

PS51(CT30) Bipolar charged fiber에서의 다분산 미세 입자의 집진

효율에 대한 이론적 연구

Theoretical Study on the Collection Efficiency of Poly disperse Submicron Particles in Bipolar Charged Fibre.

전기준, 오용화, 정용원

인하대학교 지구환경공학부

1. 서론

섬유층 여과기(fibrous filter)는 일반적으로 공기여과기(air filter)라고 불리는 여과기로 fiber의 직경, filter의 두께, 공극률, 하전 여부에 따라 그 용도가 다양하다. 전하를 가진 섬유로 제조한 정전 필터는 장시간 사용시에 일반 섬유층 필터에 비해 작은 압력강하와 높은 집진 효율을 나타내기 때문에 성능과 수명이 증가한다. 본 연구에서는 정전 필터에서의 미세 입자 포집에 관한 이론적인 연구를 수행하였다. 구체적으로는 두 가지 전하로 하전된 Bipolar charged fibre주위에 형성된 전기장으로 인한 전기력을 추가로 고려하여 정전 필터의 초기 집진 효율과 입자 퇴적 형상 해석(Particle deposition morphology)에 따른 과도거동(transient behavior) 및 효율 변화에 대한 전산 모사를 수행하였다.

2. 연구 방법

섬유층 여과기에서 입자의 포집에 관계되는 주된 기작으로는 직접차단(Interception), 관성충돌(Inertial impaction), 브라운 확산(Brownian diffusion), 중력 침강(Gravitational settling), 정전기력(Electrostatic attraction) 등이 있다. 본 연구에서는 섬유가 음전하와 양전하를 모두 갖는 bipolar charged fiber인 경우에 대해서 모사하였고, 유체의 유동장은 Kuwabara flow model을 응용하였다. 본 연구에서 고려한 입자크기는 $1\mu\text{m}$ 이하의 미세 입자인데, 이 경우 입자의 운동에 영향을 미치는 힘은 크게 입자의 궤적을 확률적인 과정의 결과로 나타내는 무작위력과 결정론적인 힘으로 나타내어지며, 이러한 상반된 힘을 고려한 Langevin equation 부터 입자의 궤적을 계산하여 집진 효율을 예측할 수 있다.

$$m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_d + \vec{F}_e + \vec{F}_r$$

F_d : Drag force F_e : External force F_r : Random force

3. 결과 및 고찰

Fig.1 에서 제시된 바와 같이 타 연구자의 실험 data(1987) 와 본 연구에서 수행한 전산모사 결과가 거의 일치하는 것을 확인하였다. Fig.2 에서는 전기력이 작용하는 bipolar charged fiber에서의 효율이 전기력이 없는 일반 fiber의 집진 효율보다 높은 것을 확인하였다. 또한 주목할 만한 것은 입자 직경이 $0.03 \sim 0.05 \mu\text{m}$ 부근에서는 집진 효율이 증가되는 현상인데, 이는 전기력과 브라운 확산이 동시에 작용할 때의 일종의 시너지 효과에 의한 것으로 해석된다. Fig.3과 Fig.4는 $0.5 \mu\text{m}$ 입자의 전기력 유무에 따른 입자의 퇴적 형상을 나타내는 것으로 전기력을 띤 Fig.3에 비교해서 전기력이 없는 일반 fiber인 Fig.4의 경우는 입자들이 cluster를 이루면서 퇴적되는 양상을 보임으로 공극의 막힘 현상을 유발해 보다 큰 압력 강하가 예측된다.

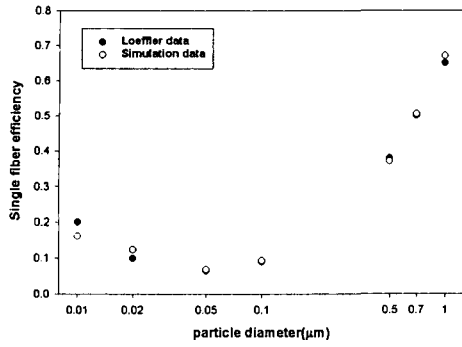


Fig.1 Single fiber efficiency

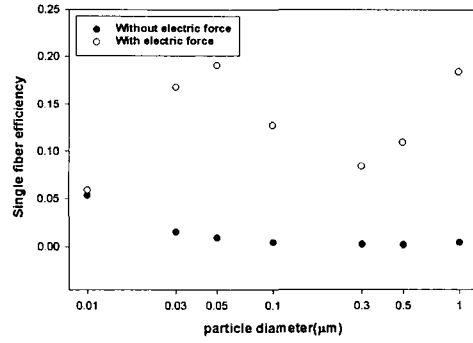


Fig.2. Effect of electrical force

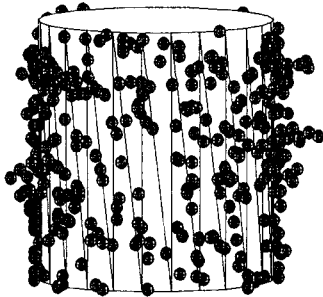


Fig3. charged fiber + charged particle

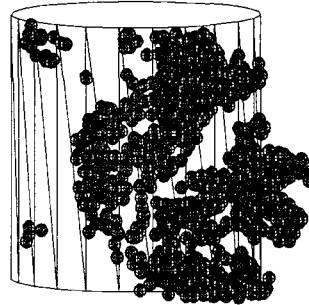


Fig4. uncharged fiber+ uncharged particle

참고 문헌

1. H. Baumgartner, F. Loeffler (1987) 「Particle collection in electret fibres filters a basic theoretical and experimental study」, Filtration & Separation, September / October , pp. 346~351
2. Chi Tien (1989) 「Granular Filtration of Aerosols and Hydrosols」, Butterworths
3. R. C. Brown (1993) 「Air Filtration」, Pergaman Press
4. David K. Cheng (1983) 「Field and Electromagnetics」, Addison-Wesley