한국대기환경학회 2003 추계학술대회 논문집
Proceeding of the 36th Meeting of KOSAE(2003)
Korean Society for Atmospheric Environment

PE15) 하이브리드형 여과집진장치의 증기상 수은 제거 성능

Performance of Gas-phase Hg Removal by Hybrid Type Fabric Filter

김상도 · 임영준 · 박영옥 · 이시훈
한국에너지기술연구원 청정에너지연구부

1. 서 론

연소 배가스 중에 대표적인 가스상 중금속은 수은(Hg), 비소(As), 셀레늄(Se)을 들 수 있다. 이 중에서도 수은은 증기압이 높아서 가스상으로 배출될 가능성이 가장 높은 물질이다.

수은은 세계적으로 약 5000톤이 가스상으로 발생하고 있다. 이 중에서 1000톤은 자연적인 발생원 즉, 화산, 암반이나 해양에서의 증발로부터 발생하며, 나머지 4000톤은 인위적 시설들, 즉 소각로나 발전소, 천연가스, 형광등, 전기제품, 촉매 생산공정 등 일반산업체에서 발생하는 것으로 알려져 있다[1].

미국, 유럽, 일본 등에서는 이미 1990년대 초부터 대기중 수은을 규제하기 시작하여 모든 배출시설에서 50-130$\mu g/m^3$로 규제하고 있다. 국내에서는 아직 규제가 되지 않고 있으며 현재 모든 배출시설에서 5,000$\mu g/m^3$의 높은 규제치가 적용되고 있다. 그러나, 국내에서도 2005년부터 수은 규제가 시작될 예정이며, 모든 소각로(규모에 따라 차등적용)에 대하여 80-100$\mu g/m^3$을 적용하려 하고 있다.

평균적으로 수은은 석탄에 약 0.15ppm, 산업폐기물에 약 1.2ppm이 함유되어 있어 산업폐기물이 석탄보다 약 10배정도 많다. 특히 국내 소각로의 경우 산업용 폐기물 및 병원 폐기물을 7백만톤을 소각하고 있으며, 폐형광 등과 같은 수은을 다량 함유한 폐기물이 그대로 폐기되고 있어 수은이 다량 발생할 가능성이 매우 높으며, 최근 보고에 따르면 생활폐기물 소각로 1기에서 평균 680g의 수은이 발생하며, 이중 약 80%가 대기중으로 배출된다고 보고하고 있다[2].

수은은 산화수은(또는 무기수은, Hg^{+2})과 원소수은(Hg^0)으로 구분되며, 이들의 위해성은 그 자체에 있는 것이 아니고, 배출된 수은이 하천 또는 해양에 농축되며, 어류 및 조패류에 축적되어 인체에 해로운 영향을 미치기 때문에 문제가 되는 것이다[3].

현재까지 수은을 제거하는 기술은 습식탈황기술과 활성탄을 이용한 흡착법이 이용되고 있다. 산화수은의 경우 습식탈황기술로도 80% 정도 제거가 가능하지만, 원소수은은 증기상으로 빠져나가기 때문에 제거되지 않는다. 최근에는 활성탄과 같은 흡착제를 적용하여 원소수은도 제거할 수 있는 것으로 알려져 이를 이용하는 기술이 연구되고 있으며 선진국에서는 이미 상당수준 연구개발이 이루어져, 발전소 등에 적용되고 있다. 국내의 경우 한국에너지기술연구원에서 활성탄을 이용한 수은제거기술[4]이 활발하게 진행되고 있고, 이외에도 몇몇 연구기관에서 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서는 소각로 적용을 대상으로 개발되고 있는 하이브리드형 여과집진장치인 복합기능여과시스템에 소각 먼지 및 활성탄을 이용하여 수은 제거성능에 대해서 알아보았다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 실험장치로는 SDR과 여과집진장치가 접목되어 있는 하이브리드형 여과집진장치인 복합기능여과시스템을 이용하였다. 실험장치의 구조도를 그림 1에 나타내었다. 장치는 SDR 기능을 갖는 내통부와 여과포가 설치되어 있는 외통부를 갖는 이중원통형구조로 되어 있으며, 배가스는 내통부의 상부로 유입된 후 외통부에 있는 여과포를 통과하여 대기중으로 배출이 이루어진다. 당초 본 장치는 산성가스, 먼지 및 증기상 수은등을 동시에 제거할 목적으로 개발되어 SDR 내부에서는 흡수제가 분사되어 산성가스의 제거가 이루어지지만 본 연구에서는 증기상 수은만을 대상으로 하여 SDR 내통부에서는 특별한 작용은 없다.

