

PE17) 정전유전체 응집을 이용한 미세 유해백연 제거 시스템의 연구

A Study on the Removal for White Smoke and Fine Aerosols using Dielectric Coagulation System

황 순 철 · 한 방 우 · 김 용 진

한국기계연구원 환경기계기술연구부

1. 서 론

최근의 정보통신산업의 핵심인 반도체 제조 공정에는 약 130 종류 이상의 각종 유해성 화학물질들이 사용되고 있으며, 이에 따라 배출되는 가스 및 입자 등의 유해 물질들은 매우 다양하다. 일반적으로 이러한 배출가스들을 제거하기 위하여 최종단에서 습식 스크러버(wet scrubber) 시스템들이 사용되고 있으나 이들의 처리 효율상의 한계와 구조상의 문제로 인하여 상당한 농도의 미처리 가스가 최종 배기단에서 세정수 미스트(mist)에 포함되어 일종의 백연 상태로 대기로 방출되어져왔다. 일반적인 습식 스크러버나 전기집진 방식은 흡착제의 분무를 통한 관성 충돌 또는 하전에 따른 정전기력에 의한 입자 포집에만 의존하므로, 작은 입자와 큰 입자 및 가스상 물질 모두의 복합적인 집진에는 어려움이 따를 수밖에 없었다. 따라서, 본 연구에서는 유전체인 물액적(water droplet)의 쌍극화 현상을 이용하여 상대적으로 입경이 큰 물액적으로 미세 유해물질의 흡착을 유도함으로써 최종단에서 배출되는 유해물질인 백연 미스트를 효과적으로 포집, 처리하는 시스템을 연구하고자 한다.

2. 정전유전체 응집 및 실험 방법

정전 유전체 응집방법에 대한 개요도가 그림 1에 나타나 있다. 일반적으로 습식 스크러버에서 부유입자는 분무실을 지나면서 발생된 액적들의 관성충돌에 의한 응집 및 흡착이 일어나게 된다. 여기에 추가적으로 그림 1에서와 같이 고전압 발생부와 하전판으로 구성된 입자 응집 장치(particle coagulation device)를 통과시키면, 물액적은 유전체로서의 성질에 따라 쌍극성을 띄게 되고, 쌍극성의 물 액적들 간에 발생하는 정전기력에 의해 상대적으로 크기가 작은 미세 입자들은 물 액적에 흡착되게 된다. 따라서, 입자 응집부를 통과한 입자와 액적들은 상대적으로 큰 액적들로 이루어지게 되며, 마지막 최종단의 전기집진장치(electrostatic precipitation device)를 통과하면서 효과적으로 포집할 수 있게 된다.

그림 2는 본 연구를 위한 실험 장치의 개략도이다. 실험 장치는 크게 입자 발생부, 입자제거 시스템, 입자 농도 측정부로 나눌 수 있다. 시험입자는 입자발생기를 사용하여 SiO₂ 입자를 사용하였다.

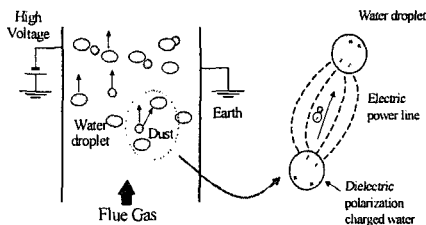


Fig. 1. Schematics of dielectric coagulation technique.

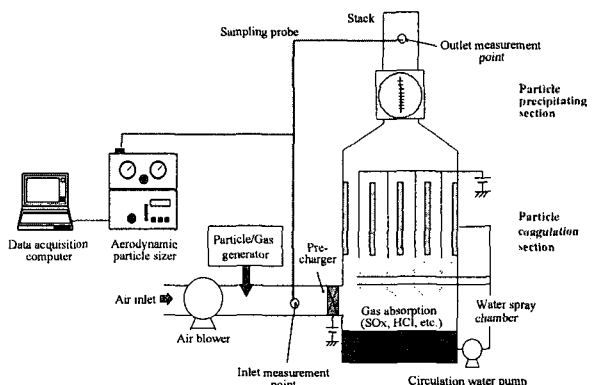


Fig. 2. Experimental setup.

