

요 약 문

I. 연구개요

미국, 유럽, 일본을 중심으로 도금폐수 처리기술들이 개발되었으며, 도금폐수 처리의 국내 기술은 대부분 선진국의 기술과 비슷한 수준에서 이루어지고 있음. 최근 국내 실정에 맞는 도금폐수 처리기술을 개발하기 위하여 여러 가지 방법들이 고안되고 있으나, 대부분 실험실 규모의 제한된 조건에서 이루어진 기술이기 때문에 실제 현장에 적용할 수 있는 저비용으로 고효율을 얻을 수 있는 도금폐수 처리기술의 개발이 필요한 상황임.

본 연구에서는 도금폐수처리공정 중 처리비용 및 처리효율의 중요성이 가장 높은 단위공정은 BPC공정(BPC; Breakpoint Chlorination)이므로, 투입방법 및 운전조건 개선을 통한 경제성 확보 및 처리효율 향상되는 방안을 도입하고자 함.

II. 연구의 필요성 및 목적

현재 도금폐수처리공정 중 처리비용 및 처리효율의 중요성이 가장 높은 단위공정은 BPC공정이므로, 특히 BPC공정 내 NaOCl 투입량 결정 시 ORP 및 pH 측정값을 기준으로 약품 투입량을 결정할 뿐만 아니라 원수 수질변동 폭이 커 대응하기가 쉽지 않아 약품투입방법 및 투입량 개선 등 적정 운전조건에 대한 연구가 절실히 요구됨.

따라서, 장림표면처리사업협동조합의 도금폐수처리공정 중 처리비용 및 처리효율의 중요성이 가장 높은 단위공정인 BPC공정의 다양한 운전조건(NaOCl 투입량, 투입방법, 교반강도, 반응시간, ORP 및 pH 등)별 적정 운전조건 도출 및 약품투입량 개선방안을 모색하는데 그 목적이 있음.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

1. 도금폐수 처리공정 중 BPC공정의 처리효율 및 주입방법 개선
 - BPC공정의 다양한 운전조건(NaOCl 투입량, 투입방법, 교반강도, 반응시간, ORP 및 pH 등)별 적정 운전조건 도출 및 약품투입량 개선방안
2. BPC공정에서의 최적 반응시간 도출
 - BPC 반응조별(BPC 1-1, BPC 1-2, BPC 1-3) 적정 운전조건 도출
 - BPC공정 개선을 위한 운전인자 도출

Ⅳ. 연구결과

1. pH 조건별 고분자응집제(Polymer)의 도금폐수 응집특성
 - Ni의 제거효율은 pH 10.0, 10.5 및 11.0에서 각각 6.2%, 1.8% 및 0.9%로 pH 10.0에서 가장 높은 제거효율을 나타내었음. 따라서, BPC 반응조 내 약품 주입 시 먼저 NaOCl 주입으로 도금폐수 내 착화합물 형태의 수질오염물질을 이온 상태로 분해시킨 후 Polymer 주입을 통한 침전물 형성/고액분리시켜 제거해야 함을 알 수 있었으며, 이때 적정 pH는 10.0으로 나타났음.
2. NaOCl 주입량(초기 일시주입)에 따른 도금폐수의 처리특성
 - 1) NaOCl 주입량(초기 일시주입) : 9, 11, 13, 15 mL
 - AA 침전조 유출수(원수)를 대상으로 NaOCl 주입량(9, 11, 13 및 15 mL) 일시주입에 따른 반응시간 25분에서의 중금속(Ni) 및 T-P의 제거효율을 평가한 결과 Ni의 경우 ORP 값이 높게 유지될수록 제거효율이 높게 나타나는 경향을 보인 반면에, T-P의 경우 ORP 값과 제거효율 간의 연관성이 낮은 것으로 나타남.
 - 2) NaOCl 주입량(초기 일시주입) : 10, 15, 20, 25 mL
 - AA 침전조 유출수(원수)를 대상으로 NaOCl 주입량(10, 15, 20 및 25 mL) 일시주입에 따른 반응시간 2분에서의 처리특성을 평가한 결과 NaOCl 주입량이 증가할수록 pH 10.0 조절을 위한 NaOH 투입량도 증가할 뿐만 아니라, 수중 부유물질(SS, Suspended Solids) 및 침전물(Precipitate) 발생량도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 폐수의 색깔은 NaOCl 주입량(10, 15, 20 및 25 mL)이 증가할수록 연두색 → 녹색 → 진회색 → 검정색으로 변화는 것을 관찰할 수 있었음.

