

화학적 처리방법의 설계시공 및 시운전 기술

金 億 中

〈태우엔지니어링 환경사업본부〉

— 목 차 —

- I. 서 언
- II. 화학적 처리 기술의 개요
 - 1. 화학적 처리 방법의 특성
 - 2. 유의사항
- III. 화학적 처리 방법 적용 기술
 - 1. 기초 조사 단계
 - 2. 기본 계획 단계
- IV. 화학적 처리 방법의 공정 설계
 - 1. 중화(Neutralization)
 - 2. 응집(Coagulation, Flocculation)
 - 3. 산화(Oxidation)
 - 4. 환원(Reduction)
 - 5. 이온교환(Ion exchange)
 - 6. 전기투석(Electrodialysis)
 - 7. 살균(Disinfection)
- V. 고도 처리 기술(Advanced treatment technology)
- VI. 공장별 폐수처리 방법
- VII. 결 언

2. 응 집(Coagulation Flocculation)

가. 일반사항

근래 응집에 대한 학술적 이론은 크게 위치에너지(Potential energy) 이론과 응집동력학(Kinetic of flocculation) 이론등으로 구분하고 있으며 이를 실제 설계에 반영 응용하기에는 어

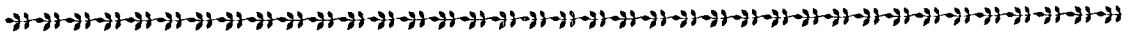
려움이 있으나 설계자(Engineer)로서는 기본적인 개념을 갖고 각 성분별 특성에 맞는 응집제(Coagulant)선택에 목표를 설정하여 실험실에서 응집시험을 실시하는 것이 바람직하다고 본다. 폐수중에 현탁성 부유물(Suspended solid)은 입자크기가 μm 단위로 작고 진비중(True specification gravity)은 1보다 크지만 겉보기비중(Apparent specific gravity)은 1과 거의 비슷하기 때문에 잘 뜨지도 침강하지도 않는다. 이런 까닭으로 현탁성 부유물은 안정하게 떠 다니고 폐수는 흐린 상태가 지속된다. 이러한 현탁성 부유물은 입자가 크거나 작거나 입자끼리 충돌 밀착해 응집하면 쉽게 침강하며 이렇게 생긴 침전물은 제거하면 맑게 나타난다.

나. 기본이론

현탁성 부유물을 침강시키기 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 1) 현탁부유물 입자끼리의 충돌빈도를 높인다.
- 2) 충돌입자들의 표면하전(Zeta potential)을 감소시키거나 입자들의 비표면적(Specific-surface area)가 크도록 한다.
- 3) 응결(Floc)이 형성된 후 폐수가 움직이는 상태에도 안정을 유지토록 한다.

입자가 응결할 때는 입자간에 작용하는 영향력은 화학결합뿐 아니라 Vander waals force 또는 Electrostatic force가 작용한다. 이를 효과적으로 할 수 있도록 완속교반을 하여 주며 응집작용을 촉진시키기 위하여 응집제(Coagulant)



를 사용한다.

입자상호간의 충돌빈도는 교반속도가 클수록 증가하겠으나 입자간의 응결력보다 교반에 의한 힘이 더 크면 오히려 형성한 Floc이 깨져 버리게 될 수 있는 것이다. 그러나 응집제의 주입초기에는 폐수에 고르게 분산시키기 위하여 급속교반이 필요하며 충분히 분산 접촉이 이루어지면 작은 Floc과 주위의 입자끼리 계속 접촉할 수 있도록 서서히 교반하여 준다.

다. 응집제(Flocculant) 및 조제(Floc aid)

금속염중에서 물에 잘 녹을 수 있는 약품으로서 가수분해하여 수산화물이 될 수 있으면 응집제로 가능하며 흔히 사용하는 응집제는 <표-2>와 같다.

공장폐수의 수질특성에 따라서는 응집제를 사용하여도 Floc이 잘 생기지 않고 응집효과가 매우 좋지 않을 때가 있으며 수온에 따라서도 많은 영향이 있으며 대부분 수온이 낮을 경우에는 상당히 저조한 현상을 나타낸다. 이러한 경우에는 고분자물질(Polymer) 또는 광물질(Inorganic compound)을 첨가하면 좋은 효과를 나타낼 수

다. 이런 목적으로 사용하는 약품을 응집보조제라고 하며 이의 선택은 사전에 Jar test를 시행토록하여 여러번에 걸친 시험에 따라 그 효과를 산정하여야 한다.

라. 응집특성시험(Jar test of coagulation)

우선 처리하려는 폐수의 특성을 조사하고 난 다음에 일정량의 시료를 여러개의 Beaker에 취하고 교반속도를 임의로 변경시킬 수 있는 Mixer와 Stop watch를 준비한다. 그 시험에 대한 순서는 다음과 같다.