실험방법은 먼저 경유연소 버너를 사용하여 유입되는 배가스의 온도를 160℃로 조절한 후 증기상 수은의 농도를 조절한다. 공급량이 조절된 feeder를 가지고 소각먼지 또는 활성탄을 공급하고, 입구 및 출구에서 수은의 농도를 측정한다.

본 실험에 사용된 배가스 유량은 6.25m^3/min이고, 유입 수은 농도는 50$\mu g/m^3$ 이상, 활성탄은 2g/min

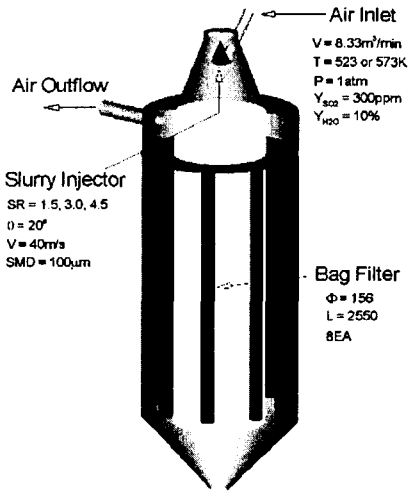

Fig. 1. Schematic diagram of experiment equipment.

으로 15-30분 정도가 공급되었고, 소각먼지의 경우 일반폐기물 소각먼지가 이용되었고, 먼지 유입농도는 2g/Sm^3 이었다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 병원폐기물 소각먼지를 이용하여 수은의 제거성능을 알아 본 것이다. 입구와 출구에서의 수은 농도를 비교하여 보았는데, 시간의 경과에 따라 입구와 출구의 수은농도는 유사한 것으로 나타나 소각먼지에 의한 수은 제거 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 3은 일반활성탄을 이용한 수은제거 성능을 나타낸 것이다. 활성탄은 유연탄을 이용하여 만들어졌으며, 활성탄 공급시간은 36분간 이루어졌다. 유입 수은농도는 평균 57μg/m^3 이 공급되었다. 활성탄 공급에 따라 수은 제거율은 급격하게 증가하여 30분 정도 활성탄이 공급하였을 경우 85% 정도의 수은 제거성능을 나타내었다. 활성탄 공급 36분 이후에 활성탄 공급을 중단하고 수은 여과포에 포집된 활성탄으로 제거되는 수은의 제거성능을 알아보았는데, 85% 정도의 수은이 계속적으로 제거되는 것으로 나타났다. 수은 흡착 성능의 감소를 알아보기 위하여 실험을 더 진행하였지만, 공급된 활성탄의 양이 많아 파과성능은 측정할 수 없었다.

추후에는 질산으로 처리된 첨착활성탄에 대해 위와 동일한 조건으로 수은 제거 성능을 알아볼 예정이며, 또한 활성탄을 소량 공급한 후 수은을 계속적으로 공급하면서 흡착성능이 저하되는 파과성능에 대해서 알아볼 예정이다.

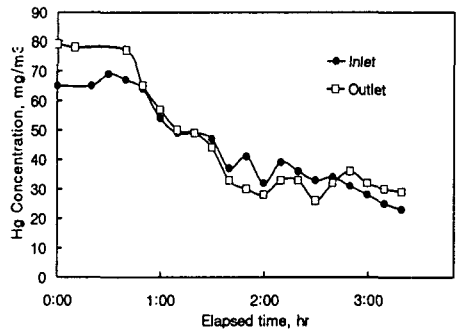

Fig. 2. Hg removal performance of incineration ash.

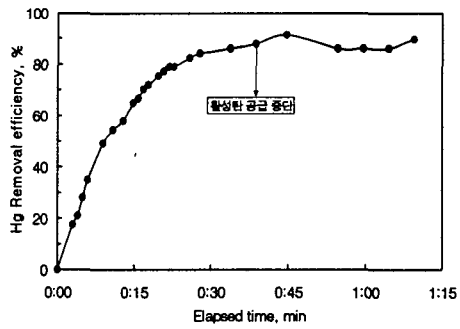

Fig. 3. Hg removal efficiency of activated carbon.

사 사

본 연구는 환경부의 차세대핵심환경기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Brown, T.D., J.Air & Waste Manage. Assoc(1999).

전미경, 경기개발연구원 보고서(1999).

최기영, Texas A&M University(1999).

Lee S.H. and Park Y.O., Fuel Processing Technology, Vol 84. p.197-206(2003).