

전기분해 이온 전해수에 의한 악취제거 공정개발

김노중, 박준철, 정건용*, 김래현

서울산업대학교 화학공학과

(kychung@snut.ac.kr*)

The Removal Process of Oder Using Ionic Water by Electrolysis

ReoJoong Kim, JunChul Park, Kunyoung Chung*, LaeHyun Kim

Energy & Clean Process Lab., Seoul National University of Technology, Seoul 139-242

(kychung@snut.ac.kr*)

서론

산업 현장, 수도권 매립장, 하수처리장등 도시환경에 있어 악취는 심각한 민원대상이 되고 있다. 대기환경보전법에서 “악취”라 함은 황화수소, 메르캅탄류, 아민류 가타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말한다 라고 규정하고 있다. 악취의 배출허용기준을 종래에는 관능법 악취도 2도 이하로 규정하였으나 암모니아외 7종의 악취물질을 배출허용기준 농도로 규제하고 지역에 따라 차등 농도를 적용 규제하고 있으며 차츰 강화될 전망이다. 악취물질은 PH 변화정도에 따라 산성가스, 염기성가스, 중성가스로 크게 구분할 수 있으며 산성가스는 황화수소(H_2S), 메칠메르캅탄(CH_3SH) 등이며 염기성은 암모니아(NH_3), 트리메틸아민($(CH_3)_3N$)이고 중성은 황화메틸($(CH_3)_2S$), 이황화메틸($(CH_3)_2S_2$), 아세트알데히드(CH_3CHO) 스티렌(C_8H_8) 등이다. 분자물질 구성상으로는 황화합물질, 질소화합물질, 방향족 탄화수소류, 알데히드류, 케톤류, 에스테르류, 지방산류, 페놀류, 기타 등으로 구분할 수 있다. 악취제거기술은 활성탄흡착법, 약액세정법, 연소법, Bio-filter법, 토양탈취법, Masking법 등 여러 가지의 처리기술이 적용되고 있다. 본 연구는 흡수법 처리방법으로 세정액을 전기분해 이온수를 사용하여 산업용 악취를 제거기술이라 볼 수 있다. 본 공정에서 선회류식 분사접촉 방식은 처리공정이 간단하고 유지비가 적다는 큰 장점을 가지고 있다. 본 연구의 주요개념은 전기분해에 의하여 전해질과 발생기체를 전자적으로 여기상태로 만들어 악취를 쉽게 흡수, 산화시켜 제거하는 방법이다. 본 연구에서 수행될 주요 영향인자로는 선회류식 세정시설의 압력손실 및 흡수효율, 물의 전기분해 특성, 전기분해수의 악취제거 효율, 공정별 제거효율, 첨가제에 따른 악취물질의 농도변화, 악취 종류에 따른 처리효율을 실험 분석하여 결과를 고찰하고자 한다.

실험

1. 이온수제조 장치

물의 전기분해 장치는 크게 3부분으로 구분할 수 있으며 하나는 유입원수의 전처리 정수 Filter이고 둘째는 전해질의 자동투입 Control System이며 셋째는 신 소재의 전극 전해조로 구성된다. 전처리 Filter는 유입원수 중에 포함된 부유물질(SS)을 여과하여 전극 전해조에 불순물이 포함되지 않은 물을 공급하여 수명을 연장하고 균일한 농도를 유지시킨다. 전기분해장치에 유입되는 수질의 정화에는 전처리 개념의 여과장치와 Ca, Mg이온 등의 경도성분을 제거하기 위해 연수기(Softner)를 설치하고 유량과 수위제어장치 및 Dosing

System을 설치하여 요구하는 농도의 산, 알칼리 전해수를 자동으로 생산한다.

2. 선회류식 흡수세정장치

선회류를 이용한 흡수세정 장치는 Scrubber를 소형화하여 Unit-Scrone 이라 하고 이들 여러 개를 조합하여 일정규모의 Multi-Scrone을 다양하게 설계한다. 이는 Scrubber를 적절하게 소형화함으로써 대형 단일화한 세정시설보다 흡수세정 효과를 더욱 증대시킬 수 있으며 다단(2단 이상)으로 설계하면 원심력과 충돌, 흡수세정 효율이 한층 증대된다. 유입되는 오염가스를 안내기에 의해 선회류를 형성하여 기류 회전력에 의해 유속을 증가시키고 그 중심부에 세정액을 분사시켜 기액의 원활한 접촉과 분진과 액적을 원심력에 의해 외벽으로 분리하는 기능이 있다. 다단처리 시 전단에서 분사된 액적은 다음 단에서 다시 회전력을 부여받아 분산되며 충분한 혼합효과가 있다. 통상 원통형 보다 원추형, 벤츨리형이 조금 개선된 형태로서 효율이 양호한 편이다. 유지관리 및 보수를 용이하게 하기 위해 중요 부분을 프렌지형으로 설계하여 분해조립, 노즐 교체가 용이하다.

