

단일 전하로 하전된 단일 섬유에서의 미세 입자 포집 효율에 관한 연구

A Study on the Collection Efficiency of Submicron Particles in A Unipolar charged Fibre.

오용화·정안익¹⁾·김록호·정용원
 인하대학교 환경공학과, ¹⁾화진 산업 (주)

1. 서 론

반도체 제조용 clean room이나 공기 청정기등에 쓰이는 정전 필터는 섬유상 여과기의 일종이다. 섬유상 여과기는 최근에는 전하를 가진 섬유로 섬유층을 만듦으로써 미세 입자 포집시 포집 효율이 높아지고 또한 시간이 지남에 따라 입자의 퇴적량이 많아질 경우 종래의 섬유상 여과기에 비해 압력 강하도 작아 그 수요가 날로 증대되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정전 필터의 효과적인 설계를 위한 기초 작업으로 단일 전하로 하전된 단일 섬유의 미세 입자 포집에 관한 연구를 수행하여 미세 입자의 초기 포집 효율과 섬유에 포집된 입자들이 시간이 경과됨에 따라 성장하는 형태 (particle deposition morphology)가 여러 모사 조건에 따라 변화하는 양상을 전산 모사를 통해 나타내었다.

2. 연구방법

미세입자에 작용하는 힘은 크게 결정론적인 힘인 전기력, 관성력, 점성저항력과 입자에 대한 수많은 유체 분자의 충돌에 의해 나타나는 브라운 운동을 유발하는 무작위력인 확률론적인 힘으로 나누어진다. 본 연구에서는 $1\mu\text{m}$ 이하의 미세 입자를 고려함으로 브라운 운동에 의한 무작위력과 정전기적인 힘에 의한 미세 입자의 포집이 주요 입자 포집 메카니즘이 된다. 본 연구에서는 단일 섬유 주위의 유동장에 관하여는 Kuwabara cell model을 적용하였으며 유체 흐름의 상류측에 입자의 초기 위치를 무작위하게 결정 후 아래와 같은 운동 방정식을 통해 얻어지는 입자 궤적을 해석하여 포집 효율을 산출하였다.

$$m \frac{dv}{dt} = F_D + F_E + F_R$$

F_D : drag force

F_E : electric force

F_R : random force

3. 결과 및 고찰

초기 집진 효율의 경우 모사 결과는 그림 1에 제시된 바와 같이 실험 데이터(H. Baumgartner and F. Löffler(1987))와 비교한 결과 비교적 잘 예측하는 것으로 나타났다. 본 모사에서는 관성력, 직접차단, 확산력만을 고려한 경우와 분극력(polarization)의 영향을 첨가한 경우, Boltzmann 전하 평형 분포에 의해 하전된 입자와 단일 섬유간의 쿨롱력을 첨가한 경우의 세 경우에 대해 초기 포집 효율을 예측하여 이들 변수들의 영향에 대해 조사하였다. 또한 시간에 따라 입자가 성장하는 형태, 즉 dendrite가 형성되는 형태를 2차원 모사를 실시하여 살펴보았다. 그림 2와 그림 3은 $0.1\mu\text{m}$ 크기의 입자에 대해 관성력, 직접차단, 확산력의 영향외에 분극력만이 작용할 경우(그림 2)와 분극력과 쿨롱력이 동시에 작용할 경우(그림 3)의 입자 포집 형태를 도시한 것이다. 참고로 포집된 입자의 개수는 400개이다.

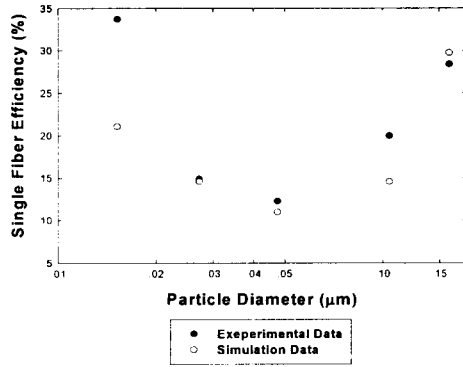


Fig. 1. Single Fiber Efficiency



Fig. 2. 입자의 포집 형태
(uncharged particle, charged fiber)

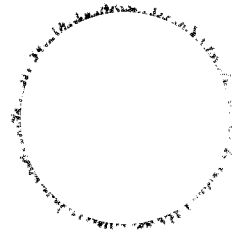


Fig. 3. 입자의 포집 형태
(charged particle, charged fiber)

참 고 문 헌

- H. Baumgartner, F. Löffler (1987) 「Particle collection in eletret fibres filters: a basic theoretical and experimental study」, Filtration & Separation, september/october, pp. 346-351
- Chi Tien (1989) 「Granular Filtration of Aerosols and Hydrosols」, Butterworths.
- R. C. Brown (1993) 「Air Filtration」, Pergaman Press