

요 약 문

I. 제목

“세정탑 보안을 통한 하수처리장 악취가스 저감 대책”

II. 연구의 목적 및 필요성

악취는 진동 및 소음과 함께 눈에 보이지 않는 공해이며 우리들의 일상생활 아주 가까이 있는 문제로서 도시가 팽창되고 주거지역과 생산 공장과의 인접성이 커지면서 지역주민의 생활환경을 열악하게 하는 심각한 사회적인 문제가 되고 있다. 이러한 악취물질은 일반적으로 다양한 환경기초시설과 산업시설, 그리고 폐수처리장에서 방출된다. 이같은 시설들에서 방출되는 악취는 주변 환경기초시설에 대한 인근주민의 미원이 계소 제기되어 큰 사회적인 문제로 대두되고 있다. 따라서 대기로의 이러한 악취물질의 방출과 규제에 대한 악취법규 제정이 구미 선진국 및 일본 등에서 제정이 되어 엄격히 시행되고 있다. 폐수처리장에서 방출되는 악취는 주 악취물질로 N-containing, S-containing compounds 인 NH_3 와 H_2S 가 열거되며 DMS, DMDS, 메틸캡탄 등이 주로 검출되고 있다. 이러한 다양한 악취가스를 제거하기위하여 국내에서는 가장 일반적으로 산업화된 습식세정탑 기술을 이용하여 악취처리에 이용하고 있다. 그러나 현장 악취의 성분은 매우 다양하며, 이에 대한 공정 최적화 없이 설치하여 운영을 하기 때문에 다양한 복합악취 발생시 이에 대한 적정 운전조건에 대한 검토없이 운영을 해야 하기 때문에 이에 대한 공정최적화 운전 및 개선을 통하여 현장에서의 적용 가능한 최적화 운전기술을 확보하는 것은 매우 중요하다고 고려된다.

III. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 악취를 제거하는 공정 최적화 운전조건을 결정하기 위해서 습식세정탑의 충진물질로써 폴리우레탄폼을 사용하였고, HCl/HOCl 수용액과 NaOH/NaOCl 수용액의 흡수에 의한 NH_3 와 H_2S 의 제거 가능성을 평가하기 위해서 실험실 규모의 실험을 수행하였다. 악취가스의 대표적인 물질인 NH_3 과 H_2S 제거효율을 증진시키기 위해 세정용액 농도와 pH 그리고 ORP 에 따른 최적화 운전조건을 평가하였다. 최적 조건을 결정하기 위해 압력강하, 온도, 가스/액체 부하비율 등에 따른 운전조건을 평가하였고, 세정운전시간의 증가에 따른 세정용액의 염도, 전도도, 용존산소 등을 측정하였다. 제거효율을 예측하기 위해서 pH 와 OPR 그리고 부하비율의 함수로써 악취가스 제거효율을 예측하기 위해 수학적인 관계를 얻었다.

IV. 연구결과

습식세정탑의 충전물질로써 개기공 폴리우레탄폼은 값이 싸고, 높은 공극공간 (낮은 압력강하), 부식저항성, 물질전달을 위한 단위부피당 넓은 표면적 제공, 가벼운 무게 (추가적인 충전물질이 필요치 않음), 물리화학적으로 안정하기 때문에 H_2S 와 NH_3 의 습식세정을 위한 적당한 충전물질로 고려되었다. 습식세정탑에서의 $HCl/HOCl$ 용액은 NH_3 을 제거하는데 있어서 효과적이었다. 순환유속 7.62 L/min 에서 2 L/min 의 가스유속과 pH 2.12 그리고 ORP 263.2 mV 에서 NH_4 제거효율은 98.57%이 얻어졌다. H_2S 제거율은 $NaOH/NaOCl$ 세정용액을 사용하여 효과적으로 수행되었으며, 이때 순환유속 8.16 L/min 에서 2 L/min 의 가스유속과 pH 11.98 그리고 ORP -298.4mV 에서 NH_4 제거효율 99.89%이 얻어졌다.

세정용액의 염도는 NH_4Cl 과 $NaCl$ 의 축적 때문에 운전시간과 더불어 증가하였다. 운전시간에 따라서 전도성은 증가하였는데 세정용액에 의해서 용해된 이온의 축적 때문으로 고려된다. 임계가스제거능력은 각각 NH_3 와 H_2S 에 대해서 1.0699 g N/m^3 -hr 와 3.5009 g S/m^3 -hr 로 나타났다. 최대가스 제거능력은 1.4226 g N/m^3 -hr 와 5.6992 g S/m^3 -hr 으로 각각 관찰되었다. 상대적인 제거효율을 예측하기 위해서 유입부하와 pH 그리고 ORP 에 관하여 수학적인 관계가 실험으로부터 얻어졌다.

컴팩트한 multi-stage 와 multi-chemistry 세정탑에서, 혼합된 NH_3 과 H_2S 가스흐름의 제거를 동시에 수행하는 실험이 성공적으로 수행되어졌다. 낮은 증기 압력을 가진 H_2SO_4 는 효과적으로 NH_3 를 82.69 g N/m^3 -hr 까지 제거하였다. 마찬가지로, 높은 H_2S 제거효율은 $NaOH$ 와 $NaOCl$ 의 세정용액을 사용하여 부하비율 148.99 g- S/m^3 -hr 까지 달성되어졌다. pH 와 ORP 제어는 세정시스템의 유효성을 설명하는 하는 중요한 요소로 판명되어졌다.

