

B-2

준건식세정기의 산성 및 유기성 가스 동시제거에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Simultaneous Removal of Acidic and Organic Gaseous Pollutants by Spray Drying Sorber

구자공, 백경렬, 최광호*, 정진우*

한국과학기술원 토목공학과 환경시스템연구소

* 코오롱엔지니어링 환경기술연구소

1. 서론

준건식세정기는 1970년 중반 이후에 저유황 석탄을 사용하는 화력발전소 및 산업체 보일러의 배연탈황(flue gas desulfurization) 시스템으로 사용되기 시작하였다. 그러나 고유황 석탄의 탈황에는 습식세정기에 비해 SO₂ 제거효율이 낮기 때문에 적용하기가 어려우나 최근에 첨가제의 투입, 반응생성물 및 비산재의 재순환과 분쇄 및 재활용, 신반응제의 개발 등으로 그 한계를 극복하고 있다. 그리고 소수성 대기오염물질을 높은 처리효율로 제거할 수 있다는 장점이 있어 세계적으로 급속히 보급되었으나, 반응탑 내에서의 온도 제어, 반응제의 무화상태 유지, 반응제 공급시설 및 노즐에서의 막힘 현상, 반응탑 내부 벽면에서의 scale 형성, 그리고 반응탑과 백필터의 통풍력 제어 등 많은 운전상의 문제점을 안고 있다.

본 논문에서는 최근 폐기물 소각로의 대기오염방지시설로서 많이 이용되고 있는 준건식세정기에서의 오염물질 제거를 위한 운전 및 설계인자를 정량화하기 위한 연구의 일부분으로, 주로 준건식세정기에서의 산성 및 유기성 가스의 제거효율과 이에 대한 주요 영향인자에 대하여 고찰하였다.

2. 실험

Pilot plant 실험은 당량비와 유입 배가스 온도에 대해서 이루어졌으며, 반응기의 체류시간은 12 초, 배가스 유입방법은 다공관식 방법을 사용하였다. 당량비는 5wt%의 lime을 사용할 경우, 유입 HCl 농도에 의해 계산된 분무량을 정량펌프를 통해 주입하도록 하여 조절하였으며, 배가스 온도는 예열기에서 LPG를 사용하여 일정 온도가 유지되도록 하였다. 그리고 HCl은 염산을 정량 펌프로 배가스 예열기 후단에 주입하여 증발되도록 하였으며, 유기성 가스로써 벤젠과 톨루엔이 사용되었는데, HCl과 마찬가지로 원액의 휘발에 의해 반응기 내부로 주입하도록 장치하였다.

대상 오염 물질의 측정은 Table 1에 나타낸 바와 같이 이루어졌으며, 특히 HCl의 경우 흡수병에 흡수액(NaOH 1/10N)을 100 mL 채운 후, 배가스 유량 3 L/min으로 약 3~6분 정도 채취하였다. 유기성 가스의 경우는 흡착관(ORBO-32 large tube, charcoal)을 사용하여 500 mL/min 유량으로 10분 동안 대상 오염 물질을 흡착시켜 채취한 후 CS₂로 추출하여 기체크로마토그래피 분석을 하였다. 이 경우 기체크로마토그래피 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 1. Analysis Method for Pilot Test

오염물질	분석방법	비고
HCl	흡수, 염소이온 분석기	ORION 720A
유기성 가스 (벤젠, 톨루엔)	흡착, 추출, GC	Perkin Elmer Autosystem

Table 2. GC Operating Condition for Organic Gases Analysis

구분	조건
제품명	Perkin Elmer Autosystem GC Purge & Trap Tekmar LSC2000
Column	VOCOL 30 m × 0.55 mm
Oven temperature	60°C 10분 4°C/min 150°C 2분 10°C/min 200°C
Detector temperature	200°C

3. 결과 및 고찰

준건식세정기에 의한 HCl 제거 실험에서는 당량비와 유입 배가스 온도의 변화에 따른 HCl 제거효율을 파악하였다. Fig. 1에 그 결과를 나타냈으며, 당량비의 증가에 따라 효율은 증가하였으나, 그 증가폭은 크지 않았다. 그리고 온도가 증가함에 따른 제거효율은 감소하였으며, 특히 200℃와 250℃에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 300℃에서는 급격히 감소하는 경향을 보였다.

준건식세정기의 내부 높이별 HCl 제거 효율은 Fig. 2에 나타내었다. 반응기 상부에서의 제거효율이 높았고, 하단에서의 제거효율은 전체 제거효율의 5% 미만으로 나타났다. 이는 HCl이 물에 대한 용해도가 크기 때문에 상부 흡수영역에서 주로 제거되며, 하부 흡착영역에서는 거의 제거되지 않기 때문이다.

