

PE11) **조합형 집진장치에서의 PM, SO_x, Ni, V 제거성능** **Control of PM, SO_x, Ni and V by Hybrid Particulate Collector**

최 호 경 · 박 영 옥

한국에너지기술연구원 제로에미션연구센터

1. 서 론

본 연구에서는 조합형 집진장치에서 중유 연소 배가스 내의 PM, SO_x 및 대표적 유해 중금속인 니켈과 바나듐에 대한 제거 효과를 고찰하였다. 본 연구에서 사용된 조합형 집진장치는 전기집진과 여과집진 원리를 하나의 장치로 조합시킨 장치이다.

많은 산업체에서 연료로 사용되는 중유 내에 존재하는 황 성분은 대부분 연소과정을 거치면서 SO₂의 형태로 배출되지만 일부는 SO₃의 형태로 배출되기도 한다. 또한 중유 내부에 산화물 형태로 존재하는 니켈 및 바나듐 등은 연소시 휘발되어 연소 배가스와 함께 배출된다. 니켈이나 바나듐과 같은 종류의 중금속은 흡수제에 비교적 쉽게 흡수 또는 흡착될 뿐만 아니라 배가스의 온도가 감소함에 따라 상당량이 응축되거나 입자상으로 변환되기 때문에 집진필터 등에서 제거되는 것으로 알려져 있다(Abdel-latif, 2002).

2. 실험장치 및 방법

중유 연소 배가스에 함유된 SO_x는 조합형 집진장치 전단에서 분말상의 건식 흡수제를 덕트 내에 분사하여 제거한다. 배가스 내에 주입된 흡수제는 배가스 내에 함유된 입자상 오염물질과 함께 조합형 집진장치에 포집되어 제거된다.

본 실험에서는 중유 보일러에서 발생하는 연소 배가스를 실험용 가스로 사용하였다. 흡수제로는 알칼리 흡수제인 고풍성 Ca(OH)₂를 사용하며 Ca/S 몰비로 2만큼 입자 공급장치를 사용하여 주입하였다. 배가스의 유량을 25m³/min로 하면 흡수제가 조합형 집진장치 전단의 덕트에 체류하는 시간은 약 0.7초 정도이다. 배가스 내 입자의 검출에는 APS3321을 이용한 측정과 원통여지법을 병행하여 사용하였다. 황 성분의 검출에는 Modified ASTM D3226-73T 방법을 사용하였고, 이의 분석에는 LECO 사의 SC-432DR 분석기를 이용하였다. 니켈과 바나듐 등의 중금속 검출에는 ASTM D5708-05 방법을 사용하였고, Perkin-Elmer 사의 ICP-OES 분석기를 이용하여 함량을 분석하였다. 실험 시 배가스 유량은 정상 조건에서 약 25m³/min로 여과포에서의 여과속도로 환산하면 약 4.3m/min이다. 조합형 집진장치 유입구에서의 배가스 온도는 약 210℃로 설정하였다. 조합형 집진장치의 전기집진부에 인가되는 전압은 약 25kV로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 흡수제인 Ca(OH)₂를 조합형 집진장치의 유입 덕트 내에 분사하였을 때 조합형 집진장치에 의한 집진효율로서 전 입경영역과 PM_{2.5}에 대한 총괄집진효율을 각각 나타낸 그래프이다. 조합형 집진장치에 유입되는 입자는 흡수제 입자와 중유 연소에 의한 비산체이다. 흡수제의 입경은 질량중위경(MMD)으로 약 8.6μm이며, 중유 비산체의 질량중위경은 약 4.1μm이다. 흡수제를 Ca/S 몰비로 2만큼 주입할 경우 조합형 집진장치 유입구에서 측정되는 입자의 농도는 약 0.6g/m³이다. 그래프에서 전체 입자의 총괄 집진효율은 99.999%, PM_{2.5}의 총괄집진효율은 99.988%로 나타났다. 이것으로부터 조합형 집진장치가 모든 입경영역에 걸쳐 매우 높은 집진성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

한편, 흡수제가 주입되기 전단인 보일러 출구와 흡수제의 역할이 종료되는 조합형 집진장치 후단에서 각각 SO₂와 SO₃의 농도를 측정해 보면 흡수제 주입 전후의 SO₂ 농도는 각각 85.0ppm, 19.0ppm이며, SO₃의 농도는 각각 0.5ppm, 0.0ppm으로 나타났다. 조합형 집진장치 후단에서 SO₃의 농도가 0으로 나타나는 것은 채취된 SO₃의 양이 분석기의 검출 최저한계를 벗어날 정도로 적게 검출되었기 때문이다.

