

# 고도 수처리기술 및 설비

한국생산기술연구원

김 상 용

## 1. 서론

고도수처리기술이란 단순응집, 침전, 부상 및 활성슬러지법 등 기존의 수처리기술에서 얻어지는 것보다 더욱 정화된 처리수를 얻기 위해 필요한 개선된 기술을 말한다. 보통은 종래의 2차처리에 보다 진보된 공정을 결합하여 이루어지며 처리장 규모를 줄이거나 폐수중 유기금속회수, 슬러지 감량 등의 환경비용절감을 도모하면서 한층 강화되고 있는 방류수 기준에 대비하기 위해 필요한 기술이다. 본 고에서는 전반적인 고도수처리 기술 및 설비에 대해, 폐수처리 및 정수처리분야로 대별하여 개략적으로 설명하였다.

## 2. 폐수처리 기술 및 설비

### 2-1. 생물학적 처리

생물학적 처리기술로서 개발된 것은 활성슬러지법이 시초이며, 초기 표준활성슬러지법은 유기물로서의 BOD를 제거하는 것에 주안점을 두고 있었다. 그 후 산화·환원프로세스를 이용한 질소, 인의 제거를 목적으로 한 혐기·호기성 활성슬러지법이 개발되었다. 활성슬러지법으로 대표되는 미생물부유현탁법은 광범위하게 적용되어 왔으나 미생물의 고농도화에 한계가 있으므로 미생물농도의 제어에 고도기술을 요하는 것으로 생물막법, 자기조립법, 한외여과법(UF)법 등을 조합하여 기술개발이 수행되어 왔다. 생물막법, 자기조립법은 미생물고정화법의 범주에 속하나, 접촉포기법, 회전원판법 등의 부착생물막법이 우선 개발되었고, 미생물을 고정화제로서 봉쇄하는 포괄고정화법, 미생물 자신의 응집능력을 활용한 활성높이 3mm 전후의 자기조립슬러지법 등이 개발되었다

### - 생물막법

생물막법은 다양한 접촉재에 부착된 생물막을 이용하여 처리하는 방법으로서 증식속도가 늦은 질화균을 보유하기 쉬운 특징이 있다. 접촉포기법은 수중에 잠겨있는 접촉여과상에 공기를 하향으로 보내는 방법으로서, 플라스틱, 비닐줄 등의 다양한 접촉재를 반응조에 넣어 상향으로 공기를 보내 반응조내에서 선회류를 일으키며 하수는 접촉재의 활성표면에 닿아 정화된다. 이 변법으로서 포기에 의한 산소공급이 아닌 원통체는 하수중에 반만 잠기게하여 회전시키고 하수와 공기에 교대로 접촉시키는 현재의 회전원판법이 개발되었다. 회전원판법은 생활하수 및 분뇨처리장, 쓰레기소각장의 하수를 비롯하여 식품가공, 자동차 등의 공업폐수의 처리에 이용되고 있으며, 최근에는 오염하천수의 정화 및 하수의 3차처리에도 응용되고 있다. 특히, 고농도 하수처리 및 암모니아의 질화, ABS 제거가 잘된다. 생물막법은 처리방식에 따라 처리대상물질이 다르나, 회전생물막법은 질화 또는 질화·탈질이 고도처리 목적으로 탈질에는 원칙적으로 매탄올을 유기탄소원으로 첨가한다. 순환 방식은 필요한 시설용량을 가지고 있어 적정한 운전 조건을 설정하면 하수처리에서도 사용할 수 있다.

이상의 고착생물막법으로서 분류되는 처리법은 이후 여러 가지 면에서 효율화가 이루어져 오고 있다. 회전원판에서는 회전체가 개량되고 접촉포기의 담체도 다양한 종류의 재질, 형상의 것이 개발되어지고 있다. 또 안스라사이트 및 경량골재 등을 충전한 층에 하수를 흐르게 하고, 상향으로 공기를 공급하여 생물학적 처리와 여과기능에 의한 정화작용을 발휘하는 생물막여과법(호기성 여상법)도 이 계통의 처리법으로 발전한 것이다.[1]

### - 생물학적 탈인

활성슬러지법의 전반부분을 혐기성으로하면 혐

기탱크에 있어서는 인의 방출이 일어나고 유기물농도는 저하된다. 후반부분의 호기탱크에서는 증가한 인의 흡수가 일어난다. 이와 같이 생물학적 탈인법은 활성슬러지 중의 인을 혐기탱크에서 일단 방출시킴으로써 호기탱크에서 인의 과잉흡수를 가능하게 한다.

