



전병준

(주)프라임텍인터내셔널
기술지원부장

효율적이고 안정 관리를 위한 산업폐수 처리기술<32>

목 차

1. 산업폐수 처리를 위한 기초 개념

- (1)현탁 입자의 제거방법
- (2)슬러지의 침전 부상처리
- (3)용해성 물질의 제거방법
- (4)저농도 유기물의 제거방법
- (5)무기성 오염물의 제거방법

2. 석유화학 공장의 폐수처리

- (1)정유공장의 폐수처리
- (2)일반 석유화학 공장의 폐수처리

3. 제지·펄프공장의 폐수처리

4. 합섬·염색공장의 폐수처리

5. 식품공장의 폐수처리

6. 제철·철강공장의 폐수처리

7. 하수·위생처리장의 폐수처리

8. 특정 오염물질의 처리기술

9. 폐수처리 신기술에 대한 이해

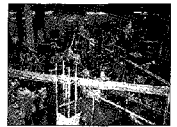
10. 폐수 재활용기술과 안정관리

4. 실용화 단계의 신기술

가. 전자빔을 이용한 폐수처리 기술

1) 기술의 개요

고 에너지 전자빔 가속기(high energy electron beam accelerator)를 이용한 재료 물성변



<그림: 전자빔가속기>

화 및 촉매 특성변화, Ultraviolet rays를 이용한 고급 산화법(AOP) 및 재료 특성 변화를 주로 연구하던 것을 환경분야(수질 및 대기)의 난분해성 오염물의 분해촉진에 응용하는 것으로서, 국내에서는 학계에서 러시아 핵물리 연구소(B.I.N.P)등과 고에너지 전자빔을 응용한 각종 분야에 관해서 1992년부터 공동연구를 수행하고 있어 부분적으로는 실용화 단계에 있는 분야이다.

현재 활발하게 검토되고 있는 분야로는 염색폐수나 다이옥신의 분해 처리에 선행적으로 시험되고 있으며, 향후 다양한 방법으로 보완·응용될 것으로 예상된다.

2) 처리기술의 주요 내용

Electric Beam Accelerator로 통칭되는 본 기술은 주지의 사실과도 같이, 원래 러시아 등의 일부 국가를 중심으로 고에너지 전자빔을 주사하여 금속재료의 물성변화나 특성 변화를 유도하고 그 중 개선효과가 높은 전선의 표면

처리 등의 용도로 사용되던 것이 일반적이었다.

이후, 이를 응용하여 처리가 대단히 어려운 난분해성 물질등과 같은 유기물의 처리나 다이옥신과 같은 물질을 물질적인 충격과를 이용하여 산화 분해시키는 용도로 적용하는 분해장치를 말한다. 그러나, 이장치는 낮은 전류사용으로도 높은 효율을 보일수 있는 장점은 있으나, 유기물에 대하여 무차별적인 분자고리를 끊는 Cracking과정을 수행하는 것이 주기능이고, 완전분해는 기대하기 어렵기 때문에 실제 입자가속기를 설치한다고 하더라도 후단에 활성오니를 설치하여 미생물에 의해 유기물을 제거하는 단점이 있는 것이 현실적인 기술수준이므로 향후 이를 경제적으로 보완하거나 보완기술이 가미되어야 보편적인 적용성을 얻을 것으로 예상되어진다.

현재는 전처리로서 오존을 병용할 경우에는 분해효율이 급격히 상승하므로 이를 병용처리하는 방법을 이용하고 있으며, 전자빔으로 부분분해된 폐수를 활성오니와 같은 미생물처리에 의하여 목적농도이하로 오염물을 축소시키는 공정중에 응용되고 있다.

전자빔 가속기는 아직 기술적인 한계를 보이고 있으나 특정성분들에 대해서는 상당폭 효율적인 대응방안이 될 수도 있기 때문에 화학적인 처리나 미생물 처리의 한계성이 있는 경우에 제거대상물질의 분해의 수단으로 채택될 수 있다.

3) 기술의 장·단점

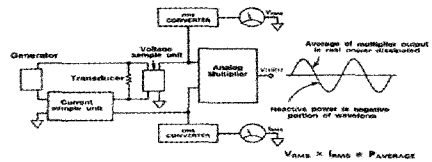
현재까지는 단독처리에 대단히 제한적인 효율만이 기대되며, 초기 투자비가 과도하게 높은 단점이 있다.

