

3B2) 폐탄소원을 이용한 배가스 중 원소수은 흡착 Elemental Mercury Adsorption from Flue Gas with Carbon-based Wastes

백점인 · 안희수 · 장경룡 · 이시훈¹⁾ · 임영준¹⁾
전력연구원, ¹⁾한국에너지기술연구원

1. 서 론

최근 들어 미국에서는 석탄 연소배가스 중에 포함된 미량의 중금속이 인체 및 환경에 심각한 피해를 줄 수 있다고 보고 이에 대한 연구를 진행하고 있으며, 특히 수은에 대해서는 SO_x, NO_x, 먼지와 더불어 배출규제를 시행할 계획을 가지고 있다. 수은배출 규제에 대비하여 미국의 정부산하 연구소와 기업들은 연소 배가스로부터 수은을 제거하기 위한 흡착제 분사, 수은 산화 등 여러 가지 저감기술에 대해 실험실 규모로부터 실증 규모까지 연구를 진행하고 있다. 석탄화력발전소를 대상으로 한 수은저감 기술 분야 중 가장 실용화에 근접한 기술은 흡착제를 분사하여 수은을 흡착하고 전기집진기에서 처리하는 흡착제 이용 기술이다. 흡착제 분사를 이용한 수은저감기술개발에 있어 가장 중요한 인자는 흡착제의 가격인데, 수은 흡착제로 활성탄을 사용할 경우 현재로서는 전력생산단가에 부담을 주기 때문에, 활성탄의 흡착성능을 향상시켜 활성탄 사용량을 최소화시키거나 활성탄을 대체할 저가의 흡착제를 개발하는 등 흡착기술의 운영단가를 낮추기 위한 여러 가지 방안이 연구되고 있다.

본 연구에서는 활성탄을 대체할 저가의 수은 흡착제 개발을 목표로 현재 폐기물로 분류되어 처리되고 있는 탄소계 물질 중 수은 흡착제로서 가능성이 있는 두 가지 물질(KMS-1, KMS-2)에 대해 기초적인 원소수은 흡착특성을 fixed-bed reactor와 in-flight reactor system를 이용하여 실험하였다. 표면처리를 통하여 수은흡착에 유리한 환경을 만들으로써 신흡착제의 수은 흡착성능이 향상될 수 있음을 확인하였다.

2. 연구 방법

발전소 배가스 중 수은 제거를 목적으로 주로 연구되고 있는 재료는 활성탄이며, 수은 흡착성능을 높이고 사용량을 감소시키기 위해 황이나 요오드 등을 첨착하고 있다. Fly ash를 수은 흡착제로 활용하려는 연구도 많이 시도되고 있으며 미연탄소분이 많을수록 수은 제거 효율이 높은 것으로 보고되고 있다 (Granite et al., 2000). 본 연구에서 수은 신흡착제로 개발하고자 선정한 두 가지 물질은 탄소성분이 주 성분이고 황을 함유하고 있을 뿐 아니라 산업 폐기물로 취급되고 있어 재활용 및 저가의 흡착제 개발이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 fixed-bed reactor와 in-flight reactor system을 이용하여 KMS-1, KMS-2에 대해 원료 물질과 이를 간단히 표면처리를 했을 때 수은 흡착특성이 어떻게 변화하는가를 살펴보았다. Packed bed 실험에서 원소수은은 VICI Metronics Inc.사의 mercury permeation device를 사용하여 생성시켰고, 고순도 질소로 희석하여 반응기로 공급하였다. 희석가스의 유량은 2 L/min이었으며 반응기로 공급되는 수은의 농도는 약 18.8 µg/m³이었다. 100/325 mesh의 흡착제 10 mg이 충전된 1/4" 석영관 반응기를 거친 반응가스 중 수은농도를 Mercury Instrument사의 원소수은 분석기인 VM3000으로 연속적으로 측정하였다. 분사/흡착 실험 장치에서는 수은을 mercury cell에서 수은의 증기압을 이용하여 발생시키고, 공기로 희석시켜 흐름반응기로 공급하였고, 흡착제 분말은 수은이 함유된 모사가스에 동반되어 흐르면서 일정한 접촉시간동안 수은을 흡착할 수 있도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 KMS-1을 원료 상태로 사용하여 수은흡착성능을 시험한 결과이며, 그림 2는 원료물질을 6N 질산에 5시간 담지하고 초순수로 세척해서 건조시킨 후 성능을 시험한 결과이다. 원료를 그대로 사용한