개발된 방법으로는 (1)Barenpho법 (2) Phoredox법 (3)A/O법 (4)A<sup>2</sup>/O법 등이 있다. 여기서 Barenpho법은 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 방법이다.

#### - 생물학적 탈질

하수의 질소제거방법에는 크게 물리화학적 방법과 생물학적 방법이 있다. 전자의 예로는 암모니아스트리핑, 불연속적 염소처리, 선택적 이온교환법 등이 있고, 후자의 방법으로는 유기성 및 암모니아성 질소의 제거를 질화, 아질산성 및 질산성 질소의 제거를 목적으로 한 탈질이 있으며, 양자를 조합시킨 것을 질화탈질법이라고 한다.

물리화학적 방법은 암모니아성 질소의 제거가 문제로 되는 경우에 유효한 방법이지만 처리수의 총 질소가 문제로 되는 경우에는 한정된 역할밖에 할 수 없다. 생물학적 방법은 자연계중에서 미생물에 의해 발생하는 질소순환의 일부를 공학적으로 응용한 것이며 이차처리로서의 활성슬러지법중에서 부분적으로 질화 및 탈질이 발생하는 경우도 있으므로 활성슬러지법의 기능을 확대한 것으로 생각할 수 있다. 질화와 탈질을 조합하는 것에 의해 하수중에 존재하는 모든 형태의 질소가 제거대상이 된다.

질화공정은 하수중의 암모니아성 질소 및 유기성질소로부터 전환되는 암모니아성 질소를 호기적 조건하에서 질화균의 작용에 의해 아질산성 또는 질산성 질소로 산화되는 것이다. 탈질공정은 질화공정에서 질화된 하수를 용존산소가 없는 혐기적 조건하에서 탈질균의 작용으로 아질산성 또는 질산성 질소를 질소가스로 환원시키는 것이다.

생물학적 질소제거법으로는 (1)Wuhrmann공정 (2)반호기성 활성슬러지법 (3)Barth의 3상방식 (4)Bardenpho 공정 (5)교환질환방식 등이 있다.[2]

#### - 혐기성 처리

생물학적 처리에서 생물 반응기는 혐기성 반응기와 호기성 반응기로 나뉘어지는데, BOD 유발물질 중 용존 성분은 호기성이나 혐기성 미생물을 이용하

여 제거할 수가 있다. 그러나 BOD 물질을 제거할 때 호기성 미생물이 혐기성 미생물보다 10배 정도의 반응 속도를 보이므로 일반적으로 호기성 공정이 주로 이용된다. 반대로 호기성 반응기가 경제성 있는 방법이기도 하지만 비호기성 반응기는 특별한 목적을 위해 전통적인 처리방법과 결합하여 사용될 수 있다. 흔히 사용되는 비호기성 미생물 공정으로는 혐기성 공정과 무산소 공정과 황산염 환원 공정 등이 있다. 재래식 혐기성 폐수처리 공법은 혐기성 미생물의 증식 속도가 느리기 때문에 반응기 단위 부피당 미생물의 보유량이 적고 처리효율이 낮으며 또한 긴 체류시간을 통하여 반응기의 크기가 커야 한다. 이러한 재래식 혐기성 반응기의 단점을 보완한 폐수 처리 공정으로 혐기성 유독성 생물막 반응기(AFBBK), 상향류식 혐기성 슬러지 블랭킷(UASB), 혐기성 여상(AF) 등의 혐기성 미생물 고정화법이 최근에 활발히 연구되어지고 있다.[3]

#### 2-2. 활성탄 흡착

입상활성탄(GAC) 충전탑을 고도폐수처리장치로 이용되는데, GAC에 미생물의 활성을 유지시킨 공정이 실용화되었다. 그러나 활성탄의 재생비용이 많이 들어 제한적으로 사용하였으나 수처리 기준이 엄격해지면서 점차 사용범위가 확대되고 있다. 미국과 유럽에서는 지하수를 오염시키는 난분해성 유기화합물인 TCE, PCE, TCA를 제거에 GAC방법을 이용하고 있으며, 경제성면에서 유리하며 낮은 농도의 폐수에 적합하다.

생물학적 처리법과 활성탄처리방법을 결합시킨 공정으로서 PACT공정이 있는데, 이는 활성슬러지 생물반응기에 분말상의 활성탄을 계속 가해줌으로써 독성물질을 흡착하는 방식으로 이 때 활성탄은 모든 형태의 유기물을 흡착 가능하다. 그리고 흡착된 활성탄은 침전조에 의해서 침전되고 버려지게 된다. 그러나 활성탄의 흡착력이 둔화된 경우 활성탄의 재생이 필요하며 따라서 이러한 난분해성 물질 제거에 활성탄의 흡착능력과 오염물질을 분해할 수 있는 미생물을 포함하는 공정은 상당한 이점을 갖는다고 볼 수 있다. 활성탄의 표면에 미생물이 성장함으로써 활성탄 표면의 미생물에 의한 재생으로 활성탄의 흡착성만을 고려한 사용기간이 연장되는 장점을 갖게 된다.

