한국환경과학회 가을 학술발표회지 제15권(제2호), 323~327, 2006
Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference, Nov. 16~18, 2006

PF3)

중수도 시스템 운전을 위한 전기분해장치의 설계: Design of Electrolysis Reactor for the Reclamation System

신춘환*, 배정석
동서대학교 환경공학과

1. 서 론

부산은 지리적 영향으로 잦은 물 부족과 물의 오염이 심각한 실정이다, 하지만 그에 반하여 생활의 편리함과 발전으로 웰빙 도시의 자연친화적 환경의 요구가 커짐으로써 도시하천 용수의 정화에 점차 관심이 커지고 있다. 이러한 물 확보문제를 해결하기 위해 중소형 규모의 댐건설이나 저수지, 상수도, 지하수 등을 활용하고 있으나 공업용수, 생활용수 등 각기 다른 용도의 물을 함께 이용한다는 건 효율적이지 못하다. 본 연구에서는 중수도 시스템 운전을 위한 전기분해장치를 설계하여 물을 재활용함으로써 물 부족에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 업체들의 공업폐수 정화에 대한 화학약품의 과다비용을 줄임에 따라 경제적 부담을 줄일 수 있으며 화학약품 사용이 적어짐에 따라 2차 환경오염의 원인을 막을 수 있다. 현재 업체의 폐수공정과정에서 여전히 악취발생 및 COD, BOD 등 문제가 남아 있으며, 다양한 공업폐수들을 일괄된 처리를 하기엔 PH의 조정의 어려움이 뒤따른다. 또한 현 공업단지 내 중수도처리시스템은 공장부지 면적을 많이 차지하는 문제점으로 좀 더 좁은 공간에서도 설비가 가능해야한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 수질관련 실질적 지식을 가진 전문가와 기술적인 부분을 접목시킬 수 있는 전문 Engineer가 필요하다.

각종 용수의 확보 문제는 수자원의 수질악화로 인해 날로 어려워지고 있다. 다른 지역을 제외하더라도 부산의 경우, 상수 및 용수의 사용양은 증가하는 추세에 있으나 수자원은 한정적이며 이에 따른 각종 해결책을 강구하고 있는 실정이다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 부산시에서 배출되는 하·폐수의 재이용을 위한 방편의 일환으로 중수 system을 개발하고 개발된 system의 응용도를 확정함으로서 수요를 창출하고자한다. 우선 중수 system의 기본구성을 각종 유기물 산화와 질산화에 우수한 효과를 보이고 있는 전기분해조와 전기분해조 유출수에 대한 탈취기능을 가질 수 있는 활성탄 흡착조, 그리고 처리수질 향상을 위한 막분리조의 3개조로 구상하여 이에 대한 기술적 대비표를 작성하고 각 기술의 처리방법 및 유입, 유출수의 수질평가에 의한 장·단점을 도출하였으며 이 자료들을 중수 system 개발을 위한 각종 module의 제작의 기본으로 하였다. 따라서 본 연구기간 동안에는 중수 system 구성의 1차 처리조인 전기분해장치의 후보 system을 선정하고 bench scale type으로 제작 완료하였으며 1차 성능 test를 거쳐 수정보완 작업을 진행하고자한다.

2. 재료 및 실험 방법

그림1과 그림2는 본 연구에서 선정한 재이용수 처리시스템중 전기분해를 이용한 처리공정 모형도 이다.

본 연구에 사용한 전기분해 장치는 30V, 30A 용량의 직류전원공급장치를 사용하였고, 적용한 양극 및 음극으로 사용된 극판의 재질은 양극판(Anode)은 염소 가스(Cl_2) 발생 및 전극판의 전자방출로 유발되는 전극판의 부식을 방지하기 위해 티타늄(Ti)에 이산화이리듐(IrO_2)을 전착한 망형태의 불용성 극판을 사용하였으며, 환원반응이 주로 발생하는 음극판은 스테인레스(SUS) 재질의 망형태를 사용하였다. 또한 전기분해처리효율을 극대화하기 위해 직접산화조 이외에 간접산화조를 설치하고 하부에 폭기장치를 설치하여 전기분해시 발생되는 염소가스를 제거(Cl_2)하는데 이용하였으며, 내부반송을 통해 촉매주입량의 최소화할 수 있게 설계하였다.

