

CA7) 먼지 · 활성탄 접촉형 다이옥신류 저감장치내 유동 해석 A flow pattern and mixing characteristic analysis to design the equipment for reducing the dioxins

최상민, 구운서, 윤균덕*, 조주생**, 강병춘**

안양대학교 환경공학과, * 산업기술시험원, ** (주) 현보산업

1. 서론

1990년 이후 생활폐기물보다 사업장 폐기물이 많아지면서 총 폐기물 발생량은 점차 증가하고 있는 상황이다. 날로 증가하는 폐기물을 국내 실정상 매립처리하는 것은 한계가 있으므로, 효율적인 감량화 정책으로 폐기물 발생량을 저감하고, 소각에 의한 처리가 요구된다. 그러나 폐기물 소각처리는 소각 재와 유해가스를 배출하기 때문에 많은 문제점이 있다. 특히 인체에 맹독성인 다이옥신류(polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans:PCDD/Fs)가 배출되면서 현재 사회적 문제로 크게 부각되고 있기 때문에 소각시 다이옥신을 처리할 수 있는 장치의 개발이 필요하다.

본 연구는 중소형 소각로를 대상으로 소각시 배출되는 다이옥신류를 제어할 수 있는 장치 개발에 그 목적을 두고 있다. 특히 반응장치 내에 흡착제(활성탄, 소석회)를 투입했을 때 배가스 먼지와 흡착제의 활발한 접촉 및 혼합을 유도하여 다이옥신류의 제거효율을 높일 수 있는 반응장치 형상에 대한 설계에 대해서 중점적으로 연구하였다. 반응장치에 투입되는 활성탄과 소석회의 물리적 특성과 배가스의 유동 형태에 따라서 다이옥신 제거효율이 다르게 나타나므로, 본 연구는 배가스 먼지와 흡착제간의 활발한 접촉 및 혼합을 촉진시키기 위한 반응장치를 설계하였다. 실질적으로 공정 내에서 배가스 먼지와 흡착제 사이에 체류시간이나 혼합정도를 파악하거나 실험하기란 어렵고 또한 그 비용과 시간이 많이 들기 때문에 장치내 유동을 수치적으로 해석할 수 있는 전산유체모델(computational fluid dynamic model)을 이용하였다.

본 연구에서는 다이옥신 재생성을 방지하기 위해서 배가스를 급속 냉각시킬 수 있는 냉각기를 설계하였고, 또한 냉각기내에서 배가스 유동을 제어하여 흡착제와 다이옥신의 반응을 촉진시키기 위한 정류판에 대해서 검토하였다. 정류판이 있는 경우와 없는 경우를 유동장을 모사함으로써 유동의 특성이나 정제영역이 존재하는지 검토하였고, 또한 흡착제로 사용되는 활성탄의 경우 체류시간이 길어질수록 흡착능이 증가하고 제거효율이 증가하게 되므로 흡착제의 체류시간을 증가시킬 수 있는 정류판 형상에 대해서 중점적으로 연구하였다.

2. 연구방법

제어장치 내 배가스 유동 및 흡착제의 체류시간을 계산하기 위해서 일반적인 열유동해석 뿐만 아니라 다상유동(multi-Fluid) 및 반응성유동 등의 복잡한 현상을 해석할 수 있는 범용 전산유체모델인 CFX-4.3을 사용하였다.

3차원 난류 흐름을 모사하기 위해서는 질량, 운동량, 에너지, 물질보전, 난류에너지 및 난류에너지 소실 등에 대한 지배방정식은 풀어야 하는데 이들의 방정식을 일반적인 변수(ϕ)에 대해 식(1)과 같이 다음과 같이 간단히 표현할 수 있다.

$$\text{div}(\rho v \phi - \Gamma_{\phi} \text{grad} \phi) = S_{\phi}$$

여기서

v : 속도 벡터 (x, y, z 방향 대한 속도 벡터 u, v, w)

ρ : 밀도

Γ_{ϕ} 와 S_{ϕ} 는 ϕ 에 대한 확산계수 및 source 항

한편 난류유동을 해석하기 위해 standard k- ϵ model을

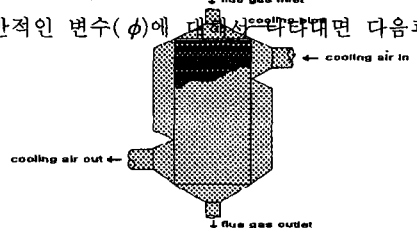


Fig.1. A Schematic of the equipment designed in study.

