

PD13) CFD를 이용한 PoC부착 고효율 싸이클론에 관한 연구 Study of post-cyclone using CFD (Computational fluid dynamics)

조영민 · 이주열

경희대학교 환경응용화학부 및 환경연구소

1.서론

원심력을 이용한 대표적인 대기오염 방지 장치인 싸이클론은 1800년대 후반이래 공기나 배출가스로부터의 분진제거 및 입자분리에 폭 넓게 사용되어 왔다. 일반적으로 싸이클론은 간단한 구조로 되어 있으며, 조작이 용이하고 운전비용이 저렴할 뿐만 아니라 가혹조건에서의 사용이 가능하다는 장점이 있다 (Shepherd and Lapple, 1939). 입자의 관성력에 의해 분진을 분리하는 싸이클론으로서는 상대적으로 낮은 관성효과를 지니는 미세입자(주로 10 μ m 이하)들에 대한 제어효율이 낮을 수 밖에 없다(Dirgo and Leith, 1985). 싸이클론의 유출가스에 포함되어 있는 미세분진 입자들을 2차적으로 분리하고 제어할 수 있는 post cyclone(PoC)이라는 장치를 개발하여 그 효용성을 입증하였고(Hoffman,1996), Mita등(Mita et al.,1997)이 이론적 뒷받침을 위한 연구를 진행하여 이론적 모델을 제시하였다.

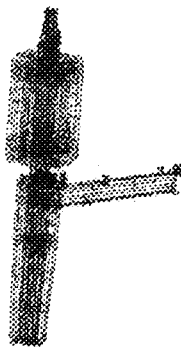
본 연구에서는 PoC의 최적조건을 찾기 위하여 다양한 크기의 PoC를 이용하여 실험을 실시하였고 아울러 CFD(computational fluid dynamics)를 실시하였다.

2.연구방법

실험에서 사용된 하부 싸이클론은 stairmand식 표준설계에 준하여 몸통 지름이 0.15m, 높이 0.8m 로 제작하였으며, PoC의 크기는 최적조건을의 기준을 설정한 상태가 아니므로 하부 싸이클론의 기본크기에 준하여 다양하게 준비하였다.

Table. 1. Dimension of post-cyclone combinations.(cm)

	M1	M2	M3	M4	M5
Outer shell	D:22 H:35	D:22 H:35	D:22 H:35	D:22 H:31.8	D:22 H:45
Inner shell	D:8 H:30	D:11.5 H:30	D:13.5 H:30	D:8 H:26.8	D:8 H:40



본 연구에서는 poc의 최적구조를 찾기 위하여 직경과 높이에 따른 포집효율을 중점적으로 관찰하고자 하였다. 실험에 사용된 분진은 소석회(hydrated lime, Ca(OH)₂)와 비산재(fly ash)이며 싸이클론으로 주입되기전에 기체중에서 분산을 촉진시켜주는 분산매(Aerosil 200)와 사전 혼합하여 진동 분진공급장치(vibratory dust feeder)를 이용하여 주입시켰다. 기체의 유속은 일정한 속도하에서 싸이클론 입구에 설치된 여단이 막의 개구면적(opening area)변화를 통하여 5.0-21m/s의 범위내에서 조절하였다.

실험결과의 신뢰성을 위하여 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 실시하였다. 전산유체해석을 위한 사용화 package인 CFX-4(CFX, 2001)를 사용하였다. 벽면에 대해서는 난류운동에너지(Turbulence Kinetic Energy)를 구하기 위해 zero gradient조건과 벽면함수를 적용하였다. 호퍼부분은 벽면(Wall Funtion)으로 가

Fig.1. Surface grid of cyclone & PoC

정하였으며 사용된 난류 방정식은 RNG k-ε 모델을 사용하였다.

그림 1과 같이 하부 싸이클론과 상부 PoC부분을 15만개의 격자로 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

PoC의 최적크기를 찾기 위하여 5set의 PoC를 준비하였으며 다양한 운전조건하에서 실험을 실시하였다. 그림 2는 PoC크기에 따른 효율을 나타낸 그림이다. 직경이 좁을수록 길이가 길수록 효율이 증가함을 확인할 수가 있었다. poc에서 입자가 분리되기 위해서는 유체가 하부싸이클론의 vortex finder에서 PoC의 상부 출구를 통과해서 나가기 전에 입자는 벽면에 도달해야만 한다. 실험결과에서와 같이 벽면도달거리가 짧은 M1의 경우에 가장 좋은 효율을 보여주었다. 또한 유체의 통과시간이 길수록 효율이 증가함도 확인할 수가 있었다.

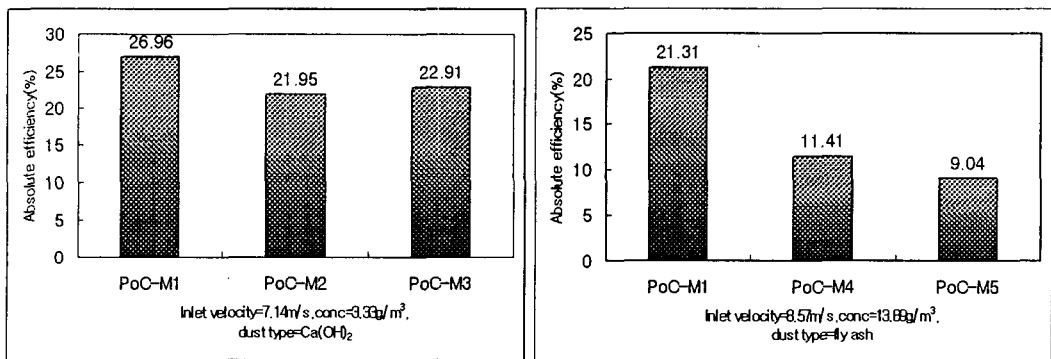


Fig.2. Absolute efficiency according to PoC combination

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 PoC를 다양한 크기 및 구조의 싸이클론에 광범위하게 적용시킬 수 있도록 구체적인 분리 메카니즘의 구명과 입자크기별 분리효율을 예측할수 있는 MODEL개발에 관한 연구들을 지속적으로 수행할 예정이다.

참고 문헌

엄태인 (1996) 싸이클론 집진기의 수치해석적 연구, 한국대기보전학회, 12, 43-53
 조영민, (1999) PoC 부착 싸이클론의 미세분진 유출제어에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 15, 201-210
 Hoffman A. C.,(1961) An approach to a better efficiency of dust cyclones, aerosol sci., 27, s631-s632
 Madhumita B Ray, Pouwel E Luning, and Alex C. Hoffman, (1997) Post Cyclone(PoC): An innovative way to reduce the emission of fines from industrial cyclones, ind eng. chem res., 36, 2766-2774
 Dirgo J. and leith D. (1985) Cyclone collection efficiency; comparison of experimental results with theoretical predictions, aerosol sci., 4, 401
 Plomp a., beumer M. I. L. and Hoffman A.(1996), Post cyclone, an approach to a better efficiency of dust cyclones, aerosol science,27, s631-s632
 Shepherd C. B. and Lapple C. E.(1939) Flow pattern and pressure drop, Ind Eng. Chem., 31, 972
 Youngmin Jo, Chi Tien, Madhumita B. Ray.(2000) Development of a post cyclone to improve the efficiency of reverse flow cyclones., 113, 97-108