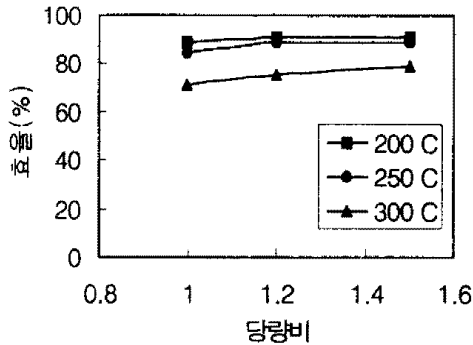


Fig. 1. Effect of Stoichiometric Ratio and Inlet Gas Temperature on HCl Removal Efficiency

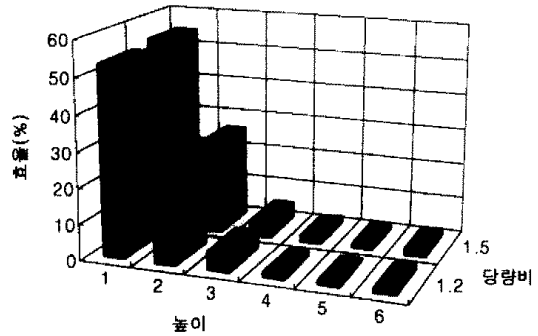


Fig. 2. Regional Removal Efficiency of HCl

유기성가스의 제거에 미치는 당량비와 유입 배가스 온도의 영향은 Fig. 3에 나타내었다. 전체적인 제거효율은 산성가스에 비해(70~90% 정도) 상대적으로 아주 낮게 나타났으며, 벤젠이 톨루엔 보다 약간 높은 것으로 나타났다. 먼저 당량비는 산성가스와 같은 경향을 보였으며, 특히 200℃와 250℃에서는 당량비 1.0와 1.2는 큰 차이를 보이지 않았으나 1.5에서 효율이 급격히 증가하였다. 이것은 당량비 1.5에서 흡착제거되는 부분이 상대적으로 크기 때문인 것으로 추정된다. 온도의 영향은 250℃에서 가장 높게 나타났으며, 200℃보다 300℃에서의 제거효율이 더 낮았다. 이것은 저온보다 고온에서 흡착영역이 커져서 제거효율이 증가하는 반면, 고온에서의 탈착효과 및 흡착반응속도의 감소에 의한 것으로 판단된다. 특히, 배가스 유입온도 250℃, 당량비 1.5에서는 제거효율이 60% 이상으로 나타나, 이 조건이 이러한 유기성가스의 제거를 위한 최적 운전 조건인 것으로 고려되어진다.

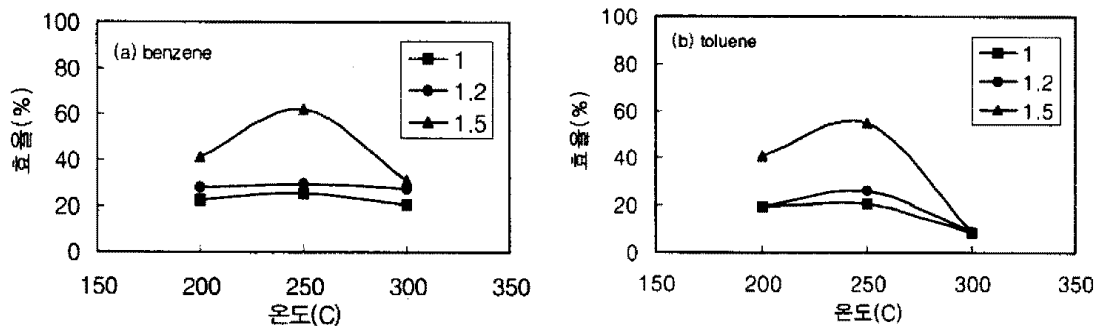


Fig. 3. Effect of Stoichiometric Ratio and Inlet Gas Temperature on Removal Efficiency of Organic Gases

주요 운전인자의 영향을 파악한 후, 유입배가스 온도 250℃, 당량비 1.5가 가장 적절한 운전 조건인 것을 도출하였기 때문에 이 조건에서의 높이별 제거효율을 파악하였으며, 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 산성가스와는 대조적으로 흡수영역(반응기 상부)에서의 제거효율은 흡착영역(반응기 하부)에서의 제거효율 보다 낮게 나타났으며, 벤젠과 톨루엔 각각에 대해 전체 제거효율 중 60%와 90% 이상의 흡착영역에서의 제거에 의한 것이다.

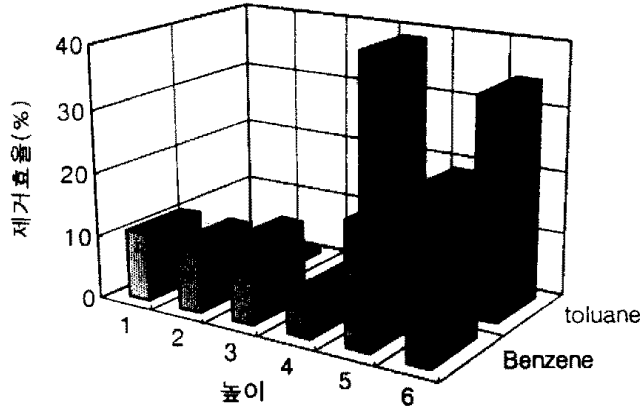


Fig. 5.13. Regional Removal Efficiency of Organic Gases