

## PD4) 타공판 전기집진기와 유전필터를 조합한 공기청정용 필터의 집진성능 실험

### Experiment of Filtration of an Air-Cleaning Filter Combing an Dielectric Filter to an Electrostatic Precipitator with a Perforated Plate

박석주 · 임정환 · 김상도 · 최호경 · 박현설 · 박영욱

한국에너지기술연구원 집진기술연구센터

#### 1. 서 론

실내공간에 존재하는 먼지입자를 제거하는데 적용되는 대표적인 방법들로는 섬유상 필터를 이용한 먼지입자 여과 기술과 전기집진기를 이용한 여과 기술이 있다. 섬유상 필터를 이용한 여과 기술은 입자의 관성충돌(inertial impaction), 차단(interception) 및 확산(diffusion) 메카니즘을 이용한 기술로써, 입자 포집 효율이 아주 우수한 반면 압력손실이 큰 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 개발된 필터로써 정전부착(electrostatic deposition) 메카니즘을 이용한 정전여과필터(electret filter)라고 것이 있는데, 이것은 섬유 자체에 정전 하전을 주입시킨 특수한 필터이다. 무하전입자는 쌍극효과에 의한 유전력으로 필터섬유표면에 부착이 되고, 하전입자는 쿨롱인력에 의하여 필터에 포집된다. 정전여과필터는 다른 여과필터에 비하여 낮은 압력손실로 높은 포집효율을 얻는 것이 가능하지만, 고온 다습한 조건에서는 포집성능이 저감되는 단점이 있다. 일반적으로 여과필터는 재사용이 불가능하기 때문에 주기적으로 교체를 해주어야 한다.

전기집진 원리는 공기 중에 분리된 양극 사이에 고전압을 인가하므로써 발생하는 코로나방전으로부터 생성된 이온들에 의하여 먼지입자들이 하전된 후, 전기장이 인가되어 있는 하단의 집진판 표면에 하전입자들이 쿨롱인력에 의하여 부착되어 제거되는 방식이다. 전기집진 기술은 압력손실이 낮은 장점은 있으나, 미세입자( $2.5\mu\text{m}$  이하)의 집진효율이 낮은 단점을 가지고 있다. 현재 주거 환경의 오염이 심각해짐에 따라 일반 가정에서 사용되고 있는 에어컨에도 공기정화 기능이 부여되고 있는 추세이다. 기존의 개발된 여과필터는 압력손실이 크고 주기적 교환의 요구조건 때문에 가정용 에어컨에 적용하는데 기술적 경제적 한계가 있으며, 전기집진 기술 또한 호흡기질환을 가져오는 미세먼지 입자의 제거효율이 낮고 처리 유량에 증가에 따른 집진성능의 과도한 저하 때문에 가정용 에어컨에 사용하기가 부적합하다.

본 연구에서는 가정용 에어컨이나 공기청정기에 직접 적용이 가능한 공기청정 필터로써, 압력손실이 아주 낮은 폴리우레탄 섬유로 만들어진 유전필터(dielectric filter)와 타공판을 유동에 수직하게 두고 집진극으로 사용한 전기집진기를 조합한  $2.5\mu\text{m}$  이하의 미세먼지 입자를 제거할 수 있는 카트리지형 유전 집진필터(dielectric electrostatic precipitating filter)의 성능평가를 위한 실험을 수행하였다.

#### 2. 연구 장치

그림 1은 유전집진필터의 성능 실험을 위한 장치 계통도이다. 실험장치의 몸체는 아크릴로 만들어졌다. 입자발생기로부터 유출된 입자들과 공기는 입자확산기를 통하여 건조된 후 실험 장치 내로 유입된다. 유입된 입자들이 장치 내부에서 넓은 영역으로 확산되게 하기 위하여 입구 바로 다음에 확산기(diffuser)를 만들었다. 장치 내부로 넓게 확산되어 중력방향에 반대방향으로 부유 방식으로 상승 이동하는 입자들은 방전와이어를 지나고 타공판에 도달한다. 방전와이어와 타공판 사이에 고전압을 인가하면 코로나 방전이 발생되어 입자들이 하전되고, 일부 입자들은 전기장에 의한 쿨롱힘에 의하여 타공판 상에 부착되기도 한다. 타공판을 통과한 입자들은 전기장에 의하여 분극된 유전필터에 부착 포집되고 그렇지 못한 입자들은 실험장치를 빠져나가게 된다.