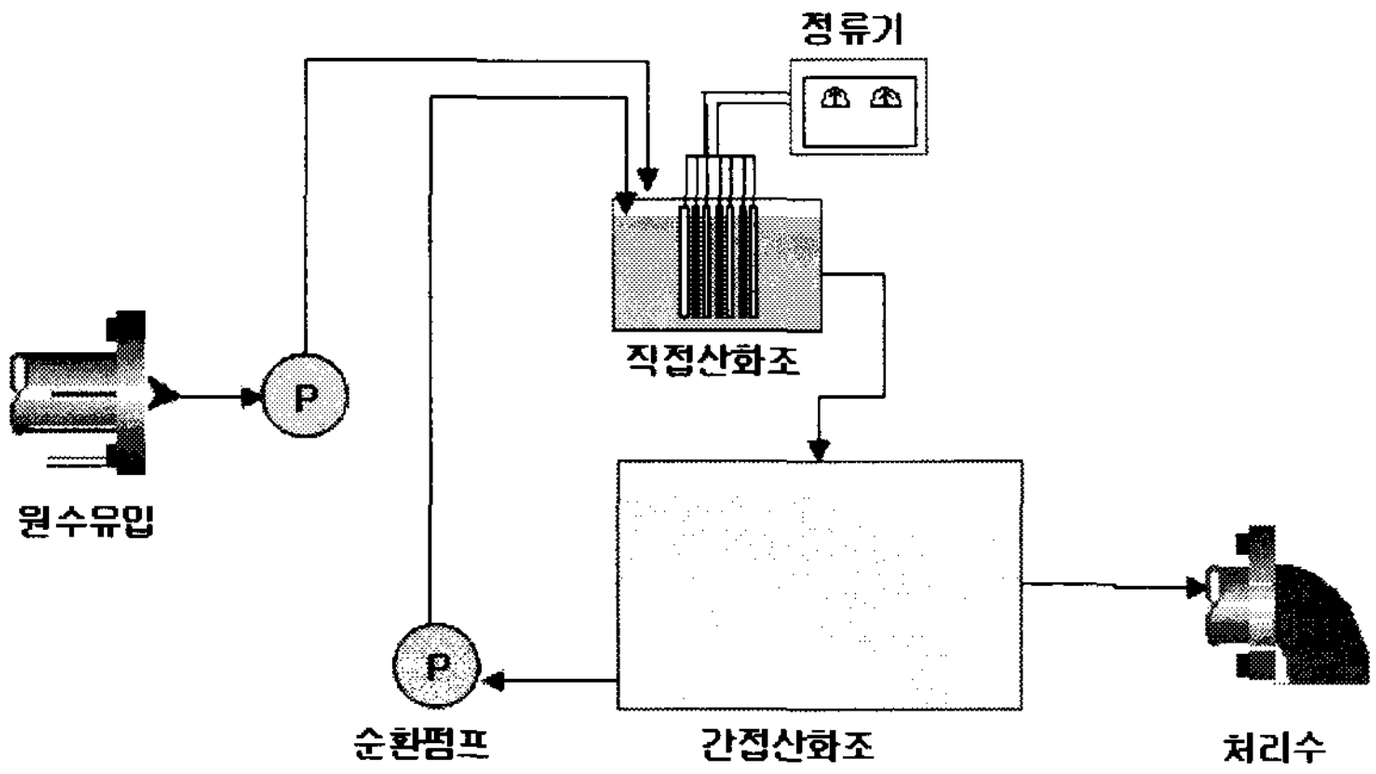

그림 1. 전기분해처리 기본 모형도.