또한 GAC 흡착/혐기적 안정화 공정이 있는데

GAC공정은 PACT공정을 변형하여 조업용 이점을 보다 향상시킨 것으로 산업 폐수와 매립 침출수 등과 같은 유해폐수처리의 전처리 단계로 이용된다. 이 공정은 크게 GAC 충전층을 통과하면서 흡착에 의해 용존 유기물이 제거되는 GAC와 폐수의 접수부로 나누어진다. 이의 예로는 Gas Phase Biofilter 장치가 있다.[4]

2-3. 습식산화기술

습식산화처리는 촉매를 이용하여 150~200℃의 온도와 6~10기압의 압력하에서 공기(산소)와 고체 촉매를 이용하여 산화처리하는 것으로 종래의 처리법과 상이한 고농도 오염성분의 분해기술이다. 생물학적 처리에 의한 폐수의 산화과정에서는 저분자 유기산의 발생이 많고, 이에 따라 악취를 유발할 경우가 많으나 습식산화에서는 폐수의 완전산화가 가능하여 악취물질을 발생시키지 않을 뿐만 아니라 밀폐형 반응기로 이루어져 악취가 누출되지 않는다. 또한 염료의 발색기(發色基)까지 산화분해가 가능하여 폐수의 색도를 제거할 수 있게 된다. 습식산화반응은 빠른 속도로 진행되기 때문에 촉매량과 반응조건의 조절에 의해 고농도의 폐수까지 처리 가능하다. 촉매를 이용하는 습식산화공정은 적절한 촉매의 선정에 의해 오염물질의 분해정도를 조절할 수 있다.

습식산화반응은 강한 발열반응이므로 자체 발열량에 의해 가온이 가능하고 최종 처리수는 다시 유입폐수와 열교환되어 폐수의 온도를 100℃까지 가열시킬 수 있다. 이에 따라 열공급에 따른 에너지 소비를 최소화할 수 있다. 원통형 반응기에서 처리가능하기 때문에 소요부지가 없이 장치가 간단하다. 이와 함께 유지관리가 적게 소요되는 연속처리공정이다.[5]

2-4. 고급산화법(AOP)

AOP(Advanced Oxidation Process) 즉 고급산화법이란 hydroxyl radical을 중간 생성물질로하여 수중 오염물질인 유기물을 산화처리하는 방법으로서, 오존(O<sub>3</sub>), 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)와 이산화염소(ClO<sub>2</sub>) 등 산화력이 강한 물질에 의해 난분해성 물질들을 산화 분해하는 방법이다. 흔히 오존(O<sub>3</sub>)에 과산화수소, UV 에너지를 더하거나 pH를 조절하여 산화력을 증대시킨다.

- 오존 산화

오존은 수처리 산화중에서 최대의 산화 전위를 가지고 있으며, 대부분의 유기물을 산화시킨다. 오존이 강력하고 효율적인 산화제로 쓰이는 이유는 반응물과 직접 반응하는 것뿐만 아니라 오존 스스로 먼저 분해되어 강력한 반응성을 hydroxyl radical( $\cdot OH$ )을 생성할 수 있기 때문이다. 이 hydroxyl radical은 반응성이 매우 높아서 용액 상태에서 충돌하는 거의 모든 유기물과 무기물과 무차별적으로 반응하는데, 이와 반응한 유기물들을 먼저 산소와 쉽게 더해지는 구조를 가진 radical 형태로 바뀐 후 산소와 반응하여 산화한다.

