

PE8) 세라믹캔들필터 집진장치에서의 입구유입방식에 따른 유동장 및 입자거동현상 비교 수치해석

Computational Simulation for Comparison of Flow Field and Particle Behavior in a Ceramic Candle Filter Housing with Different Inlet Type

박석준 · 이동근 · 임정환 · 박영옥

한국에너지기술연구원 대기청정기술연구센터

1. 서 론

세라믹캔들필터 집진장치의 형상 설계 시 장치내의 유동장의 균일도와 필터 표면으로의 입자 부하 현상이 중요한 설계 요소로 다루어지고 있다. 장치 내부의 유동 조건을 조절하여 필터 표면에 도달하는 입자의 농도를 낮추거나 균일하게 유지시킬 경우, 부착된 입자층 두께의 성장으로 인한 압력손실의 증가율을 줄일 수 있고 이로 인하여 탈진 주기 또한 감소시킬 수 있다. 탈진 조작의 저감으로 인하여 필터의 수명 증대로 필터의 교체 시기를 연장시킬 수 있으므로 세라믹캔들필터 집진장치의 운전 및 유지 보수비의 저감을 이룰 수 있다. 본 연구에서는 집진장치의 유입구 위치가 하부, 중부, 상부에 각기 따로 위치할 경우의 장치 내부 유동장 및 입자 거동을 수치해석 함으로써 최적의 입구 조건을 도출하기 위한 수치해석 결과를 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

집진장치의 구조는 집진용기와 4개의 캔들 형상의 세라믹 필터와 특정한 유입구로 구성되어 있다. 본 수치해석 연구에서는 입자와 기체 유동이 유입구를 통하여 용기 내로 유입된 후, 용기 내의 유동장을 따라 이동하면서 입자들의 일부는 용기 내벽에 부착이 되고 나머지 입자들은 필터 표면에 모두 부착된다고 가정하였다. 집진장치내의 유체유동 및 입자거동을 해석하기 위하여 상용 전산 프로그램인 미국 Fluent사가 개발한 FLUENT version 5를 이용하였다. 최적설계 변수로써 유입구 방식에 따른 집진장치 내의 유동장 및 입자거동을 수치 해석하였다. 유입구가 집진용기 하부에 위치하는 하부유입방식, 상부에 위치하는 상부유입방식, 유입구가 상부에서 집진용기 내의 필터 끝단까지 드리워져 있는 중간유입방식 세 경우에 대하여 비교 해석하였다. 입자상 물질을 함유하고 있는 3차원 난류 비압축성 정상 유동을 지배하는 방정식은 유체 연속방정식, x, y, z 방향의 운동량방정식, 에너지방정식과 난류모델에 따른 난류 운동에너지방정식, 난류소산에너지방정식, 입자의 운동과 궤적을 나타내는 Lagrangian 입자궤적추적모델 (particle trajectory tracking model) 방정식 등으로 서로 결합(coupling)되어 있으며, 이 식들을 동시에 풀어야 한다. 유체유동은 유입구의 레이놀즈수($Re=\rho uL/\mu$)를 기준으로 전유동장이 난류유동으로 간주되어 수치적 난류모델을 적용하여야 하며, 내부에서 강한 선회유동이 발생되므로 높은 전단변형율을 고려할 수 있는 RNG $k-\epsilon$ 모델을 채택하였다. 유동장을 가로질러 존재하는 다공성 매질은 표준 유체유동 방정식의 운동량 원천항(source term)으로 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

유입구 조건에 따른 수치해석 결과, Fig. 1과 같은 집진장치 내부 유속 분포를 얻었다. 유입구가 하부 또는 상부에 위치하는 경우는 필터 표면에서의 유속분포가 중간유입방식에 비하여 높게 나타남을 알 수 있다. 그러므로 집진장치 내로 유입된 유체의 대류 전달이 중간유입방식의 경우 가장 낮은 조건임을 알 수 있었다. 난류확산 정도를 나타내는 난류점성도를 계산한 결과도 마찬가지로 중간유입방식의 경우 가장 낮은 것을 알 수 있었다. 이와 같이 중간유입방식의 경우 난류 유동의 대류 및 확산 전달현상이 낮은 이유는 유입구가 필터 끝단까지 드리워져 있기 때문에 유입관을 통하여 장치 내로 유입되는 유동의 난류특성 길이가 장치의 직경에 비하여 상대적으로 작게 작용하기 때문이다.