V. 연구결과와 활용계획

습식세정탑은 NH_3 과 H_2S 와 같은 악취를 높은 농도에서 단시간내에 효율적으로 제거할 수 있는 악취제어 기술이라고 판명되어졌다. 메틸메르캡탄(Methyl mercaptan)과 디메틸설파이드(Dimethyl sulphide)과 같은 다른 악취가스에 대해서도 회사에서 실험을 진행할 것이다. 각기 서로 다른 세정액을 가지는 다단계 세정탑은 질소와 황을 함유한 악취의 혼합물에 적용이 가능하다. 세정탑관련 다음연구목표는 산/염기 세정용액을 생산하기 위해서 소금물의 전기분해를 이용하는 noble 한 화학적 세정의 악취가스제 시스템 또는 산화를 향상시킬 수 있는 자외선(Ultraviolet) 흡수시스템의 적용에 관한 연구가 진행되어지면 바람직할 것이다.

SUMMARY

I. Title

“Development and process optimization of an advanced chemical scrubber for the removal of odorous gases from wastewater treatment plant”

II. Objectives and Importance

Odorous compounds are generally regarded as nuisance not only because of their unpleasant smell but also because of several environmental and health-related effects. These substances are generally emitted from a variety of food, chemical and wastewater treatment operations. Recently, public concerns regarding the release of odors from these facilities have increased. Regulation standards have been legislated by several governments around the world regarding the control and release of these substances to the atmosphere. The malodorous gases emitted in wastewater treatment processes are primarily ammonia and hydrogen sulphide. These gases were the representative nitrogen and sulfur-containing odorous compounds. It is important that applicable maintaining technology of optimized operation could be ensured from the evaluation and process optimization of wet scrubber industrialized generally.

III. Research contents and scope

Laboratory-scale chemical scrubbing experiments were conducted to test the feasibility of NH_3 and H_2S removal from odorous air streams by absorption in aqueous solutions of HCl/HOCl and NaOH/NaOCl utilizing open-pore polyurethane foam as packing material in this study. The concentration of scrubbing solution, pH and ORP were optimized to achieve high NH_3 and H_2S removal efficiency. It was evaluated operation parameters such as pressure drop, temperature, liquid and gas flow rates at optimum conditions. The characterization of the scrubbing liquid salinity, conductivity and dissolved oxygen were performed with increasing scrubbing operation time. The mathematical relations to predict removal efficiencies as a function of pH, ORP and loading rates were made.

IV. Research results

Open-pore polyurethane foam was found to be a suitable packing material for wet scrubbing of NH_3 and H_2S because of the following factors: relatively inexpensive, high void space (low pressure drop), corrosion resistant, provides large surface area per unit volume desirable for mass transfer, light weight (no additional support material required), physically and thermally stable.

Solutions of HCl/HOCl were tested in a packed-bed scrubber and found to be effective in removing NH_3 . A removal efficiency of 98.57% NH_3 was achieved with gas rate of 2 L/min and liquid recirculation rate of 7.62 L/min having a pH of 2.12 and ORP of 263.2 mV.

H_2S removal was effectively carried out using NaOH/NaOCl scrubbing solutions. A removal efficiency of 99.89% H_2S was achieved with gas rate of 2 L/min and liquid recirculation rate of 8.16 L/min having a pH of 11.98 and ORP of -298.4 mV.

Scrubbing liquid salinity increases with operation time because of accumulation of NH_4Cl and NaCl . Similarly, increase in conductivity with time was also observed because of accumulation of dissolved ions in the scrubbing solution. On the other hand, dissolved oxygen decreases with time.

Critical loading rates was found to be 1.0669 g $\text{N}/\text{m}^3\text{-hr}$ and 3.5009 g $\text{S}/\text{m}^3\text{-hr}$ for NH_3 and H_2S respectively. Maximum elimination rates of 1.4266 g $\text{N}/\text{m}^3\text{-hr}$ and 5.6992 g $\text{S}/\text{m}^3\text{-hr}$ was also observed. Mathematical relations for predicting relative removal efficiencies with respect to pH, ORP and loading rates were generated from the experiments conducted.

A compact multi-stage, multi-chemistry scrubber was successfully operated for the simultaneous removal of mixed NH_3 and H_2S gas streams. Aqueous solutions of low vapor pressure acid, H_2SO_4 , effectively remove NH_3 up to loading rates or 82.69 g $\text{N}/\text{m}^3\text{-hr}$. Similarly, high H_2S removal efficiencies were achieved using aqueous NaOH and NaOCl scrubbing solutions up to loading rates of 148.99 g- $\text{S}/\text{m}^3\text{-hr}$. pH and ORP control was found to be the critical factor that dictates the effectiveness of the scrubbing system.

V. Application plan

Wet scrubbers are proven to be an excellent odor control technology which can achieve very high removal efficiencies even at high concentrations of odorous inorganic gases

such as NH_3 and H_2S . Its applicability in removing volatile organic compounds (VOCs) and odorous organic compounds (e.g. methyl mercaptan, dimethyl sulphide) are yet to be explored. A multi-stage scrubber having different scrubbing liquids will be designed to treat mixtures of nitrogen-based and sulphur-based odors. Advanced scrubbing systems will also be tested such as ultraviolet (UV) enhanced packed tower system to pre-condition the inlet odorous gases and promote oxidation in the recirculating scrubbing solution.