열역학적 자유에너지 값이 매우 큰 음의 값을 가지고 있지만 유기물과 직접 반응을 할 때 매우 선택적인 반응을 하고 빠른 속도를 보이지 않는 것 때문에 충분히 빠른 반응속도가 좋은 산화제가 요구된다. 또한 오존이 유기물과 직접 반응하는 것보다는 hydroxyl radical과의 반응이 유기물의 분해를 더 빠르다. 이같이 오존을 이용하는데 있어서 hydroxyl radical을 생성하는 대표적인 방법으로는 pH를 높이거나 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)나 UV를 사용한다. 오존을 이용한 고급 산화법에는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 UV를 조합시킨 O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>/UV 시스템, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV시스템, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 철이온을 조합한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe 시스템 등이 있다.[6]

오존을 발생시키는 실용화되어 있는 방법에는 고압무성방전식(高壓無聲放電式), 전기분해식, 자외선식 등 3종류가 있으며 이중 고압무성방전식이 가장 일반적으로 사용된다.[7]

- 펜턴 산화

펜턴시약은 과산화수소와 황산철(II)의 혼합 용액으로서 펜턴시약에 의한 산화반응의 메카니즘은 펜턴 시약의 철 이온이 유기물에 의해 산화 분해될 때 2가와 3가 이온 사이를 순환한다. 과산화수소에 의해서 Fe<sup>3+</sup>를 Fe<sup>2+</sup>로 다시 환원시키면서 자신은 산화 분해된다. 펜턴 산화법에 의한 폐수처리는 pH 조정, 펜턴 산화, NaOH에 의한 중화, 응집, 침전의 일련의 공정으로 이루어지며 폐수의 특성에 따라 펜턴 시약에 의한 폐수처리 가능성은 차이가 난다.

펜턴 산화법은 생물학적 처리만으로는 처리의 한계가 있는 난분해성 폐수 처리에 생물학적 방법과 병행하기도 한다. 염료, 염색, 화학 공업 폐수의 처리에 있어서 생물학적 처리를 하기 위한 전처리 공정

으로서 대단히 효과적인 처리방법이라 할 수 있다. 을 쪼인 TiO<sub>2</sub>를 촉매로 하기 때문에 어디든지 전기

표 1. 오존발생기의 특성 비교[7]

구분 \ 형식	고압무성방전식	전기분해식	자외선식
원료	건조공기 또는 산소	물	공기
오존농도	공기 : 1~2 wt% 산소 : 2~4 wt%	14~18 wt%	0.3~0.5mg/l
수중용해도	중간(80~90%)	높다(99%이상)	낮다
잉여오존량	다량(10~20%)	소량	-
가스압력	0.7kg/cm <sup>2</sup> 이하	고압가능	0.7kg/cm <sup>2</sup> 이하
전원	교류 고압(6KV이상)	직류 저압(30V이하)	교류(110/220V)
주요부품	공기압축기 공기정화기(건조기, 필터) 오존발생기, 계측기 고압변압기, 전압조정기 오존파괴기	이온교환수지탑 정류기, 전압조정기 오존발생 전해조	공기압축기 오일필터 저압수은등 안정기
주사용처	대부분의 용·폐수처리 - 탈색, 유기물제거 - 살균소독 - 철·망간 산화 - 수영장 용수처리	순수제조 세정살균수 수영장용수 유기물분해 표백, 탈취	용수살균 조류제거 탈취

흔히 펜턴 산화를 하여 생분해성을 증가시킨 후 생물학적으로 처리하는 방법과 생물학적 처리후에 잔류 COD를 펜턴 산화에 의해 처리하여 제거하는 방법이 널리 쓰일 것이다.[8]

- TiO<sub>2</sub> 광촉매 산화

TiO<sub>2</sub>/UV process는 파장이 300-400nm 정도인 자외선을 TiO<sub>2</sub> 촉매에 조사하여 TiO<sub>2</sub> 표면에 ·OH를 생성시켜 유기물을 제거하는 방법이다. TiO<sub>2</sub>와 같은 금속산화물은 고유한 band gap energy (Eg) 즉, 약 3.2 eV 이상의 에너지와 400 nm 이하의 파장보다 더 큰 energy 를 받게 되면 TiO<sub>2</sub> Valence Band에 있는 전자가 Conduction Band로 전이되게 되고 Valence Band에 는 전자가 비어 있는 양공(positive hole)을 남기게 된다. 이렇게 생긴 전자(e-)가 TiO<sub>2</sub> 입자의 표면으로 이동하게 되고 이때 TiO<sub>2</sub> 입자 표면에 있는 물이나 OH 등과 H<sup>+</sup>과 반응하여 OH 라디칼을 형성하게 되고 H<sup>+</sup> ion 을 생성하기도 하고 직접 유기물과 반응하여 유기물을 산화시키기도 한다.[9]