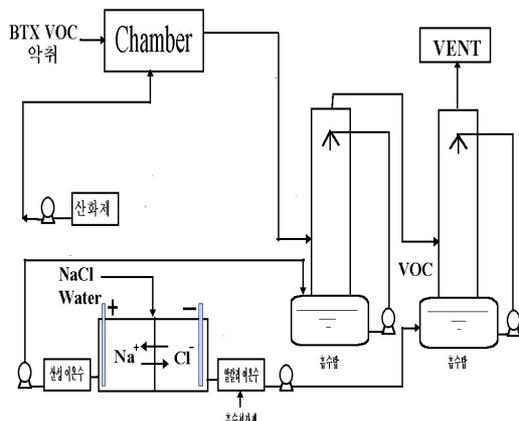


Fig.1 실험장치 공정도

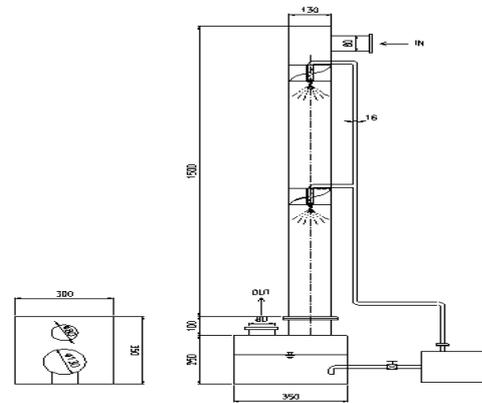


Fig.2 선회류식 세정장치 세부도

실험결과 및 고찰

1. 선회류식 세정장치 성능실험

세정장치 내로 유입되는 공기의 양은 Damper에 의하여 6 종류로 조절하였으며 그 때 반응기내의 선속도를 계산하였다. 선속도는 2.0, 3.7, 4.7, 5.5, 6.0, 6.8 m/sec로 각각 6종류이다. 이와 같이 동일한 조건에 따라 액기비를 변화하여 유속에 따른 세정장치 내 압력손실 값을 측정하였다.

◇ 유속과 압력손실

유속을 6단계로 변화시키면서 압력손실을 측정한 결과로 유속과 압력손실은 $\Delta P = A U^2 + B$ 의 관계식을 갖는다는 것이 증명되었고 다시 말하면 압력손실은 유속의 자승에 비례하여 증가하는 성능곡선을 나타내고 있다. 액기비의 변화는 압력손실에 거의 영향이 없으며 NOZZLE의 세정액 분사속도가 가스통과 유속보다 빠르면 압력손실이 약 2~5mmAq정도 떨어지고 세정액 분사속도가 가스통과 유속보다 느리면 반대로 2~5mmAq정도 상승한다. 충전식 세정탑 보다는 아주 낮은 압력손실 결과가 나타났으며 실제 설계에 반영하여 사용할 수 있는 결과물이다.

◇ 액기비와 압력손실

다음 결과는 액기비를 0으로부터 3까지 변화시켰을 때 세정탑 내에서 유속에 따른 압력손실의 값

을 도시한 것이다. 여기에서 액기비는 공기 1m³당 분사된 세정액의 양을 말하며 세정액의 양은 l 단위로 나타낸다. 압력손실의 양은 외부의 대기압을 기준으로 하였을 때 세정탑 내의 압력차를 말하며 선 속도가 2.0일 때는 액기비가 다르더라도 세정탑 내의 압력손실의 양이 같으며 유속이 증가할수록 차이가 다소 증가하고 액기비가 증가할수록 함께 증가하는 경향이 있지만 별다른 차이가 없는 것으로 볼 수 있다. 이는 선회류식 세정탑을 사용할 경우 세정액의 양을 증가시키더라도 압력손실의 양이 증가하지 않음을 말해준다. 바꾸어 말하면 단위 체적 당 가스 처리량을 증가시킬 수 있는 장점을 가질 수 있음을 말해준다.

