

4C4) 현장 스크러버의 PFCs 제거율에 영향을 미치는 인자에 대한 연구

Study of Factors Affecting the Destruction and Removal Efficiency of Perfluorocompounds in a Point-of-Use Scrubber

김동수 · 황상규 · 이강웅 · 김영성
한국의국어대학교 환경학과

1. 서 론

대기로 방출되는 PFCs(perfluorocompounds)는 지구 온난화를 일으키는 주요 오염물질로써 배출억제를 위한 연구가 세계적으로 활발하다. 이 중에서 NF_3 와 SF_6 가스는 안정된 공급이 가능하고 순도를 충분히 높일 수 있으며 플라즈마 등에 의해 다량의 F radical을 쉽게 만들 수 있어 반도체나 LCD제조 공정 등에서 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 가스들이 사용 후 dilution N_2 와 함께 배출될 때 완전한 처리가 어렵고 높은 비용이 소요된다. 가스 처리에는 열분해(thermal destruction) 스크러버가 주로 쓰이며 열원으로는 전기에너지(heater type)와 천연가스(burn type)가 많이 이용된다.

NF_3 는 전열 스크러버에서도 어느 정도의 처리 효율을 기대 할 수 있으나 SF_6 처리까지를 기대하기는 어렵다. 현재의 상용 전기히터로는 800°C 이상의 온도를 장시간 유지하기 어려운데 비하여 SF_6 의 분해를 위하여서는 이보다 높은 온도가 요구되기 때문이다. 따라서 고온을 유지하기 위하여 천연가스를 열원으로 하는 스크러버를 사용하고 있으나 이번에는 과도한 CO_2 배출로, 온난화 기체인 PFCs 제거의 의미를 퇴색시키고 있다. 본 연구에서는 에너지 효율을 높이고 CO_2 방출을 줄이기 위하여 NF_3 와 SF_6 가스의 열분해 특성을 파악하고 분해의 최적 환경을 찾고자 하였다.

2. 실험 방법

전기히터 실험장치에서는 단상 220V의 SiC 세라믹 히터를 사용하여 반응기 내부의 온도를 조절하였다. 디스크형 산기장치(diffuser)가 삽입된 가습기와 실리카겔이 충전된 제습장치를 사용하여 수분 함량을 조절하였고 습도계(Testo 635)를 통하여 반응기 내로 유입되는 수분 함량을 확인하였다. 기체는 질량 유량계(Mykrolis FC280S)를 이용하여 반응기내로 정량 유입하였다. 반응기 앞과 스크러버 뒤에 기체를 채취하여 FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectrometer; On-Line 2010 Multi-Gas Analyzer)로 분석하였고 제거효율은 DRE(destructive and removal efficiency)로 나타내었다. 천연가스 스크러버는 SUS 304로 반응기를 제작하였고 압축공기를 산화제로 사용하였다. LNG와 PFCs 가스의 예혼합(premixing)에 의한 PFCs 가스 제거율의 증가를 확인하기 위해서 LNG 공급을 두가지 경로로 나누었고 공기도 1차와 2차로 나누어 공급될 수 있도록 설치하였다. 반응기 내부에 3개의 열전대를 설치하여 온도를 확인하였다. 온도 변화 실험은 주로 전기히터 장치를 이용하였고 공기 예혼합 비율, 불활성기체의 포함량 등 연소 실험은 천연가스 장치를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

NF_3 는 600°C 정도에서도 조건을 맞추면 90% 이상 분해되나 SF_6 는 800°C 이상이 되어야 90% 이상 분해될 수 있었다. 스크러버에 수분을 첨가하면 분해 시작 온도 (T_s)를 $150\text{--}200^\circ\text{C}$, 95% 제거 온도 (T_{95})도 $50\text{--}100^\circ\text{C}$ 가량 각각 낮출 수 있었다. 스크러버 내 체류시간이 제거율에 매우 중요하였으며 N_2 와 같은 불활성 기체가 다량 포함되었을 때에는 체류시간이 2초 이상이어야 제거율이 충분한 것으로 확인되었다. 천연가스를 사용할 때에는 30%의 공기를 연료에 예혼합 하였을 때 분해효율이 가장 높았으며 5-20% 정도 효율이 향상되었다.