경우는 반응시작초기에 공급된 수은양의 6% 정도를 흡착하였지만 질산 처리를 한 것은 11%까지 흡착 함으로써 수은 흡착 성능이 증대되었다. 이는 흡착제 표면에서의 물성 변화가 수은 흡착에 유리하도록 변질되었음을 시사한다. 같은 실험조건에서 일반 활성탄인 Calgon BPL은 반응시작 초기에 공급수은량의 24%를 흡착하였는데 이 차이는 활성탄인 Calgon BPL의 표면적이 KMS-1에 비해 약 100배 정도 크기 때문인 것으로 보인다. 그림 3은 KMS-2의 여러 가지 열분해 조건에 따른 분사/흡착 성능을 비교한 내용이다. 열분해 조건에 따라 흡착성능에 차이가 나며 C/Hg ratio 50,000 이하에서 약 40~50%의 수은 제거 능력을 보였고 이는 일반활성탄에 비해 같은 C/Hg ratio에서 약 2배 높은 값이다. 이와 같이 원료 물질의 표면을 개질할 경우 수은 흡착성능이 향상됨을 확인함으로써, 표면개질을 통하여 KMS-1, KMS-2의 수은흡착성능을 최대한 증대시킬 경우 활성탄을 대체할 수 있는 수은 선풍착제 개발이 가능 할 것으로 판단된다. 향후 표면적 증대와 산처리 농도에 따른 흡착량

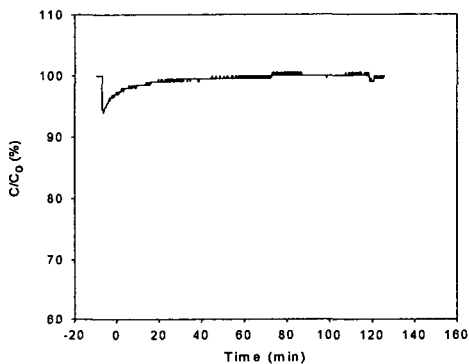


Fig. 1. Breakthrough curve of raw material KMS-1 (130 °C, $C_0 = 19.7 \mu\text{gHg}/\text{m}^3$)

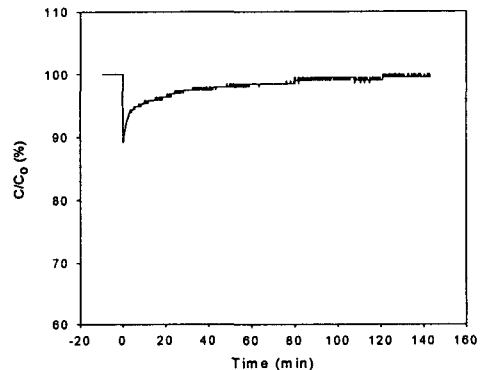


Fig. 2. Breakthrough curve of 6N-HNO₃ treated KMS-1 (130 °C, $C_0 = 19.5 \mu\text{gHg}/\text{m}^3$)

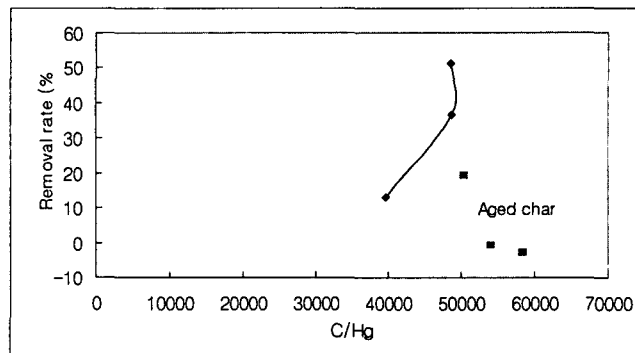


Fig. 3. Mercury adsorption of thermally treated KMS-2 in sorbent injection system.

사 사

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Granite, E. J., H. W. Pennline, and R. A. Hargis (2000) Novel Sorbent for Mercury Removal from Flue Gas, Ind. Eng. Chem. Res., Vol.39, 1020-1029.