타공구멍 직경과 구멍간의 피치(pitch) 거리, 타공율(opening ratio)을 변수로 하는 여러 종류의 타공

판에 대하여 실험을 수행하였다. 1 inch내의 공극의 숫자에 따라 구분되는 20, 25, 40, 45, 60 PPI (pore number per inch)의 유전필터를 실험에 사용하였다. PPI 수가 작을수록 공극의 크기가 큰 영성한 필터를 의미한다.

### 3. 실험결과

그림 2는 같은 방전극을 지지하는 프레임에 두 가닥의 방전와이어를 방전극 간격을 변화시키면서 접지된 타공판을 통하여 흐르는 코로나전류를 측정한 결과를 보여준다. 타공구멍의 직경은 3mm이고, 타공율은 27%이다. 구멍간의 거리는 5.5mm이다. 두 방전극간의 거리가 25mm일 때까지 증가함에 따라 총 코로나전류 크기는 증가하였다. 이것은 방전극간의 상호 전기장 간섭이 줄어들기 때문이다. 그러나 방전극 간격이 25mm 이후부터는 다시 감소하다가 증가하게 되는데, 감소하게 되는 것은 접지 타공판으로의 코로나 방전 영역이 효과적으로 넓게 작용하지 못하기 때문이다. 그러므로 최적 방전극 간격은 20-30 mm임을 알 수 있다.

그림 3은 유전필터의 단위인치체적당 공극수(PPI, pore number per cubic inch)에 따른 입자크기별 집진효율을 보여준다. PPI 값이 증가할수록 즉, 공극의 크기가 작을수록 집진효율이 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 공극 크기가 작을수록 필터가 조밀하기 때문에 입자의 부착면적이 증가하기 때문이다.

그림 4는 타공판이 서로 다른 두 경우에 대한 집진효율의 차이를 보여준다. 타공 직경이 5mm인 경우가 3mm인 경우에 비하여 효율이 10% 정도 높은 것을 알 수 있다. 타공 직경이 5mm인 경우가 타공율이 더 높은데도 불구하고 집진효율이 더 높은 것은 타공 사이의 피치거리가 5mm인 경우가 더 길기 때문에 타공판의 벽면을 지나는 정체유동(stagnation flow) 계적이 더 길어서 하전된 입자가 타공판 표면에 부착될 수 있는 확률이 더 높기 때문이다. 그리고 타공판 하류면에 60PPI의 유전필터를 붙였을 때 집진효율이 최대 40%까지 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 하전된 입자가 유전필터에 의하여 일반 필터링 메카니즘과 정전 집진효과에 의하여 집진되기 때문이다.

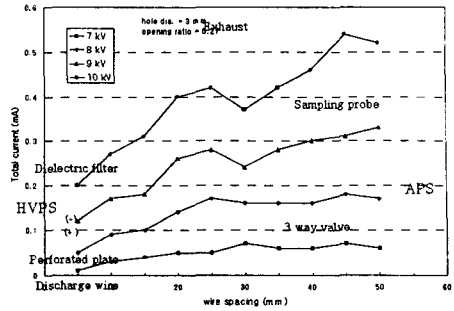


그림 2. 방전극 간격별 방전특성.

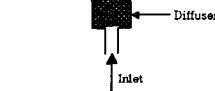


그림 1. 집진성능 실험장치.

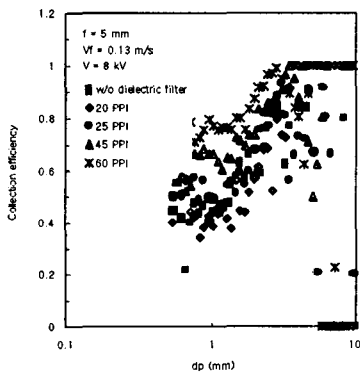


그림 3. 유전필터 공극크기에 따른 집진특성.

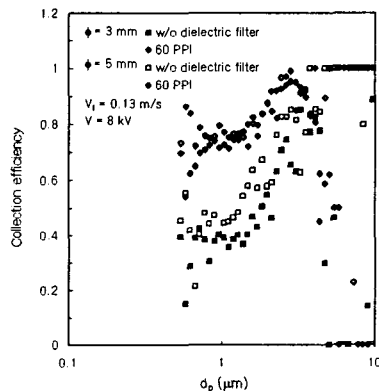


그림 4. 타공판 종류에 따른 집진특성.