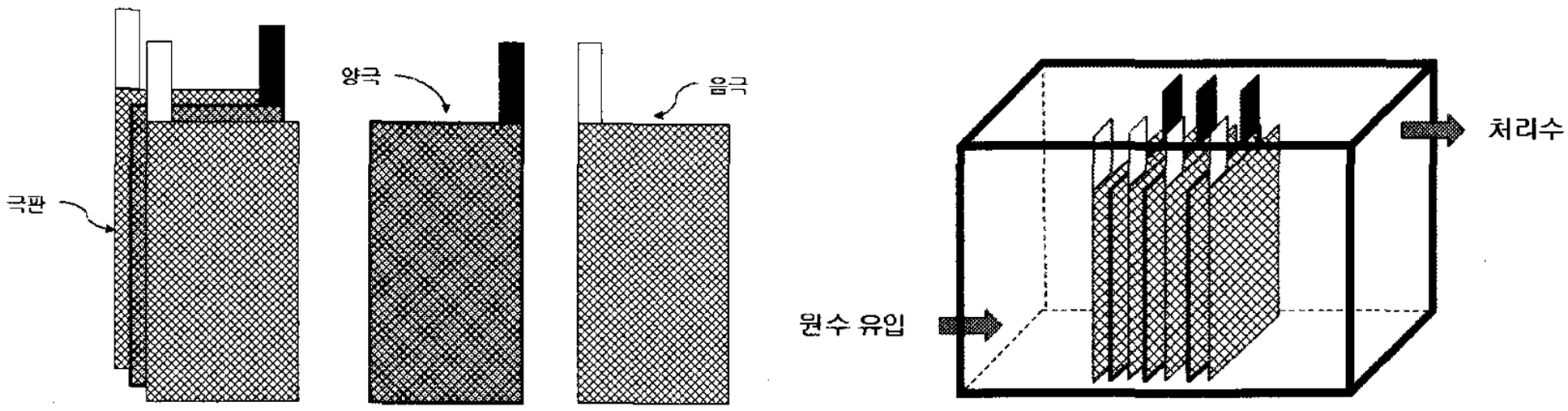

그림 2. 전기분해 처리를 위한 극판의 형상 및 배치 모형도.

2.1. 전류밀도

여러 연구자에 의한 전기분해한 실험에서 전류밀도의 증가에 따라 차아염소산 등의 증가로 폐수내의 오염물질의 제거율이 증가하였다고 나타내었다. 밸러스트수의 살균을 위한 전류밀도는 값의 증가에 따라 전해액속의 직접 및 간접산화효과를 높여 살균효과가 높게 나타나지만, 시설비의 감소와 전력비 등의 유지관리비를 절감하는 차원에서 체류시간 등의 운

전조건에 따라 0.1A/dm^2 ~ 2.0A/dm^{2}까지의 범위에서 적정 처리조건을 찾는다.

2.2. 전기분해 장치에 사용될 양극 전극판의 종류

백금(Pt), 금(Au), 티타늄(Ti) 등의 금속은 양극으로 사용하였을 때 일반적으로 약간 용해되거나 전혀 용해되지 않는 것으로 알려져 있다. 또한 DSA(Dimensionally Stable Anode)는 이리듐(Ir)이나 루디늄(Ru) 등에 산화금속을 코팅한 극판으로, 양극에서 발생하는 염소가스 등으로 인해 산화 부식되는 것을 막아준다. 이들 불용성 전극을 통해 수중에 전기에너지를 가하면 용액 중에 존재하는 이온 또는 분자 등의 오염물질을 전극계면에서 직·간접으로 산화시키면서 정화한다. 이러한 과정을 전기응집과 구분하여 전기분해라 한다. 전극 가격이 비싸다는 단점 외에 전기분해에 사용되는 불용성 극판은 슬러지 생산량 및 질소 제거 등에서 많은 장점을 가진다.

본 연구에서는 흑연, PbO2/Ti, DSA(Ru/Ti), SPR(Sn/Pd/Ru)을 양극으로 사용하여 침출수를 처리한 실험에서 흑연의 경우 유기물질 제거가 가장 저조하였으며, DSA와 SPR을 양극으로 사용한 경우가 차아염소산 등의 생성이 양호하여 유기물질 및 질소 제거가 높았다. Ti/RuO2, Ti/Pt, Ti/Pt/Ir을 양극으로 사용하여 유기물질을 제거한 결과에서 Ti/RuO2 > Ti/Pt > Ti/Pt/Ir 순으로 양호하였으며, Ti/Pt, Ti/Pt/Ir을 양극으로 사용하여 도축장 폐수를 처리한 실험에서 Ti/Pt/Ir가 Ti/Pt보다 암모니아성 질소의 양호한 제거율을 보였으나 극판 가격이나 저항성 면에서 Ti/Pt를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

