

선회류식 흡수세정장치를 이용한 소화가스 탈황공정개발

임성일, 김로중, 김선미, 김광섭, 김선욱, 김래현*, 손재익*

(주)시원기업, 서울산업대학교 에너지환경대학원*

Development of Desulfurization Process in Un-aerobic Digestion Gas Using Multi-Scrone

Lim Seong Il, Kim Nor Jung, Kim Sun Mi, Kim Kwang Sub, Kim Sun Uk,

Kim Rae Hyun*, Son Jae Ik*

Seonee Co., Ltd., SNUT Graduate School of Energy & Environment

1. 서론

하수처리장은 도시에서 발생하는 오, 폐수를 정화하는 기능을 가지고 각 도시에서 설치 운영되고 있으며, 도시 위생에 있어 매우 중요한 환경 기반시설이다. 도시 하수의 정화과정은 여러 가지 공정을 거쳐 최종적으로 깨끗한 물로 정화하여 하천으로 방류하게 된다. 하수처리 과정에서는 각 공정에 따라 폐기물과 슬러지가 발생하게 되는데, 하수의 생물학적 처리과정에서 발생하는 잉여 오니 슬러지의 처리는 하수처리장에 따라 상이하나 비교적 규모가 큰 도시 하수 처리장에서는 혐기성 소화조에서 메탄(CH₄)을 회수하고 감량화 시킨 후 최종 처분하고 있다. 소화조에서 발생하는 소화가스는 소화조 가온, 발전 등을 위한 연료자원으로 사용하고 있으며 그 구성 성분은 메탄(CH₄)이 60~65% 정도를 이루고 이산화탄소(CO₂)가 30~35%이며 미량 가스로는 유화수소(H₂S)가 포함되어 있다. 소화가스 중에 포함되어 있는 H₂S 성분은 그 유독성이 매우 심하고 STEEL(Fe)과 반응하여 설비를 부식시키고 연소 후에는 SO₂로 산화하여 산성비의 원인 물질로 배출되어 대기 환경을 오염시키는 역할을 하고 있어 유화수소(H₂S)의 제거 기술향상에 앞장서야 한다.

일반적으로 건식탈황과 습식탈황으로 나뉘며 건식탈황 공정은 소화가스를 산화철(FeO₃)이 포함된 탈황제를 충전한 탈황탑에 소화가스를 통과시켜 유화수소(H₂S)를 흡착 산화시키는 공정으로 탈황탑에 충전되어 있는 탈황제를 주기적으로 교체하여 탈황을 실시하고 있다. 건식 탈황은 설비의 구조가 간단하여 별다른 유지관리가 필요 없다는 장점을 가지고 있는 반면, 소화가스 중에 포함된 수분이 응축하여 탈황제에 부착되어 압력손실을 증가시켜, 소화가스의 유출입이 원활하지 못하고, 고농도의 유화수소(H₂S)가 유입되는 경우 탈황 효율을 급격히 저하시켜 빈번한 교체를 실시해야 한다. 또한 사용기간이 종료되어 교체되는 탈황제는 폐기물로 배출되어 매립하고 있다. 현재 각 도시 하수처리장에서는 건식 탈황위주로 설치하고 있다. 당시의 설계기준은 유화수소(H₂S)의 농도가 100~200ppm 정도로 6개월에 1회 교체기준으로 설치되어 있으며, 유화수소(H₂S)의 농도가 증가하는 경우 그 교체주기는 비례하여 증가하여야 한다.

현재 각 하수처리장에서는 메탄가스 중 H₂S 농도가 2,000ppm을 상회하여 연소 후 SO₂ 농도가 배출허용기준을 초과하여 고효율의 탈황설비가 필요한 상황이다.

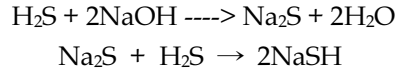
2. 이 론(실험 및 방법)

본 연구에서 개발하고자 하는 기본공정 개념은 알칼리 약품을 이용한 선회류식 습식탈황 흡수세정장치이다. 습식탈황에서 알칼리 약품과 반응하여 생성된 물질은 세정수에서 석출되어 세정탑 내부에 침적되어 흡수효율을 저하시키고 잦은 청소 등의 단점을 보완하였다.