따라서, 특정 대상물질에 대한 세밀한 검증을 거친 이후 처리방법으로 채택되어야한다. 또한, 운영비의 절감이나 효율의 개선을 위해 전처리나 후처리를 필요로 할 수 있기 때문에 전체 공정을 고려하여 검토되는 것이 바람직하고 설비에 대한 기술의존이 외국에 있는 점도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

나. 초음파 발생기를 이용한 폐수처리법

1) 기술의 개요

전자빔보다는 약하나 물리적인 충격과에 해당되는 초음파를 이용하여 난분해성의 오염물이나 기타 특정물질을 분해하는 방법으로 사용하는 처리기술로서 전자빔가속기의 고비용 구조를 감소시키기 위한 목적이 우선되어 개발된 기술이다. 초음파의 강도에 따라 분해 효율이 좌우되나 제한적인 효과만이 기대되는 것이 일반적이다.



A block diagram of a real power meter

〈그림. 초음파발생기 회로 예〉

2) 처리기술의 주요내용

초음파는 주파수가 약 2만 Hz이상이고 사람의 귀로는 소리로서 느낄 수 없는 음파로서 진로와 방향성을 가지면서 짧은 펄스가 나오게 되는 것이 두드러진 특성이다. 이로 인해 물질을 뒤흔드는 힘이 강하며 실제로 물을 넣은 용기의 아랫부분에서 초음파를 발생시키면 물보라를 만들 수 있다. (예로서 가정용 전자레인지나 초음파 세척기, 초음파 가슴기가 있으며 이를 응용하여 유기물을 분해시키는 개념임)

인체가 감지할 수 있는 범위를 넘는 주파수가 높은 초음파의 펄스가 지닌 에너지는 상당히 강하기 때문에 이러한 에너지를 물속에서 전자방전관에서 발생하는 전자를 가속화시켜 오염물질을 분해하는 원동력으로 사용된다. 일반적으로 물리학에서 쓰는 가속기는 전자가 전기포텐셜에 의해 가속되어 원자와 충돌한다. 즉 초음파의 펄스에너지가 전기포텐셜과 같은 역할을 하여 전자를 가속시키고 펄스의 에너지로 인한 격렬한 장력(張力) 때문에 액체 내에

작은 기포가 발생하는 공동현상(空洞現象, cavitation)이 발생하는데 기포가 터질 때의 압력(500atm)과 온도상승(1900~5200k) 및 기포내에서의 방전 때문에 초음파를 받는 물질은 기계적인 작용을 받거나 분해와 같은 화학변화를 일으켜 반응성이 높은 다양한 라디칼을 생성한다. 예를 들면 박테리아나 적혈구는 초음파를 받으면 파괴되고, 고분자 등은 원자간의 결합이 끊어지게 된다. 그밖에 초음파가 통과하므로써 물속에서 과산화수소(H₂O₂), 질산(HNO₃), 아질산(HNO₂)등이 생성되어 산화 작용을 하며 초음파에 의한 산화, 환원 작용은 반응을 촉진시키는 역할을 하는데 이러한 특징을 이용하여 오염물의 산화 분해시키는 작용을 갖는다.

3) 기술의 장·단점

그러나, 일반적으로 초음파에 의하여 화학 물질을 완전분해 시킨다는 것은 대단히 어렵고 부분적인 분해만이 기대되는 것이 일반적이므로 이 방법 역시 전처리나 후처리를 통하여 보완할 필요가 있는 부분으로서, 전자빔가속기에 의한 처리법과 같은 장단점을 갖는다.

최근에는 초음파에너지와 자기장 등의 물리적 에너지를 이용하여 오염물 분자를 부분 분해 또는 분리시킨 후, 이온 공기 등을 주입하여 오염물을 산화, 환원에 의해 분해시키는 복합적인 방법들이 소개되기도 하고 있으나, 현재까지는 범용적인 기술에는 부족한 부분이 많은 것이 현실이다.

다. 전자방전관을 이용한 폐수처리법

1) 기술의 개요

이 기술은 전자방전시에 발생하는 자외선과 방출전자에 의하여 분자들의 결합력을 약화시키고 이를 이용하여 오염물의 분해를 촉진시키는 방법이나 전술한 방법들에 비하여 에너지 준위가 낮기 때문에 효율은 상대적으로 떨어지는 처리법이다.