광촉매 산화법은 공기나 물속에 있는 유기 오염 물질을 상온에서 제거하거나 파괴하는 기술로서, 빛

만 있으면 작동이 가능하다. 이 system에서 중요한 것은 Photocatalytic Reactor Cell인데, 오염 물질의 농도와 처리량에 의해서 셀의 갯수를 조정하는 것으로서 반응 셀의 외부는 스테인레스 스틸로 구성되어 있고 내부는 빛을 내는 램프가 들어 있다. 이 램프에서 낮은 강도의 자외선이 나오고 이 cell 안에 적당한 TiO<sub>2</sub>량을 넣어 줌으로써 이 때 TiO<sub>2</sub>는 빛에 의해 활성화되어 반응 cell안으로 들어온 유기 물질이나 기타 오염 물질을 산화시키게 된다.[10]

이러한 TiO<sub>2</sub> 등 광촉매를 이용한 광산화 기술은 기존의 수처리 기술에 비해 간단하고 청정에너지인 태양 에너지를 사용할 수 있고 슬러지가 발생하지 않으므로 설비비와 운전비가 저렴하다. 화학 약품을 사용하지 않으므로 처리비가 최소화되고 자동제어 시스템으로 사고의 위험을 최소화할 수 있다. 또 생물학적 난분해성 물질인 유기 화합물에 대한 광분해 효과가 높다.

2-5. 전자빔 가속기(Electron Beam)을 이용한 폐수 처리

전자빔가속기는 (-)전하를 띤 전자에 직류 고전압을 가해 주어 전위차에 의해 빛의 속도에 가깝게 가속해 주는 장치이다. 이러한 전자빔 가속기는 전자의 가속에너지가 크고 투과능력이 뛰어나 여러 분야에 응용되고 있는데 기본원리는 고에너지 전자빔을 쏘아 짧은 시간내에 분자를 깨거나 분자구조를 변화시켜 내구성 또는 반응속도를 증가시킴으로써 새로운 물질을 만들어거나 생산공정의 고속화와 공정개발에 이용되고 있다. 즉, 폐수 및 상수처리, SO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub> 제거, 곡물저장 process에서 살균 및 해충을 박멸할 때나, 병원쓰레기류의 살균 및 실험실의 폐기기류를 살균할 때, 암모니아 plant나 SM plant-용의 촉매를 제조할 때 주로 이용된다.[11]

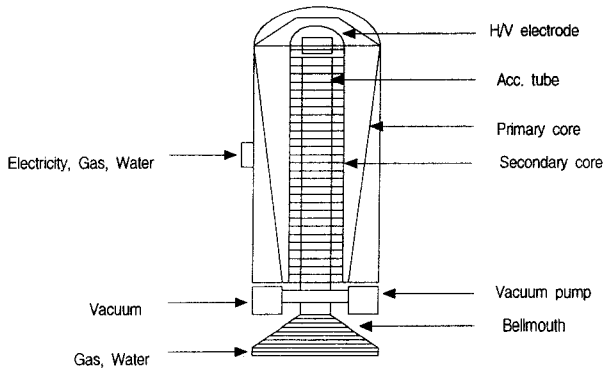


그림 1. 전자빔 가속기의 구성도

2-6. 초임계 유체 산화

물질이 임계온도와 임계압력 이상의 상태에 있을 때 이를 초임계 상태라 하는데, 초임계 상태에서는 그 물질의 물리화학적 성질 즉, 밀도, 점도, 전기전도도, 유전 상수, 용해도 등이 보통 상태에서와는 매우 다르게 변한다. 초임계수 산화공정에서 초임계수는 반응용매로 사용되는데 특히 초임계수의 유기물과 산소 혹은 공기에 대한 용해도는 높고 이온성 무기물에 대한 용해도는 매우 낮다는 성질을 이용하여 폐수중에 포함된 유독한 유기물 및 무기물을 효율적으로 산화 또는 침전시켜 무해화시킨다. 즉 산소와 유기물들이 초임계수내에서는 완전히 섞여 단일상 균일반응이 가능하게 되므로 비교적 높은 온도 (T<sub>c</sub>=374℃)에서 풍부한 산소를 공급하여 유기물의 완

전산화를 유도할 수 있으며 다상 반응에서와 같이 상간의 물질전달제약에 의한 반응속도의 제한을 피할 수 있어 반응이 매우 빠르게 진행될 수 있다. 상온, 상압의 물에 높은 농도로 존재하는 무기물은 초임계수에서의 용해도가 매우 낮으므로 쉽게 침전 분리될 수 있다. 또한 유출수 자체가 깨끗한 고압의 수증기이므로 반응열의 회수가 소각에 비해 효율적이다. 초임계 유출 공정의 중요한 구성설비로는 Extraction Vessel, Pressure Reduction Valve, Separator, Compressor등이 있으며 개념도는 그림2와 같다.[12]