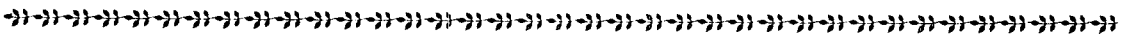
1) Beaker의 폐수시료를 약 100rpm의 급속교반하면서 이론적으로 타당한 응집제를 선정투여하고 완전 분산 혼합된 후 5~10분간 30~50 rpm의 완속교반을 하면서 폐수의 현탁성 부유물 입자들이 응결되어 생성된 Floc의 상태를 관찰한다.

2) 관찰을 중지한 후 Floc의 침강속도를 측정하고 침전물의 양과 상층액의 탁도, 색도, pH를 측정한다.

3) 동시에 상층액의 COD, BOD, S.S의 저감량을 분석 기록토록 한다.

<표-2> 응집제의 종류

구 분		약 품 명	
무기응집제	무 기 염	황산알루미늄($Al_2(SO_4)_3$)	황산제일철($FeSO_4 \cdot H_2O$)
		황산제이철($Fe_2(SO_4)_3$)	P.A.C
		염화제일철($FeCl_2$)	염화제이철($FeCl_3$)
알카리	기 타	탄산소다(Na_2CO_3)	가성소다(NaOH)
		석회(CaO)	
유기응집제	음이온성 (Anion)	활성규산소다($NaO \cdot nSiO_2 \cdot xH_2O$)	
		알긴산소다(Sodium Alginate)	
	양이온성 (Cation)	CMC-Na	포리아크릴아미드
염화암모늄염		수용성아니린수지염산염	
비이온성 (Nanion)	기 타	포리에틸렌아민황산염	
		전분(starch)	수용성요소수지
		포리아크릴아미드	포리옥시에틸렌



4) 침전물의 탈수난이성을 파악하기 위하여 Filter paper와 Vacuum pump를 이용하여 시간에 따른 여액의 양을 조사한다.

5) 계획된 시험을 시행한후 응집처리에 가장 알맞는 조건을 알 수 있도록 분석 평가하여 최종적으로 처리시설의 공정설계(Process engineering)를 위한 자료와 시운전 및 정상운전을 위한 Data로 삼는다. 위와 같은 실험으로 다음의 항목을 조사 기록하여야 한다.

가) 가장 적합한 응집제, 조제의 선택과 투여량 산출.

나) 적합한 수소이온 농도(pH)

다) 침전속도

라) 침전물의 양 파악

마) 처리후 상층액의 수질상태

바) 침전물의 탈수의 난이성

마. 설계 항목

응집제의 선택과 아울러 투여량, pH등 각종 조건에 알맞는 공정규모가 설계에 반영되어야 한다. 주요 항목으로 약품투입장치 급속교반, 완속교반장치가 있다.

1) 약품투입장치

주입하여야 할 약품을 폐수에 급속히 분산시키는데는 한곳에만 할 것이 아니라 두세곳에 투입할 수 있으며 투입구조를 난류가 발생하는 곳을 이용하여 효과적으로 설계토록 한다. 두 종류 이상의 응집제 응집보조제를 사용할 시는 주입하는 약품의 순서나 위치도 고려되어야 한다. 일반적으로 무기염류의 응결제를 우선 투여하고 유기응집제 또는 보조제를 나중에 함이 효과적이다. 투입장치는 특히 부식과 응집으로 인한 저해요인을 고려하여 관리토록 한다.

고분자응집제나 응집조제는 종류에 따라 차이가 있으나 100ppm~300ppm정도로 사용한다.

2) 교반장치

급속교반과 완속교반을 구분하여 설치토록 하고 급속교반은 폐수의 현탁성 부유물입자와 응집제가 충분히 접촉하도록 2~3분간 교반토록

한다. 용량은 잔류계획량 보다 1.5~2.0 배로 한다.

완속교반은 미소한 Floc끼리 자주 접촉 충돌하여 크고 단단한 Floc이 될 수 있도록 하기 위하여 평균 10~20분 체류토록 하고 Mixer의 주변 선속도를 0.1~0.6 m/sec로 설계한다.

3. 산 화(Oxidation)

가. 일반사항

폐수에 따라서는 화학적인 방법으로 산화시켜 주면 안정한 화합물로 바뀌고 COD가 감소하게 된다. 화학반응을 통해 폐수중의 환원성 물질을 산화시킬 수 있는 산화제는 여러 종류가 있으나 경제성, 효율에 비추어 제한되어 있고 염소기체(Cl₂ gas)와 각종 염소화합물, 오존(O₃), 공기중의 산소(O₂)등이 활용되고 있을 뿐이다.

폐수중의 환원성물질을 산화처리하면 COD값의 대부분과 BOD의 일부가 감소하게 된다.

시안화합물과 같은 유독성물질은 오존, 염소기체와 염소화합물로서 산화시켜 안정한 질소(N₂)탄산가스(CO₂)과 물로 변화시키며 아황산염, 아질산염, 2가의 철염등 무기화합물은 일반적으로 환원성이고 이러한 처리는 산화에 의한다.