3. NaOCl 주입량(초기 일시주입) 및 반응시간에 따른 도금폐수의 처리특성

- AA 침전조 유출수(원수)를 대상으로 NaOCl 주입량(초기 일시주입) 및 반응시간에 따른 처리특성을 평가한 결과 NaOCl 주입 후 처리대상물질과의 반응시간이 길어질수록 중금속 제거효율이 약간씩 상승하는 경향을 보였음. 따라서, BPC공정에서 중금속 및 인 제거효율을 높이기 위해 지나치게 반응시간(체류시간)을 길게 유지시킬 필요는 없을 것으로 판단됨.

4. NaOCl 연속주입에 따른 ORP별 도금폐수의 처리특성

- AA 침전조 유출수(원수)를 대상으로 NaOCl 주입량(연속주입) 및 ORP에 따른 처리특성을 평가한 결과 NaOCl 용액을 연속적으로 주입하여 ORP를 +400, +700, +750, +800 및 +850 mV로 유지시켰을 경우 Ni의 제거효율은 각각 55.7%, 86.6%, 89.5%, 94.0% 및 95.0%를 나타내었음. 실험결과 중 ORP +750 mV의 경우 도금폐수 공정에서 Ni의 생물반응조의 처리를 위한 최대 농도를 만족하는 결과로 가장 이상적인 ORP 결과라 판단되나, T-P 제거효율이 51.2%로 기준치에 미치지 못하는 결과를 나타내어, 경제성 및 처리효율을 고려한 적정 ORP는 +800 mV로 판단됨.

5. BPC공정에서의 최적 반응시간 도출

- AA 침전조 유출수(원수)에서 NaOCl이 주입되는 단위공정부터 각각 반응조별(BPC 1-1; 21.09분, BPC 1-2; 21.09분 및 BPC 1-3; 7.8분) 원수 대상으로 중금속 제거 응집 특성을 평가한 결과 BPC 1-1 반응조(반응시간 약 21분)에서 COD, Ni 및 T-P의 제거효율이 각각 72.8%, 99.1% 및 100.0%로 분석되었음. 이후 반응시간이 길어질수록(BPC 1-2 반응조 및 1-3 반응조) Ni 및 T-P는 제거효율을 유지하였으나, COD는 제거효율이 각각 65.4% 및 67.5%로 낮아지는 경향으로 나타났음.
- 최적의 ORP인 +800 mV에서의 반응시간을 20분 내외로 하여 5분, 10분, 15분 및 20분으로 달리하여 최적의 반응시간을 도출하였음. NaOCl과 반응하는 시간이 20분에서 Ni 및 T-P 제거효율이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 전기전도도(EC, Electrical Conductivity) 및 총용존고형물(TDS, Total Dissolved Solids) 시 반응시간이 길어짐에 따라 증가하는 경향으로 나타났음. 이는 반응시간이 길어짐에 따라 NaOCl의 주입량 또한 증가하여 도금폐수 내 산화되지 않은 착화합물과 반응하여 산화시킴으로써 EC 및 Ni 제거효율이 높아지는 것으로 판단되며, TDS 역시 착화합물로 존재하던 중금속류 및 T-P 등이 NaOCl와 결합 또는 산화반응 후 Polymer 주입 시 많은 량의 침전물로 발생되므로 TDS값 또한 제거효율이 높을수록 증가하는 경향을 나타낼 것으로 판단됨.

V. 연구결과의 활용계획

1. BPC공정 연구완료 후 참여기업(장림표면처리사업협동조합)과의 공동연구 확대 진행
2. 연구수행결과를 토대로 한 참여기업의 공정개선 적용 및 경제성 확보
3. 신규 연구과제 지원을 위한 기초자료로 활용
4. 도금폐수 처리공정 중 BPC공정의 운전방법 개선 및 운전지침 마련
5. 국내·외 학술발표대회를 통한 연구성과 홍보(4건)
 - BPC공정을 이용한 도금폐수의 중금속 제거 특성(한국환경과학회)
 - 도금폐수 처리를 위한 pH 조건별 고분자응집제(Polymer)의 도금폐수 응집 특성(한국환경과학회)
 - 도금폐수처리공정 중 BPC 단위공정의 반응시간에 따른 도금폐수의 처리특성(한국환경기술학회)
 - 도금폐수처리공정 중 BPC 단위공정 내 ORP 및 pH 운전조건별 도금폐수의 Ni 및 T-P 제거특성(한국환경기술학회)
6. 국내·외 학술지 논문 게재(3건)
 - BPC공정을 이용한 도금폐수의 중금속 제거 특성(게재완료, 한국환경과학회지)
 - 도금폐수처리공정 중 BPC 단위 공정 내 ORP 및 pH 운전조건별 도금폐수의 Ni 및 T-P 제거특성(게재완료, 한국환경기술학회지)
 - 도금폐수처리공정 중 BPC 단위 공정 내 NaOCl 반응시간에 따른 도금폐수의 COD, Ni 및 P 제거특성(게재예정, 한국환경과학회지)