2-7. 감압증류 폐수처리

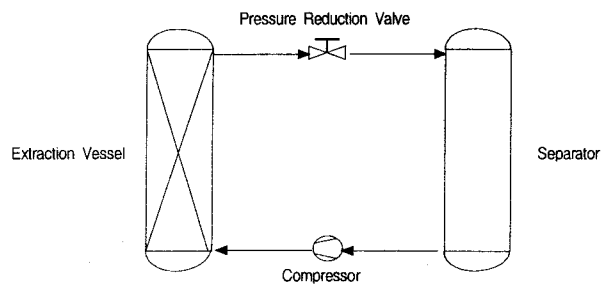


그림 2. 초임계수 유체산화처리공정의 개념도

감압증류 폐수처리 시스템은 용기의 압력을 대기압보다 낮게 유지하고 폐수의 증발온도를 100℃이하로 낮춤으로써 첫째단에서 증발한 증기를 다음 단의 가열원으로 사용하는 방법으로 에너지를 줄이는 방법이다. 2단 감압증류방식은 2개의 용기의 압력을 차등적으로 유지시켜 첫번째 단에서 증발한 증기를 두번째 단의 가열증기로 사용하여 그만큼 효율적으로 시스템을 사용하는 방법이다. 실제로 국내에서 개발되어 염색폐수나 도금폐수에 적용되고 있다.[13]

3. 고도 정수처리 기술 및 설비

3-1. 초순수제조 System

- 역삼투압장치 (Reverse Osmosis System)

저농도 용액에서 고농도 용액으로 이동하는 정상적인 삼투현상을 반대방향으로 진행되도록 고농도 측에서 압력을 가해 고농도측의 불순물을 분리해 내는 장치이다.

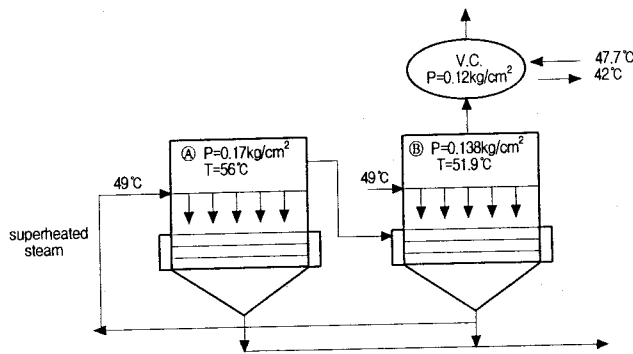


그림 3. 폐수처리에 있어서의 감압증류 시스템

- 이온교환장치 (Demineralization System)

고순도의 초순수를 만들기 위하여 강산성 양이온교환수지와 강염기성 음이온교환수지가 혼합된 Mixed Bed Type의 이온교환장치가 사용되며 초순수용 이온교환장치에 사용되는 수지는 Clean수지로 TOC 유출을 최소화시킨 수지를 사용한다.

대부분의 경우 초순수장치에 적용되는 이온교환장치는 비재생형으로 용기에 혼합수지를 충전하여 사용하며 용기자체를 교환한다.

- 정밀여과장치 (Micro Filtration System)

정밀여과장치는 물리적 여과작용을 갖는 장치로, 미립자를 제거 목적으로 사용된다. 재질과 Module의 형태에 따라 여러가지가 있으나 Cartridge 형태의 MF가 많이 사용된다.

- 한외여과장치 (Ultra Filtration)

한외여과는 순수중의 미립자를 제거할 목적으로 사용되며 UF막의 재질은 폴리이미드계, 폴리설포계, 폴리올레핀, 초산세루로오즈계 등이 있으며, UF Module은 R/O Module과 같이 판형, 관형, 나권형, 중공사형이 있으나 초순수장치에서는 나권형 및 중공사형이 많이 사용된다.

- 자외선 살균장치(Ultraviolet System)

UV System에서는 살균을 목적으로 사용하는 경우와 유기물 제거 목적으로 적용하는 두 가지 경우가 있는데 살균목적의 UV System은 254mm 자외선을 이용하여 물속의 미생물을 살균하고 유기물제거 목적의 UV System은 185mm 자외선을 이용하여 물속의 유기물을 분해 제거한다. 초순수제조 System에서 적용되고 있는 대표적인 공정에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 이온교환막 순수제조장치 (MDI System : Membrane Deionization System)