충진물을 사용하는 기존의 방식과 달리 선회류를 생성하는 가이드베인을 사용하여 막힘현상이 없어 압력손실 및 교체비용이 발생하지 않는 구조로 유화수소(H₂S) 성분을 제거한다. 선회류식 흡수세정장치는 흡수효율이 매우 좋으며, 분진 등을 동시에 제거하는 기능을 가진 고효율의 흡수세정설비이다. 선회류식 흡수세정장치는 악취분야에서 다양한 실적을 보유하고 그 성능을 입증하였

다.

유화수소(H₂S)의 농도가 높고 양이 많이 포함되어 있는 정유, 석유화학공정에서는 일찍부터 알칼리 약품을 이용한 습식 탈황 공정을 사용하고 있다. 습식 탈황의 원리는 유화수소(H₂S)가 다량 포함되어 있는 가스를 알칼리 약품으로 세정하여 유화수소(H₂S) 성분이 알칼리 약품과 반응하여 제거 시키는 공정이다.



본 공정에서는 혐기성 소화조에서 발생하는 가스를 가스홀더를 통해 선회류식 탈황설비로 유입하여 알칼리 세정액(NaOH+물)을 분사, 중화반응하여 처리하였다. 설비는 3단의 병렬로 이루어져 있으며 알칼리 세정액은 pH에 따라 유입되고 각 단을 거쳐 배수된다. pH에 따른 효율의 변화를 실험하였다.

습식탈황의 공정은 건식 탈황의 공정에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있다. 고농도의 유화수소(H₂S)가 유입되어도 적절하게 처리가 가능하고 높은 제거효율을 가진다. 반면, 유화수소(H₂S)가 반응하여 발생된 염이 고형물로 석출되어 세정탑 내부에 침적되므로 흡수탑의 선정에 많은 주의가 필요하다. 발생된 폐액은 pH가 9~10 정도를 유지하나 하수처리공정에 재투입하여 처리하면 된다.

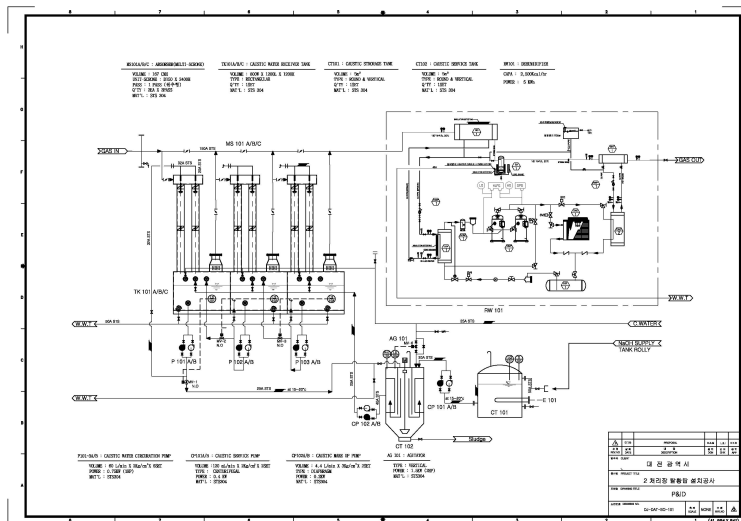
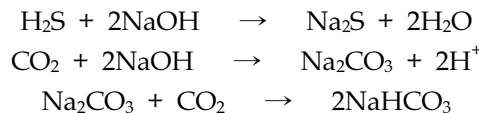


그림 1. 탈황설비 공정도

본 공정은 H₂S 뿐만 아니라 CO₂가 동시에 탈황탑에서 흡수되어 알칼리 약품과 반응하는 결과로서 다음과 같은 반응을 보였다.



이산화탄소(CO₂)는 약 5~10% 정도 제거되었으며 정도체류시간 및 흡수시간을 연장시키면 제거효율이 더욱 상승할 것이나 약품 사용량이 증가하므로 유화수소(H₂S)의 제거에 초점을 맞추어 설계하였다.