2) 처리기술의 주요내용

일반적으로 전자방전관을 수면아래에 위치시키고 가동하여 다양한 파장의 빛과 전자를 물속으로 조사시키며 부가적으로 초음파장치 등을 병행처리 함으로서 물리에너지에 방출되는 다량의 자외선과 방출전자에 의하여 물과 오염물에 충격을 가하고 반응성이 높은 라디칼을 형성시켜 분해가 비교적 쉬운 상태로 만드는 방법이다.

전자방전관 부근에서는 다량의 자외선과 전자가 함께 방출되는데 자외선 광전자는 원자나 분자의 전자들을 안정 상태에서 들뜬 상태로 상승시키는데 특히 비결합 에너지 준위로 전자를 상승시키므로 해서 분자의 결합을 상당히 약하게 하여 오염물의 분해를 촉진시키므로 후처리가 비교적 용이하게 할 수 있는 기술이다.

3) 기술의 장·단점

본 처리방법은 보완적인 기술에 그치는 것이 현실적이며, 독립적인 응용은 아직 어려운 상태이다. 일반적으로 병원성 미생물의 살균과 같은 부분 정도에 응용되고 있는 수준이나 향후 지속적인 보완이 있을 것으로 예상되고 있다.

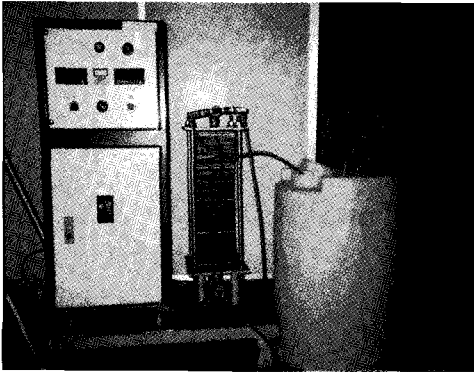
라. 전기분해와 부상처리를 이용한 폐수처리법

1) 기술의 개요

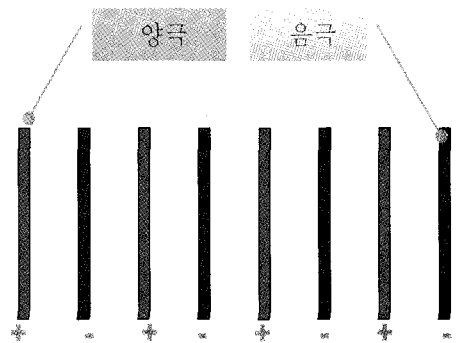
이 기술은 사용화되고 있는 두가지 처리방법을 접목하여 응용하는 폐수처리 기술로서 전기분해를 이용하여 난분해성 오염물을 분리하거나 분해시키고 이후 비교적 부상성이 높은 슬러지를 부상처리하여 하나의 시스템을 구축하는 폐수처리방법으로서, 현재 위생폐수나 염색폐수 등에 응용되고 있는 기술이다.

2) 처리기술의 주요내용

소금의 전기분해를 통해 염소가스를 생산하는 일반적인 방법과 같이 전극관을 이용한 수중이온물질의 분해법과 처리후 슬러지의 분리를 위해 부상분리법을 접목한 특성



〈그림. Pilot전기분해장치 예〉



〈그림. 일반적인 전극판의 구성도〉

을 갖는 방법으로서 전극판의 오염도를 축소하는 것이 가장 큰 기술적인 문제이며, 일본의 경우 전극판의 오염을 축소시키기 위해 주기적으로 전극의 극성을 변환시키는 방법이 고안되고 있는 실정에 있다.

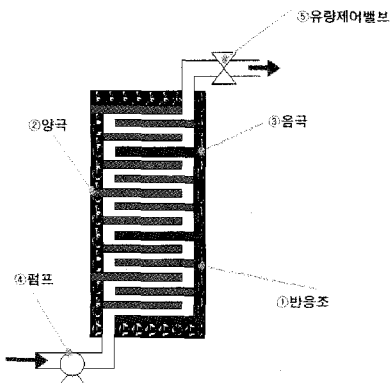
통상적으로 유기물과 무기물이 혼재된 폐수보다는 유기물의 비중이 높은 경우에 연속처리가 쉬운 특성을 갖는다. 이는 전극판의 오염이 칼슘이나 마그네슘에 의해 비교적 쉽게 오염되고 이로 인해 전극판의 분해 효율이 급격히 감소하기 때문으로서, 가동을 위한 동력비와 직결되기 때문이다.