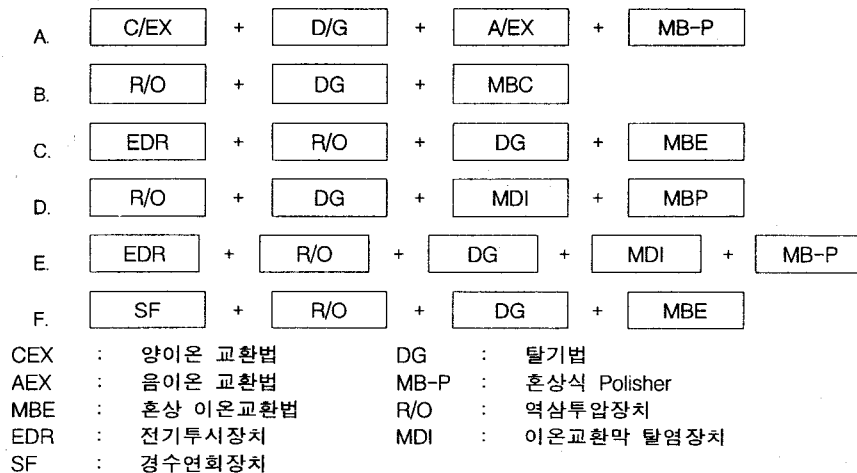


그림 4. 대표적인 초순수제조 시스템

이 System은 이온교환막과 이온교환수지 및 전기를 이용하여 물속의 이온성 불순물들을 연속적으로 제거하여 고순도의 물을 얻는 장치로, 기존의 이온교환수지만을 사용하는 System은 이온교환수지를 약품으로 재생하기 때문에 폐수의 발생이 많았으나, 이 MDI System은 전기적으로 처리하는 System이므로 폐수의 발생이 거의 없고 환경오염을 최소화할 수 있는 고도수처리설비이다. MDI 장치는 ED와 유사한 형태로 다수의 양이온 교환막과 음이온 교환막이 양

배열하고 여기에 전해질 용액을 채우고 양극사이에 직류를 통한다. 양 (+)의 전하를 갖는  $Na^+$  이온은 음극측으로, 음(-)의 전하를 갖는  $Cl^-$  이온은 양극측으로 각각 전기영동에 의해서 이동한다. 양극측에는 음이온 교환막이 있고 음극측에 양이온 교환막이 있고, 이온의 진행 방향에 있는 막은 각각의 이온에 대해서 선택 투과성을 갖고 있다. 이 (d)실에서는 전해질이 감소하여 탈염이 일어나고, (c)실에서는 전해질이 축적되어 농축이 일어난다.

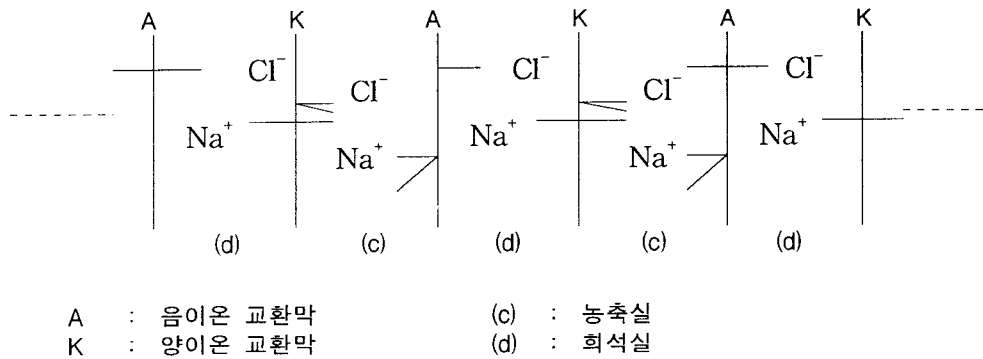


그림 5. 전기투석 system의 개념도

극과 음극사이에 병렬로 배열되어 있으며, ED는 이 양극과 음극사이에 Spacer들이 있어 농축부분과 희석부분으로 구분되어 장치를 구성하지만, MDI는 농축 부분에는 ED장치와 유사한 Spacer가 있으나 희석부분에는 혼합된 이온교환수지가 충전되어 있다.

MDI SYSTEM 용도를 살펴보면 역삼투압(R/O) System과 연결하여 물속의 이온성 불순물들을 연속적으로 제거하는 System에 적용하며 모든 순수제조장치를 필요로 하는 용도에 사용할 수 있다.

**3-2. 전기투석 SYSTEM (ED & EDR SYSTEM)**

전기투석에는 Electrodialysis(ED)와 Electrodialysis Reversal (EDR)이 있으며 전기투석장치는 이온교환막과 전기를 이용하여 물속의 이온성 불순물들을 연속적으로 제거하는 탈염 장치이다. 폐수중의 유기금속 회수, 폐수수량 축소 및 방류수를 재이용하는데 사용하는 최신기술의 고도수처리설비이다.

