

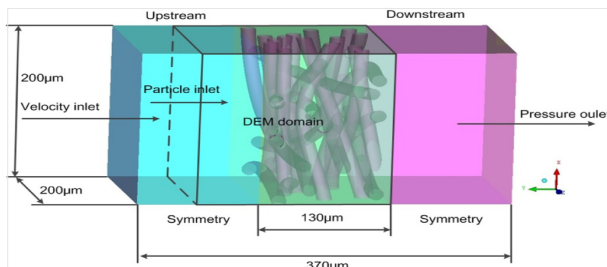
CFD-DEM 기법을 통한 섬유필터의 여과 과정 수치 시뮬레이션

본 연구에서는 섬유 직경 10~20 μm , 고형분율 12~19% 범위의 3차원 랜덤 구조의 섬유필터를 설계하여, 필터 내부에서 발생하는 여과 과정을 조사하였다. 각 상(기체, 유체)들 간의 충돌력, 유체력 및 부착력과 같은 작용력을 고려하여, DEM(이산요소법)과 결합된 CFD 기법을 적용하여 공기 흐름, 입자 운동, 그리고 입자, 섬유 및 유체 간의 상호작용을 시뮬레이션하였다. CFD-DEM을 통해 필터의 여과 효율 및 압력강하를 예측하고 해석하였으며, 이를 준-해석 모델을 통해 검증하였다. 또한, 여과 성능과 섬유 구조, 그리고 입자 파라미터와 유체 특성 간의 상관관계를 조사하였다.

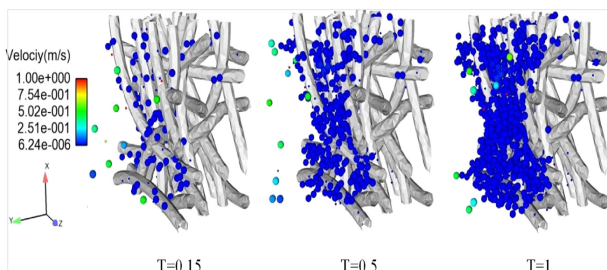
여과 초기 단계, 입자들이 섬유에 포집되어 점차적으로 입자 텐드라이트를 형성하였고, 대다수의 입자들이 필터의 표면에 포집된 반면, 작은 크기의 입자들은 섬유 및 형성된 텐드라이트 내부로 침투하기가 용이하였다. 여과가 진행되면서 침적된 입자 및 텐드라이트로 인해 필터가 막히게 됨에 따라, 상층류에서의 입자 속도가 감소하였다. 고형분율의 증가, 섬유 직경의 감소 및 주입구에서의 유체 속도를 감소시킴에 따라, 여과 효율이 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 관성 충돌 및 차단 효과는 큰 입자에 보다 큰 영향을 미치므로, 이에 입자 크기가 커짐에 따라 여과 효율 또한 개선되었다. 추가적으로, 고형분율의 증가, 섬유 직경의 감소 및 주입구에서의 속도 감소로 인해, 유체 유선 이탈 및 난류 변화를 초래할 수 있으며, 결과적으로 압력강하에 상당한 변화가 발생되었다. 시간이 지남에 따라, 입자들로 인해 필터가 막히게 되므로 압력강하값이 상당히 증가하였다. 시뮬레이션 결과와 준-해석 모델 계산 결과와 대체적으로 일치하였으나, 주입구 속도가 증가됨에 따라 계산 결과의 경우 여과 효율이 상승한 데 반해 CFD-DEM 모델은 값이 감소하였는데, 이는 CFD-DEM 모델의 경우 입자 분리를 고려하였기 때문이다.

키워드

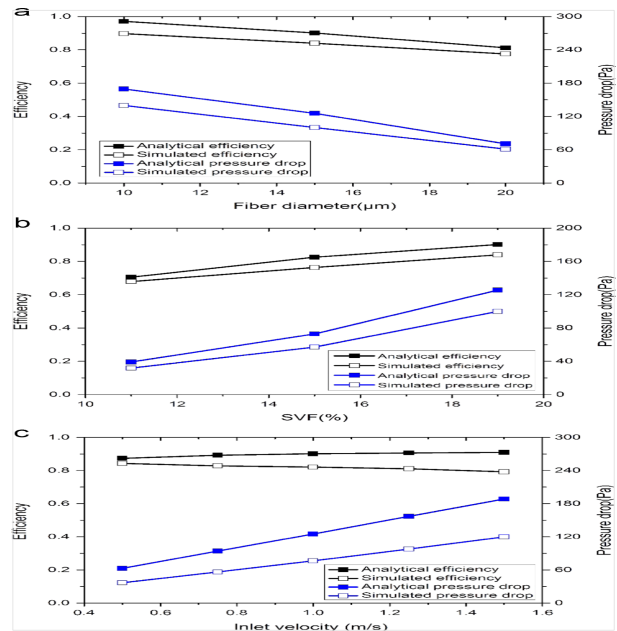
Particle filtration, CFD-DEM, Filter structure, Filter performance



[대상 모델의 계산 영역 및 경계 조건]



[필터(섬유 직경 15 μm , 고형분율 19% 조건)의 침적 과정(무차원 시간)]



[CFD-DEM vs 준-해석 모델 : (a)섬유 직경 / (b)고형분율 / (c)주입구 속도]

원 제 목	Numerical simulation of the filtration process in fibrous filters using CFD-DEM method
출 처	Journal of Aerosol Science 101(2016), p.174-187)
원 저 자	Quan Zhang 외 연구진