3. 실험(결과 및 고찰)

도시 하수 처리장에서 처리하는 오폐수는 도시하수 뿐만 아니라 음식물 쓰레기 침출수, 매립장 침출수, 분뇨처리장의 1차 처리수, 각 소화조에서 발생하는 정화조 오니 등을 처리하고 있다. 음식물 쓰레기 침출수, 분뇨폐수, 정화조 오니 등은 황(Sulfur)성분이 매우 높아 소화가스 중에 발생된 유화수소(H₂S) 농

도가 계속 증가하여 현재에는 2,000ppm 수준을 상회하고 때로는 3,000ppm을 넘는 경우도 있어 건식 탈황의 한계점을 보이고 있으며 보다 빈번한 탈황제의 교체가 요구되는 실정이다. 또한 습식세정의 장점으로 35%정도 포함된 이산화탄소(CO₂) 성분을 제거하여 메탄가스의 함량이 높아지므로, 소화가스의 열량을 높여 열효율을 높일 수 있다.



그림 2. 선회류식 습식 탈황 설비

표 1. 하수슬러지 소화가스 Pilot Tset 분석결과 (분석장비 : LANDTEC, GASTEKO)

NO	IN LET GAS				OUT LET GAS			
	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S(ppm)	기타(%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S(ppm)	기타(%)
1st	65.5	31	900	3.41	69.4	27	N, D	3.6
2nd	63.5	31	950	6.2	66.5	29.2	N, D	4.6

표 2. 세정수 pH와 H₂S 배출농도분석

pH	H ₂ S(ppm) 배출농도	Remark
9.45	130	
10.11	70	
11.45	30	
11.91	미약한 취기	floc형식 Na ₂ S 및 NaSH발생
12.5	취기 없음	

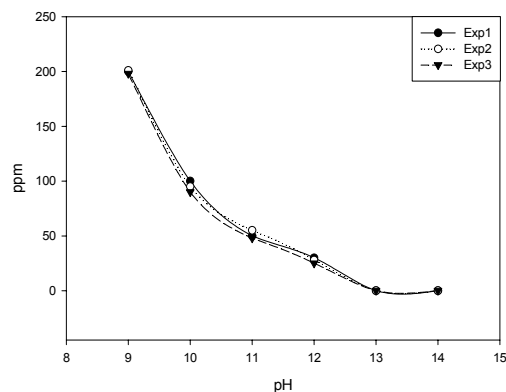


그림 3. pH에 따른 H₂S농도의 변화

실험결과에서 CH₄의 농도는 CO₂가 농축되면서 소폭 상승하였고 H₂S는 12.5 이상에서 99% 이

상 제거되어 취기가 없는 상태로 배출되는 것을 볼 수 있었다. 또한 pH가 낮아지면서 H₂S의 반응률은 떨어져 H₂S가 배출되는 것을 볼 수 있는데 pH10 이하에서는 효율이 80%이하로 떨어지는 결과를 볼 수 있었다.

4. 결론

본 공정은 소화가스 중에 포함된 H₂S를 세정 흡수하는 선회류식 세정탑, 알칼리약품 공급설비, 소화가스 중에 포함된 수분을 제거하는 제습 설비로 구성되어 가스저장조로 유입되는 시스템으로 이루어져 있다. 소화가스를 보일러 연료나 발전기 연료로 사용하기 위해서는 H₂S의 농도가 10ppm 이하로 유지되어야 하는데 선회류식 탈황설비를 이용하여 그 효율을 유지할 수 있었다. 화석연료 사용의 증가로 고유가 행진이 지속되고 있는 요즘 신재생에너지에 대한 기대와 개발, 연구가 이루어지고 있고 특히 바이오가스를 이용하여 보일러 연료 및 발전, 연료전지 등으로 사용하고자 하는 연구개발이 진행되고 있다. 하지만 전처리로서 고효율의 탈황설비가 필수로 갖추어져야 하는데 현재 개발된 탈황설비 중 시설비와 운영비가 저렴하며 간단한 시스템을 가지면서도 고효율의 선회류식 탈황설비가 신재생에너지 분야에서 에너지절약과 에너지 개발에 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.

5. 참고문헌

1. Douglas M. Ruthven. Principles of Adsorption and Adsorption Process, 1991
2. USEPA, Handbook, Control Technologies for Hazardous Air Pollutants, 1991
3. 환경부, 환경백서, 2006
4. 한국유기성폐자원학회, 혐기성소화공정에 의한 바이오가스의 기술 원리 및 응용, 2007
5. 김로중, 선회류식 흡수세정장치, 첨단환경기술, 1998