나. 산화제(Oxidant)

1) 염소(Cl₂) 처리

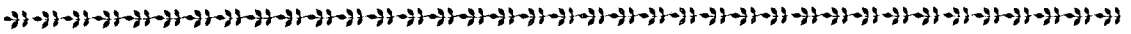
흔히 사용하는 기체상태의 염소는 염소범브(Bomb)에서 보관하고 가압하여 물과 접촉시킨다. pH를 9이상에서 기체상태의 염소를 물에 흡수시키면 대부분 Cl₂ ⇌ Cl⁻ + Cl⁺와 같이 처리하고 평형을 이루나 Cl⁺이온은 가수분해하여 Cl⁺ + H₂O ⇌ HClO + H⁺가 된다.

이는 pH에 따라 용존화합물은 차이가 있다.

pH 2이상 : Cl₂ 기체가 다량 존재

pH 3~6 : HOCl(하이포 아염소산) 다량

pH 7이상 : OCl⁻(산화염소이온)가 다량 존재함



2) 오존(O₃) 처리

오존은 천연물질중에서 프르오르(F₂) 다음가는 강력한 산화력을 가지고 있으며 공기중의 산소를 오존발생기(Ozone generator)에 의하여 발생시킬 수 있어 편리하며 수중에서는 짧은시간에 자기분해를 일으켜 산소(O₂)로 되므로 이차오염이 없다. 실제 오존발생기에 따라 차이가 있으나 일반적으로 부피는 1~6%의 오존이 함유된 공기를 폐수에 흡수하게 된다.

이 때 충분히 오랫동안 접촉할 수 있도록 차폐판등을 두어 오존흡수 장치를 설계해야 한다.

3) 산소(O₂) 처리

공기는 약 21%의 산소를 갖고 있어 그 자체는 산화제로서 기능을 갖고 있으나 산화력 면에서 약하다.

실제 예로는 폐수중의 2가철이온(Fe²⁺)과 아황산이온(SO₃²⁻)을 산화시켜 COD를 제거하는 효과를 가져왔다.

이 때 폐수는 약알칼리(pH 8 정도)로 유지하여 압축공기를 폐수중에 충분히 분출 시킨다.

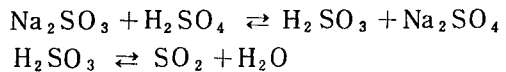
Cr⁶⁺를 Cr³⁺로 환원시키고 자신은 3가 철염으로 산화된다.

또한 유리한 점은 철염의 응집작용 때문에 Floc이 잘 생기고 침강이 잘되며 크롬은 거의 응집침강하게 된다.

이 때의 액성은 pH 4이하로 해야 효과적이다.

2) 아황산염

주로 아황산 나트륨(Na₂SO₃)와 무수 아황산 가스(SO₂)가 사용되고 아황산(H₂SO₃)은 pH 4 이하에서 사용된다. 폐수중에서는 아래와 같이 아황산가스로 작용한다.



특히 아황산가스(SO₂)는 pH 4 이상일 때는 환원제로서 보다 산(Acid)으로 작용하고 특히 폐수중에 용존산소(D.O)가 다량일 때는 황산(H₂SO₄)으로 되고 만다.

실제 선택에 있어서는 흡수장치와 공급장치등이 다루기 힘들고 부식성이 강하므로 인하여 특수한 경우가 아니면 현장에서 사용치 않고 있다.

〈다음호에 계속〉

4. 환원처리(Reduction)

가. 일반사항

폐수처리 방법중 환원처리는 극히 한정된 범주의 공장폐수에만 적용되고 있을 뿐이다. 주대상은 크롬(Cr⁶⁺)과 구리(Cu²⁺)이 있는 경우에 구리를 석출, 침강 분리 회수하는데 필요한 처리에 한정되어 있다. 폐수중 크롬 이온(Cr³⁺)은 수산화물(Cr(OH)₃)로 침전하므로 응집침전 후 분리 제거한다.

나. 환 원 제

폐수의 특성에 따라 여러가지의 환원제가 사용되고 있으나 주로 2가의 철염(Fe²⁺), 아황산염(SO₃²⁻) 및 아황산가스(SO₂)등이 사용되고 있다.

1) 2가철염(Fe²⁺)

실제 사용하는 약품으로 FeSO₄ 등은 폐수의

環境保全상담안내

社団法人 環境保全協會에서는 環境保全에 관한 技術指導 및 啓蒙事業의 一環으로「環境保全相談室」을 設置運營하고 있는바 本相談室에서는 政府施策弘報, 關係法令解説, 公害防止關聯技術相談, 自家測定方法指導, 其他 建議 및 隘路問題相談 등을 無料實施하고 있어 오니 많은 活用을 바랍니다.

상담실 전화번호 (753) 7640·7669
(718) 5836

社団法人 環境保全協會

알림