이 기술의 원리는 음(-), 양(+) 양극간에서 양이온 교환막 K와 음이온 교환막 A를 교대하여 다수를

**3-3. IMR-Process 복수탈염설비 (Intermediate Resins Process Condensate Polishing System)**

IMR-Process 복수탈염설비는 발전소 계통내에서 발생하는 불순물로 인해 방류해 버리는 상당량의 물을 회수하여 불순물을 거의 완벽하게 제거하여 고압 증기 발생장치에 재공급하는 설비로서 재생약품 및 재생폐액을 극소화시킨 회수 재사용 고도수처리설비이다. 이 System의 원리는 양이온 재생탑에서 이온교환수지분리때마다 양이온교환수지와 음이온수지의 혼합층에서 IMR(Intermediate Resins)층을 형성시켜 양이온수지와 음이온수지를 분리하고 혼합층을 별도로 이송하여 저장함으로써 원칙적으로 수지의 상호 혼입을 제거하여 재생효율을 극대화시켰다. 수지분리탑(CRT)에서 혼합수지층(IMR)층을 형성시켜 음이온교환수지와 양이온교환수지를 완전분리시키고 혼합수지(IMR)층을 별도로 이송저장하며 매 재생때마다 이용하기 때문에 재생약품 및 재생폐액을 극소화시키고 회수 재사용 효율을 극대화시킬 수 있다. 또한, 양이온교환수지 이송관과 음이온교환수지 이송관 및

IMR 이송관이 분리되어 있어 배관상에서 이온교환수지 혼합이 일어나지 않고 재생시간이 짧고 수지이동시 별도의 감시설비가 필요없다.

#### 3-4. 해수전해 폐수처리설비 (Sodium Hypochlorite Generating System)

해수전해설비는 바닷물을 이용하여 폐수를 처리하는 설비로서, 해수의 염화나트륨(NaCl)을 전기분해하여 차아염소산소다(NaOCl)로 만들어 주입폐수속의 유기물(BOD, COD) 및 고농도 시안(CN)을 제거하고 수용성 금속이온을 산화시켜 제거하는 청정 고도수처리설비이다. 해수전해설비는 양극과 음극 사이에 직류전기를 이용하여 해수중에 다량 포함되어 있는 NaCl을 전기분해하여 NaOCl로 만든다.

전기를 사용하기 때문에 오염이 없고 해수를 이용하기 때문에 생산비가 저렴하고, 연속적인 NaOCl의 생산이 가능하다.[14]

학·연·산 연구 교류회, KOSEF, 제 153회, pp. 9~10.

11. 조광제 : “전자빔을 이용한 폐액 처리”, 21세기를 향한 폐수관리 및 처리 기술, 국립환경연구원, pp. 165~174, 1995. 6.

12. 김화용 : “초임계유체 이용기술”, 제24회 화학공학 계속교육, pp. 21-1~21-21, 1995. 2.

13. 한국과학기술연구원 : 난분해성 특정산업 폐수처리 기술, 환경처. pp. 30~32.

14. 한국정수공업(주) : “고도 수처리 설비기술개발”, 1996.

### 참 고 문 헌

1. 한국환경기술개발원 : “한국형 선진환경산업의 육성책 개발을 위한 기초조사”, 1993. 12.
2. Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering : Treatment/Disposal/Reuse, 3rd Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
3. 양지원 : “Compact형 폐수 처리 시스템”, 제 24 회 화학 공학 계속 교육, 1995.
4. 김 동민 : 폐수 처리, 정문각, pp. 459~460, 1993.
5. 이 동근 : “Catalytic Wet Oxidation of Non Biodegradable Wastewaters”, J. Inst. of Environ. Prot., Gyeongsang Nat'l Univ., 3, 79, 1995.
6. 이동수 : “Chemical oxidation에 의한 유기성 폐수의 처리”, 화학공업과 기술, 제11권 3호, pp. 165~166, 1993.
7. 조성호, 이주봉 : “오존발생장치 및 오·폐수처리 적용현황(1)”, 첨단환경기술, pp. 16~25, 1994. 1.
8. 오동규, 윤태일 : “유기폐수의 펜턴 산화”, 화학공업과 기술, 제11권 3호, pp. 157~159, 1993.
9. 강준원, 박훈수, 최광호 : “이산화티타늄 광촉매에 의한 광분해 반응에 의한 유기물질제거에 관한 연구”, 대한환경공학회, 제17권 3호, pp. 284~292, 1995.
10. 전희동 : “TiO<sub>2</sub> 광촉매를 이용한 고도산화기술”,