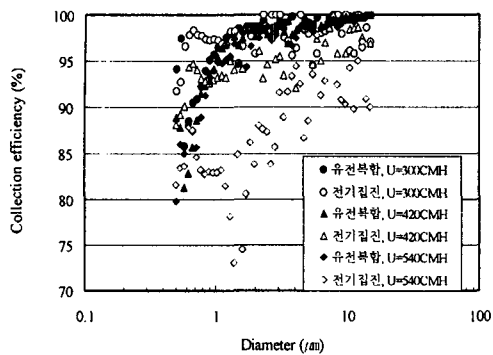


Fig. 3. Comparison of collection efficiency under different collection systems.

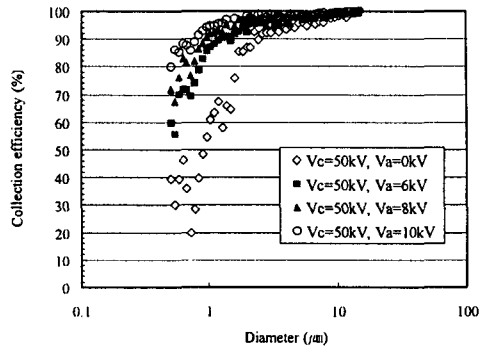


Fig. 4. Comparison of collection efficiency with the electrode voltage of coagulation section (Q=540CMH).

입자제거 시스템은 크게 분무실, 입자 응집부와 입자 집진부로 다시 나누어지게 되며, 입자 응집부와 집진부는 각각 최대 10kV와 50kV의 가변 전압을 발생시킬 수 있도록 하여 전압에 따른 집진 성능을 측정할 수 있었다. 입자의 농도 분포의 측정은 공기역학적 입자계수기(APS 3310A, TSI Inc.)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 집진부와 응집부의 전압이 각각 50kV, 10kV일 때, 풍량의 변화에 따른 집진효율의 변화를 집진 방식에 따라 비교한 것이다. 집진방식은 기존의 전기집진 방식만을 사용한 경우와 유전복합 방식을 사용한 경우를 비교하였다. 유량이 커질수록 집진효율은 떨어지고 있으며, 동일한 조건에 대해 기존의 전기집진 방식보다는 정전유전체 응집을 이용한 집진 방식이 집진성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 특히 전기집진 방식의 경우 유량이 커짐에 따라 약 $3\mu\text{m}$ 미만의 집진효율이 90% 미만으로 크게 감소하는데 반해, 정전유전체 응집 방식의 경우에는 $3\mu\text{m}$ 미만의 미세입자범위에서도 상대적으로 높은 집진효율을 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 정전유전체 응집에 의해 미세입자가 상대적으로 큰 입자에 응집됨으로서 미세입자들을 효과적으로 감소시킬 수 있으며, 큰 입자의 경우 비교적 전기력에 의한 포집이 용이하므로 유량의 변화에 따른 감소가 적은 것으로 사료된다. 그림 4는 동일한 유량과 집진전압 조건(Q=540CMH, $V_c=50\text{kV}$)에서 응집부의 전압을 0, 6, 8, 10kV로 변화시켰을 때의 입자크기별 집진효율의 변화를 비교한 것이다. 응집부의 전압이 높아짐에 따라 약 $2\mu\text{m}$ 이하의 미세입자범위의 효율이 크게 상승하는 것을 볼 수 있으며, 따라서 정전유전체 응집 방식에 따른 미세 입자의 포집이 효과적임을 알 수 있다.

사 사

본 연구는 한국환경기술진흥원 지원 차세대 핵심환경기술 사업의 일환으로 수행된 연구의 일부분으로, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Tsai, C.J., Miao, C.C. and Lu, H.C. (1997) White Smoke Emission from a Semiconductor Manufacturing Plant, Environmental International, Vol.23, No.4, 489-466
- A. Laitinen, J. Hautanen and J. Keskinen (1996) Bipolar Charged Aerosol Agglomeration with Alternating Electric Field in Laminar Gas Flow, Journal of Electrostatics, Vol.38, 303-315
- M. Dors, J. Mizeraczyk and T. Czech (1998) Removal of NOx by DC and Pulsed Corona Discharges in a Wet Electrostatic Precipitator Model, Journal of Electrostatics, Vol.45, 25-36