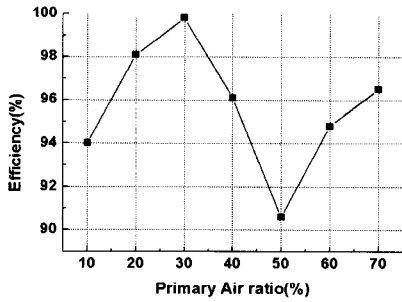


Fig. 1. Effect of temperature on NF_3 decomposition rate.

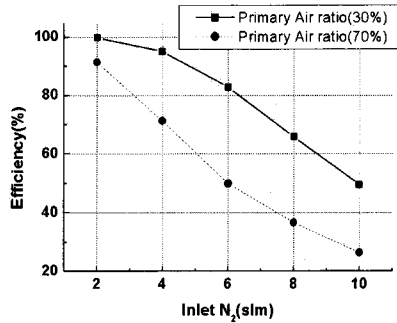


Fig. 2. Effect of temperature on SF_6 decomposition rate.

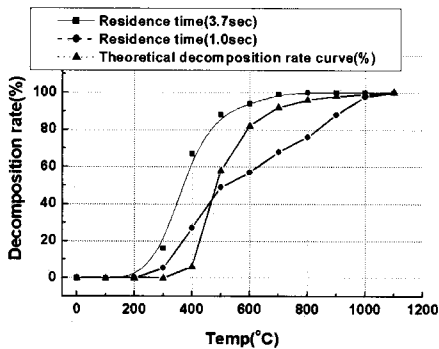


Fig. 3. Effect of H_2O content on SF_6 decomposition rate.

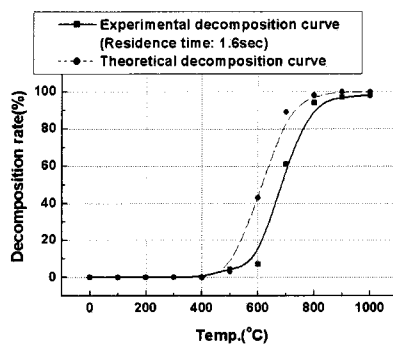


Fig. 4. Effect of residence time, H/F radical population ratio on NF_3 DRE.

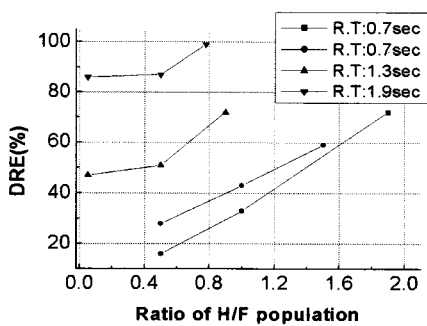


Fig. 5. Effect of primary air ratio on SF_6 removal efficiency. LNG, 1.6 slm; excess air ratio, 1.2; preheated air temp., 500°C .

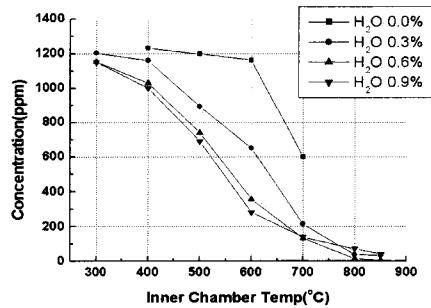


Fig. 6. Effect of inlet N_2 and primary air ratio on SF_6 removal efficiency. LNG, 1.6 slm; excess air ratio, 1.2; preheated air temp., 500°C .

참고 문헌

- 장현기 (2002) SF_6 열분해 반응에서 H_2O 의 영향과 촉매선정에 관한 연구, 숭실대학교 환경·화학공학과, 석사학위 논문.
- Seeley, A., P. Chandler, S. Cottle, and P. Mawle (1999) Effective PFC gas abatement in a production environment, Semiconductor Fabtech, 10, 103.