또한, 전기분해 과정을 통하여 수중에 존재하는 염소이온들에 의해 극히 약한 수준이라도 염소분자가 형성될 수 있

어 이에 따른 산화력을 갖게 되므로 분해가 촉진되는 것으로 해석되고 있으며, 부분적으로는 살균력도 얻는 것으로 해석된다.

3) 기술의 장 단점

본 처리방법은 현재 부분적으로 실용화에 성공하고는 있는 기술이나, 보완기술이 계속 요구되는 상황에 있으며, 특정 오염물질의 처리에는 상당폭 처리 효과가 있는 처리방법에 해당된다. 그러나, 전술한 바와 같이 전극판의 오염도를 축소시키는 기술적인 방법이 요구되는 처리방법이므로 이를 채택할 경우에는 장기간에 걸친 실제 적용과정을 거쳐 채택하는 것이 추천되어지며, 관리에 대한 부분은 선행된 문제점만 해결된다면 비교적 쉽게 운영될 수 있는 장점이 있다.



〈그림. 전기 분해장치 개념도〉

마. 미생물과 화학흡착제를 이용한 폐수처리법

1) 기술의 개요

이 기술은 최근에 활발히 개발이 진행되고 있는 기술로서, 수용성 오염물질의 제거를 위해 사용되거나 난분해성 물질의 흡착과 분해를 위해 사용되는 방법으로서 특정미생물의 균주와 함께 화학흡착성이 높은 고분자 물질을 병용하여 처리효과를 높이는 방법이다.

대표적인 예로는 질소·인의 절감이나 제거를 위하여 흡착제와 특정미생물을 혼합시켜 기존의 활성오니나 침전처리 공정에 투입하여 효율을 개선시키는 방법이 있다.

2) 처리기술의 주요내용

일반적으로 기존의 설비를 개조하기 어렵고 또한 처리가 어려운 물질중의 하난인 수용성 오염물의 제거효율을 높이기 위해 검토되고 있는 기술로서, 질소·인의 제거효율이 높은 것으로 알려지고 있는 바실러스균주의 흡착성이 높은 고분자물질을 혼합하여 폐수처리에 응용함으로써 기존의 설비를 그대로 이용하면서도 처리효율을 상승시키는 방법으로서, 현재 부분적으로는 실용화되고 있으며, 향후 다양한 형태로 응용될 것으로 평가되고 있다.

그러나, 현재까지는 아민염과 같은 말단기를 갖는 물질에 대해서는 높은 제거 효율이 기대되고 있으나 범용적으로

적용하기에는 부족한 부분이 높은 측면이 있는 것으로 알려지고 있으며, Polycellulose와 같은 흡착성이 높은 미생물고분자를 응용하는 사례도 알려지고 있는 실정이다.

3) 기술의 장·단점

본 처리방법은 현재 적용의 초기단계에 있으나 범용성이 부족한 것이 현실이며, 특정 물질에 대해서는 효율적인 방법이 될 수 있다. 따라서, 다양한 폐수보다는 질소원이 풍부한 경우에 보완적인 방법으로서 적용하여 범용성 추천되어 지는 방법이라고 하겠다.

향후, 이러한 미생물과 고분자물질의 병용처리방안은 미생물처리와 화학적처리의 접목이라는 범주내에서 지속적인 응용이 될 것이므로 국내실정에 맞는 기술의 개발이라는 측면에서는 상당히 고무적인 것이 사실이나 경제성과 효율성이 보완되어야 할 것으로 판단된다.

〈 표. 각종 용해성유기물 성분에 대한 제거성능 예〉

COD component Chemical	Ion	ANIONIC			NONIONIC		
	Sodium Liqnosulphonate	Anionic Low Polymer	Starch Oxide	Raw Starch	PEG (Poly Ethylene Glycol)	PVA (Poly Vinyl Alcohol)	Surfactant (Nonyl Phenylether)
CLEANPOL OC-241	○	○	○	○	○	○	○
ALUM	○	○	○	△	×	×	×
Poly Aluminum Chloride(PAC)	○	○	△-×	×	×	×	×

※ COD removal effect — ○ : Good(제거효율 20%이상) △ : Better(제거효율 5 - 20%) × : Poor(제거효율 5%이하)

다음호에 계속