배가스에 함유된 니켈 및 바나듐의 농도를 측정해 보면 조합형 집진장치를 통과하기 전후의 니켈의 농도는 각각 0.415mg/m³, 0.012mg/m³이며, 바나듐의 농도는 각각 0.033mg/m³, 0.007mg/m³로 나타났다. 이러

한 측정 결과를 보면 바나듐보다는 니켈의 배출량이 월등히 많음을 알 수 있다. 수은과 같이 휘발성이 큰 중금속과는 달리 니켈이나 바나듐과 같은 종류의 중금속은 흡수제에 쉽게 흡수 또는 흡착될 뿐만 아니라 배가스의 온도가 감소함에 따라 상당량이 입자상으로 변환되어 집진필터에서 제거되기 때문에 조합형 집진장치 후단에서 측정된 니켈 및 바나듐의 농도는 보일러 후단에서 측정된 값에 비해 상당히 낮게 나타난다.

그림 2는 이전의 결과를 바탕으로 계산한 SO₂, SO₃, 니켈 및 바나듐의 제거 효율을 % 값으로 나타낸 결과이다. 여기서 제거 효율은 보일러 출구에서 측정된 값과 조합형 집진장치 후단에서 측정된 값을 바탕으로 계산한 결과이다. 계산 결과 SO₂ 및 SO₃의 제거 효율은 각각 77.6% 및 100%로 나타났다. 흡수제를 주입하였을 경우 SO₃의 제거 효율이 100%로 나타난 것은 SO₃의 검출량이 분석기의 검출 최저한계를 벗어났기 때문이다.

한편, 중금속의 경우 니켈의 제거효율은 97%, 그리고 바나듐의 제거효율은 79%로 각각 나타났다. 배가스가 덕트 내에 체류하는 시간이 0.7초 정도인 것을 감안한다면 이들 오염물질에 대한 제거효율은 매우 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 조합형 집진장치가 일종의 반응기 역할을 하게 되면서 조합형 집진장치 내부에 체류하는 흡수제에 의해 보다 많은 SO_x 및 중금속들이 추가로 제거되기 때문인 것으로 판단된다.

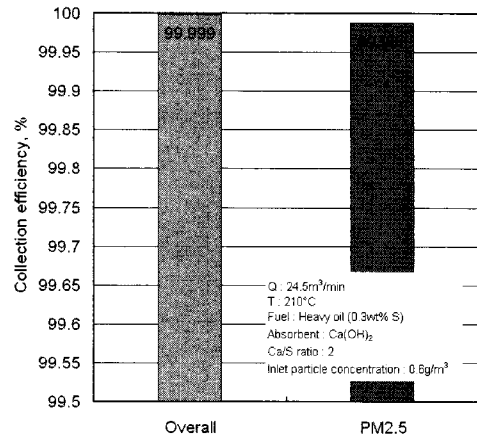


Fig. 1. 조합형 집진장치에서의 총괄집진효율.

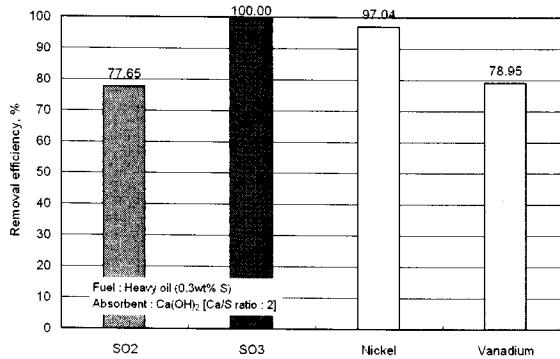


Fig. 2. 조합형 집진장치에서 흡수제 주입에 의한 오염물질 저감 효율.

사 사

본 내용은 산업자원부에서 지원하는 중기저점기술개발사업의 일환으로 수행된 연구의 결과 중 일부입니다.

참 고 문 헌

Abdel-latif, M.A. (2002) Recovery of Vanadium and Nickel from Petroleum Flyash, Minerals Engineering, 15.