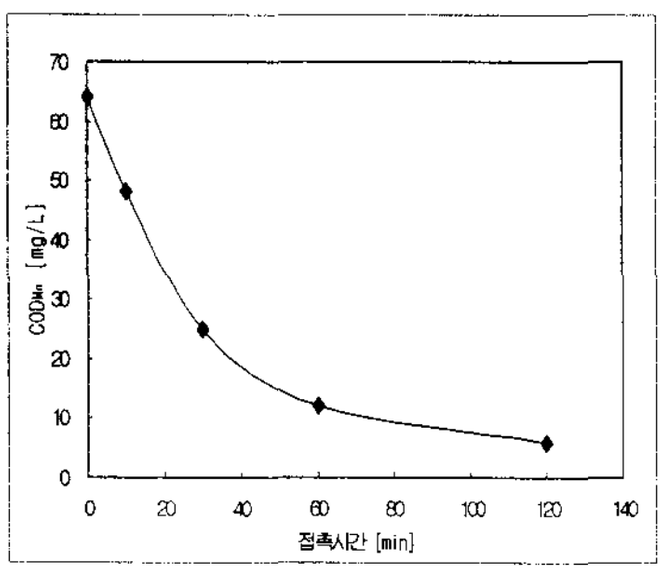

그림 3.

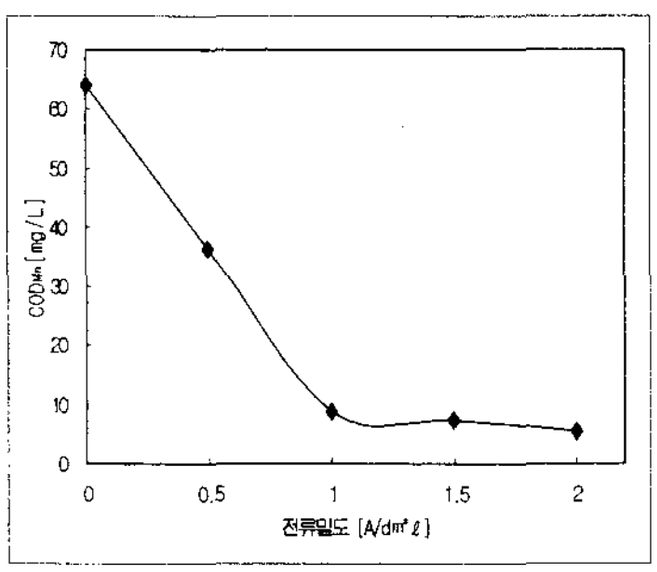

그림 4.

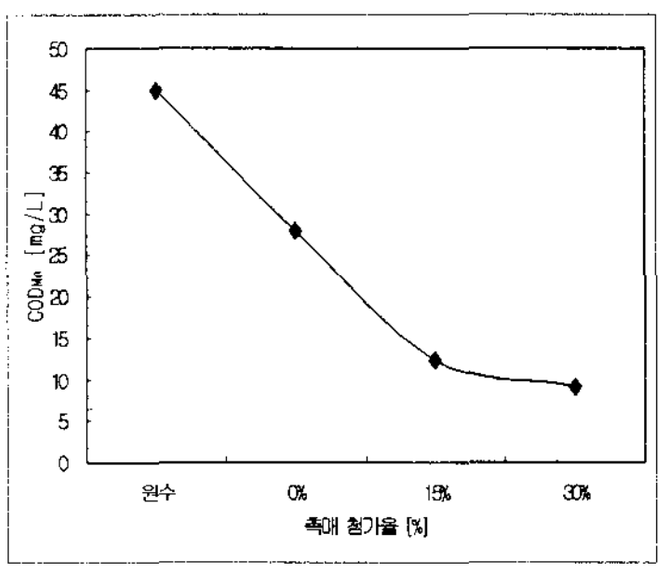

그림 5.

그림3은 접촉시간에 따른 전기분해 처리 효율을 나타낸 예비실험 결과이다.

실험은 전류밀도를 1.0 A/dm^2 ℓ로 고정시키고, 촉매로 사용된 소금의 농도를 전체 폐수량의 약 15%로 조절하여 접촉시간을 0 ~ 120 분으로 조절하여 각각의 시간에서 COD_{Mn}의 농도변화를 조사하였다.

실험결과 COD농도 약 70 mg/L의 합성폐수를 전기분해 처리하여 접촉시간 약 30분에서 약 25 mg/L로 제거 되었으며, 60분이 지난 후부터 약 12 mg/L로 제거되는 것을 확인 할 수 있었다.

이러한 결과는 접촉시간 약 1 시간에서 60 %이상의 처리효율을 예상할 수 있으며 향후 Lab. Test 장치의 기본설계 및 설치 이후에 재이용수로의 이용을 위한 최적 조건을 찾을 수 있을 것으로 판단된다.