난류유동장을 해석한 후, 장치 내부의 입자거동을 계산한 결과 또한 마찬가지로 중간 유입 방식의 경

우 필터 표면으로 전달되는 입자농도가 가장 낮은 것을 알 수 있었다. Fig. 2는 1 um 크기 입자의 장치 내부 농도분포 중 필터 표면에서의 농도분포를 자세히 보기 위하여 임의로 농도 기준을 0 ~ 10⁵ /cc 범위로 지정하여 도시한 그림이다. 필터 표면에서의 농도 분포에서 알 수 있듯이 하부유입방식의 경우는 필터 하부 중앙선을 마주하는 방향의 면에 농도가 높게 나타나고, 상부유입방식의 경우는 필터 상부 중앙선을 마주하는 방향의 면에 농도가 높게 나타남을 알 수 있다. 그러나 중앙유입방식인 경우는 필터 전체 면에 걸쳐 균일하게 농도가 분포하는 것을 알 수 있다.

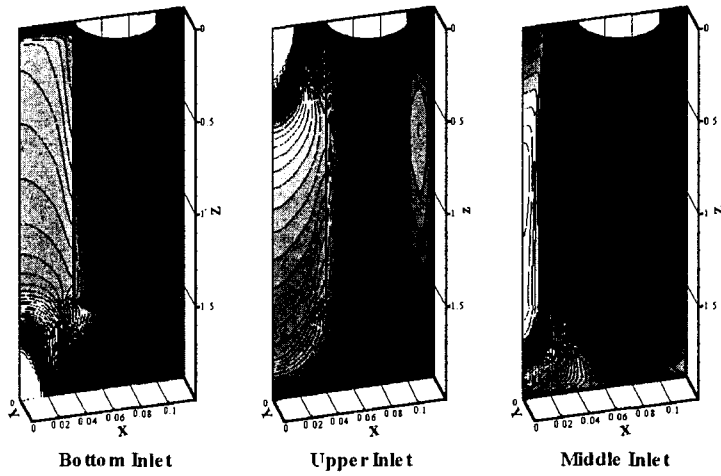


Fig. 1. 유입 조건에 따른 집진장치 내부 유동 속도 분포 비교.

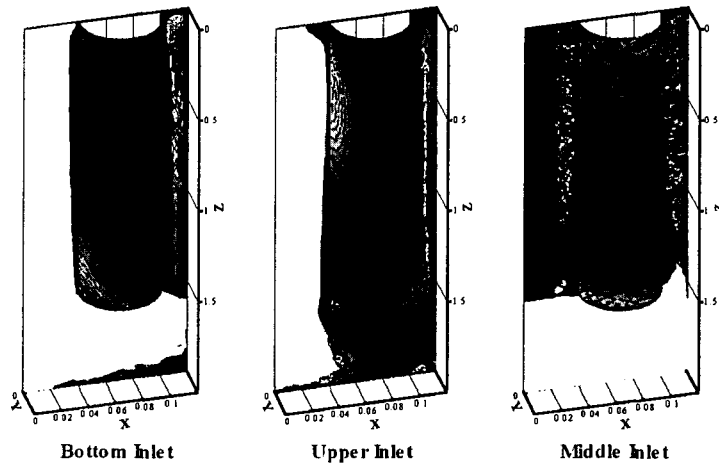


Fig. 2. 유입 조건에 따른 세라믹 캔들 필터 주위의 1 um 입자농도 분포.

참 고 문 헌

- Brown, R. C. (1993) Air Filtration, Pergamon Press.
 FLUENT 5 User's Guide (1998) Fluent Inc., Lebanon, NH.
 Gregg, W. and Davies, G. J. (1992) Improving Pulse-Jet Dust Collector Operation: The Effect of Gas Stream Inlet Design, In The User and Fabric Filtration Equipment VI, Proceedings of an International Specialty Conference, Toronto, Ontario, pp. 37-61.