사용하였다.

본 연구에서는 다이옥신 저감장치 내에서 정류판이 있는 경우와 없는 경우 활성탄 입자들의 움직임, 유동의 특성, 체류시간 등을 수치적으로 모사하였다. 그림1은 본 연구에서 설계한 다이옥신저감 장치의 구조를 나타낸 것이고, 수치모사조건은 유량 500 Nm³/hr, 온도 300 °C, 활성탄 입자 비중 2, 활성탄 입자 직경 20 μm이다.

3. 결과 및 고찰

그림2는 정류판이 존재하지 않을 때 활성탄 입자들의 움직임을 계산한 것이다. 장치 내에서 정체영역이 많이 존재하고, 활성탄 입자들이 냉각관 사이로 잘 확산되지 않는 것을 볼 수 있다. 그림3은 유입부분에 정류판이 존재하는 경우에 대한 활성탄 입자들의 움직임을 계산한 것이다. 정체영역이 존재하지 않고, 활성탄 입자들이 잘 확산되는 것을 볼 수 있다. 또한 정류판이 없는 경우보다 정류판이 존재하는 경우에 활성탄 입자의 체류시간이 길어짐을 볼 수 있었다. 이와 같은 유동 및 입자 체류시간 분석등을 통해 여러 조건에 대해서 최적의 정류판 설계에 대한 연구가 진행중이다.

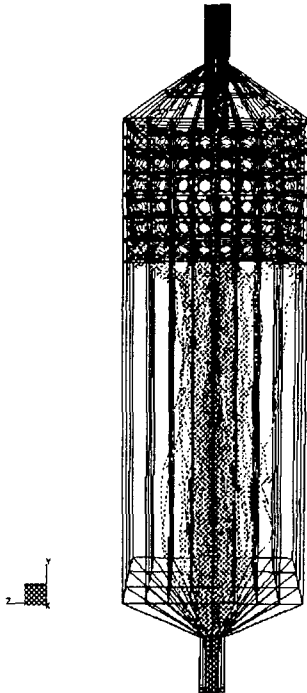


Fig.2. Particle trajectories in the equipment without flow distribution plates.

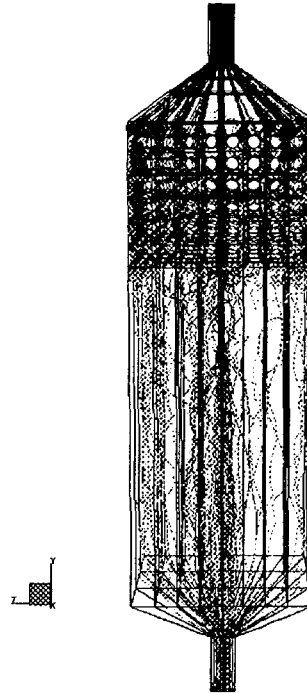


Fig.3. Particle trajectories in the equipment with flow distribution plates.

참고문헌

- 윤균덕 (2000) 「도시고형폐기물 소각시설 집진공정에서의 다이옥신류 거동특성 및 운전변수에 관한 연구」, 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
- K.S. Chen, W.T. Hsu, Y.C. Lin, and Y.T.Ho(2001) Combustion Modeling and Performance Evaluation in a Full-Scale Rotary Kiln Incinerator, Air & Waste Manage. Assoc. 51:885-894.
- CFX-4.3 AEA Technology plc(1999), User Documentation, volumes 1 to 5.