그림4는 전류밀도에 따른 전기분해 처리 효율을 나타낸 예비실험 결과이다.

실험은 접촉시간을 1 시간으로 고정시키고, 촉매로 사용된 소금의 농도를 전체 폐수량의 약 15%로 조절하여 전류밀도를 0 ~ 2.0 A/dm²ℓ로 조절하여 각각의 전류밀도에서 COD_{Mn}의 농도변화를 조사하였다.

실험결과 전류밀도 약 1.0 A/dm²ℓ에서 약 9 mg/L로 제거가 가능한 것으로 조사 되었다.

전류밀도는 실제 설비의 운전에서 경제성과 직접적인 영향이 있는 것으로써 운전경비를 최소화 할 수 있는 방안과 재이용수로서의 처리 효율을 최대한 끌어 올릴 수 있는 적정 조건을 향후 Lab. Test 장치의 기본설계 및 설치 이후에 검토되어야 할 것이다.

그림5는 촉매 첨가율에 따른 전기분해 처리 효율을 나타낸 예비실험 결과이다.

실험은 접촉시간을 1 시간, 전류밀도를 1.0A/dm²ℓ로 고정시키고 사용된 소금의 농도를 전체 폐수량의 0 ~ 30 %로 조절하여 각각의 촉매 첨가율에서 COD_{Mn}의 농도변화를 조사하였다.

실험결과 촉매 첨가율 30 %에서 가장 높은 처리효율을 나타내었으며, 촉매의 첨가에 의한 전기분해 효율뿐만이 아니라 직류전원공급기에 전기적 부하 또한 감소되는 것을 확인 할 수 있었다. 물론, 촉매 첨가량의 증가에 따른 여러 가지 문제를 초래할 수 있으나 연구기간중 계속적인 검토를 통한 촉매 첨가 최적 조건을 반영한 재이용수 처리 시스템을 구축하여야 할 것으로 판단된다.

4. 요 약

전류밀도를 1.0 A/dm²ℓ로 고정시키고, 촉매로 사용된 소금의 농도를 전체 폐수량의 약 15%로 조절하여 접촉시간을 0 ~ 120 분으로 조절하여 각각의 시간에서 COD_{Mn} 농도 약 70 mg/L의 합성폐수를 전기분해 처리하여 접촉시간 약 30분에서 약 25 mg/L로 제거 되었으며, 60분이 지난 후부터 약 12 mg/L로 제거되는 것을 확인 할 수 있었다.

접촉시간을 1 시간으로 고정시키고, 촉매로 사용된 소금의 농도를 전체 폐수량의 약 15%로 조절하여 전류밀도를 0 ~ 2.0 A/dm²ℓ로 조절하여 각각의 전류밀도에서 COD_{Mn}의 농도변화 실험결과 전류밀도 약 1.0 A/dm²ℓ에서 약 9 mg/L로 제거가 가능한 것으로 조사 되었다.

접촉시간을 1 시간, 전류밀도를 1.0A/dm²ℓ로 고정시키고 사용된 소금의 농도를 전체 폐수량의 0 ~ 30 %로 조절하여 각각의 촉매 첨가율에서 COD_{Mn}의 농도변화를 조사결과 촉매 첨가율 30 %에서 가장 높은 처리효율을 나타내었으며, 촉매의 첨가에 의한 전기분해 효율뿐만이 아니라 직류전원공급기에 전기적 부하 또한 감소되는 것을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

宮崎 淸, 吉村 廣, 山本 淳, 近藤 基一 1993. 電氣分解を利用したリンの 高度處理, *資源環境對策*, 1044-1056

Mendia L., 1982. Electrochemical Processes for Wastewater Treatment, *Water Science & Technology*, 331-344

Gattrell M. and Kirk D. W., 1990. The Electrochemical Oxidation of Aqueous Phenol at a Glassy Carbon Elecrode, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 997-1003.

Chiang Li-Choung, Chang Juu-En and Tseng Shu-chuan, 1995B. Electrochemical Treatability of Refractory Pollutants in Landfill Leachate, *Hazardous.*

Andre Savall, 1995. Electrochemical Treatment of Industrial Organic Effluent, *Chimia*, 23-27.

Chiang Li-Choung, Chang Juu-En and Wen Ten-Chin, 1995A. Indirect Oxidation Effect in Electrochimemical Oxidation Treatment of Landfill Leachate, *Water Research*, 671-678.