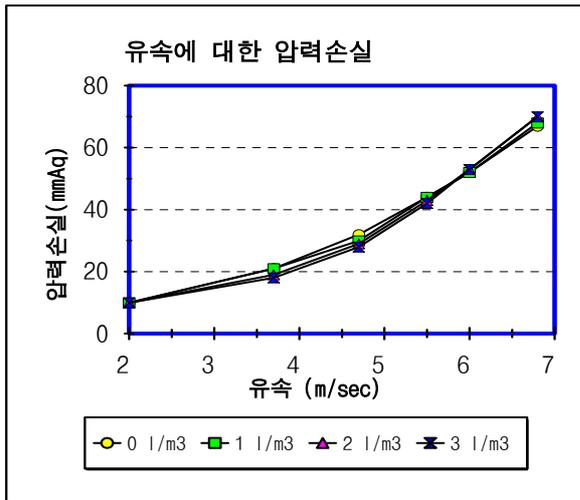


Fig. 3. 유속에 따른 압력손실

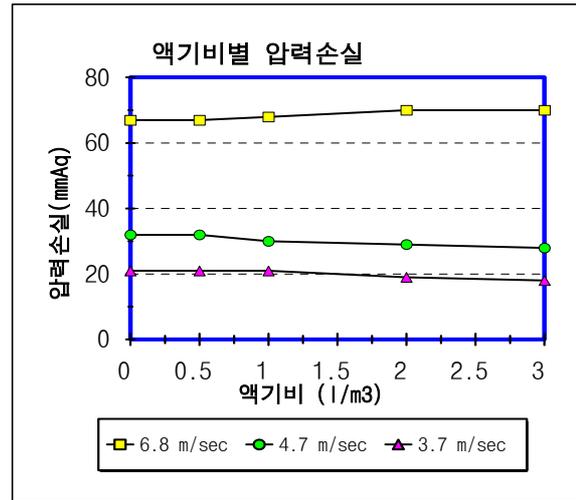


Fig. 4. 액/기비에 따른 압력손실

2. 악취가스 제거실험 결과

악취는 배출원에 따라 다양한 특성이 있고 종류와 농도도 상이하게 다르다. 악취제거 실험은 Table 1-5 에서 보는 바와 같이 사료공장, 침출수처리장, 분뇨처리장등 다량의 악취가 발생하는 현장공정에서 측정을 하였다. 그에 대한 결과를 종합하여 보면 생활악취의 대표적인 악취물질인 암모니아, 아민류, 황화수소, 메르캅탄류는 95% 이상의 탁월한 제거효율이 나타나고 아세트알데히드, 스티렌도 80~90%의 우수한 제거율을 보여주며 쓰레기중계처리장에서 음식물의 부패로 인해 하절기에 높게 검출되는 초산은 거의 완벽하게 제거하였다. 생활악취 발생시설에서 공기 중으로 배출되는 악취물질은 비교적 우수한 제거효율을 나타내고 세정액 중에 용해된 상태에서 재 휘발하여 다시 유출되지 않고 안정적으로 반응하여 처리되었다. 또한 화학약품을 사용하여 산이나 알칼리약품 혼합하여 화학반응에 의해 제거하는 약액 세정법에 의한 경우 보다 본 연구에서 사용한 이온수는 활성화 에너지가 높아 반응속도가 증진되어 악취물질의 제거효율이 더욱 우수하다고 사료된다. 그러나 고농도 악취에는 다량의 전기분해수가 필요하므로 전기분해장치의 용량이 커지고 다량의 용수가 소모되므로 저농도의 탈취시설에 경제적인 적용방법이라 판단된다.

Table 1. 사료공장 탈취실험

항 목	IN PUT (ppm)	OUT PUT (ppm)	효율(%)
메르캅탄	20	N. D	-
이세트알데히드	10	2	80
스틸렌	10	1	90

Table 2. N라면 스프공장 탈취실험

항 목	IN PUT (ppm)	OUT PUT (ppm)	비고
황화수소(H ₂ S)	35	N. D	
메틸멜캅텐(CH ₃ SH)	Trace	N. D	
암모니아(NH ₃)	10	N. D	

Table 3. 수도권매립지 침출수처리장 탈취실험

항 목	IN PUT (ppm)	OUT PUT (ppm)	비고
황화수소(H ₂ S)	Trace	N. D	
암모니아(NH ₃)	37	N. D	
아민류(R-NH)	90	N. D	

Table 4. G분뇨처리장 탈취실험

항 목	IN PUT (ppm)	OUT PUT (ppm)	효율 (%)
황화수소(H ₂ S)	450	13	97
암모니아(NH ₃)	37	1	97
아민류(R-NH)	90	5	94

Table 5. S구 쓰레기처리장 탈취실험

항 목	IN PUT (ppm)	OUT PUT (ppm)	비고
황화수소(H ₂ S)	1	N. D	
메르캅탄(R-SH)	3	N. D	
초산(CH ₃ COOH)	8	N. D	
암모니아(NH ₃)	3	N. D	

결론

본 연구에서는 전기분해장치에서 생산된 산성이온전해수와 알칼리성이온 전해수를 각각의 선회류식 세정장치에서 분무하여 악취를 흡수제거하는 실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 선회류식 세정장치의 특성(장점)은 압력손실이 50~150mmAq로 아주 낮아 전력소모가 적어서 에너지절약형이다. 암모니아 세정효과는 95%이상의 높은 효율을 보여주며 구조가 간단하여 운전 및 유지관리가 용이하다.

2. 전기분해수의 산업현장에서 측정 분석한 악취에 대한 흡수제거효율은 암모니아, 아민류, 황화수소, 메르캅탄류는 95%이상의 제거효율을 나타냈고 아세트알데히드, 스티렌은 80~90%의 제거율을 보여주었다.

3. 산성악취는 알칼리성이온 전해수에, 염기성악취는 산성이온 전해수에 흡수 효과가 탁월하고 현장 적용 실험에서도 우수한 제거 효과 보였다.

참고문헌

- 1) 환경부, "대기오염공정시험방법", 고시 제2002-20호, 2002. 2. 5.
- 2) 김노중, 서울산업대학교 대학원 석사학위논문, 2003. 8