environ. Sci. Health., Vol.B32, No.2, pp.261-281.