

## PE10) 미세분진 제거를 위한 싸이클론 보조 장치 연구

### Experimental Study on the Auxiliary Device of Gas - Solid Cyclone

조영민 · 이주열

경희대학교 환경응용화학부 및 환경연구소

#### 1. 서론

상대적으로 낮은 미세입자(주로  $10\mu\text{m}$ 이하) 제어효율은 기-고 싸이클론의 최대 약점으로 논의되어 왔다. 이전 연구에서 싸이클론의 유출가스에 포함되어 있는 미세분진 입자들을 2차적으로 분리하고 제거할 수 있는 Post Cyclone(PoC)이라는 장치를 개발하여 그 효율성을 입증하였고(Hoffmann,1996), Mita 등(Mita et. al., 1997)이 이론적 뒷받침을 위한 연구를 진행하여 이론적 모델을 제시하였다. 즉, PoC의 효율은 Reynolds 수와 Stokes 수의 함수로 표시될 수 있을 것으로 추정하였다. 뒤이어 좀 더 구체적인 반경험적 모델 설정을 위한 다양한 형태의 PoC를 활용한 실험이 이어졌으며(조영민, 1998), 본 연구에서는 보다 구체적인 모델 개발로 접근하기 위하여 다양한 구조 및 운전조건에서 실험적 관찰을 시행하고자 하였다.

PoC는 싸이클론 유출부인 선회류 출구(vortex finder)를 통하여 외부로 유출되는 유체중에 잔존하는 나선형 흐름특성을 활용하여 하부 싸이클론으로 부터 분리되지 않은 채 유출되는 미세분진의 일부를 분리할 수 있는 장치이다. 그러므로 분진 선회류 출구(vortex finder)에서 입자들은 중심부보다는 바깥쪽, 즉 내측 벽면으로 이동하고 있음을 예측할 수 있다. 따라서 환형구조(annular shell)의 PoC에 있어서 그 크기나 형상이 입자들의 분리에 직접적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

#### 2. 연구 방법

실험에서 사용된 하부 싸이클론은 고효율 Stairmand식 표준 설계에 준하여 몸통 지름이 0.15m, 높이 0.8m로 제작하였으며, PoC의 크기는 최적조건의 기준을 설정한 상태가 아니므로 하부 싸이클론의 기본 크기에 준하여 다양하게 준비하였다.

	M1	M2	M3
PoC	D:22cm H:35cm	D:22cm H:35cm	D:22cm H:31.8cm
Inner shell	D:8cm H:30cm	D:13.5cm H:30cm	D:8cm H:26.8cm

Table. 1 Dimension of post-cyclone set-up

PoC로 향하는 지류의 양은 주 유체흐름의 20%로 설정하였고, 원형외실(②)의 하부에 위치한 구멍( $\phi$ :2cm)을 통하여 고효율 필터로 유도되어 분진은 분리하고 깨끗한 기체만 외부 대기중으로 배출시킨다. 실험에 사용한 분진시료는 소석회(hydrated lime,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )입자이고 기체중에서의 분산을 촉진시켜 주는 분산매(Aerosil 200)와 사전 혼합하여 진동 분진공급장치(vibratory dust feeder)에 의해 스텐레스 망(taylor no.70)을 통과 시켜가며 싸이클론으로 공급하였다. 스텐레스 망은 비정상적인 크기의 입자나 불순물의 유입을 방지하고, 거대한 덩어리를 분쇄시켜주는 중요한 역할을 한다.

본 연구에서는 PoC의 최적구조를 찾기 위하여 직경과 높이의 변화에 따른 포집효율 변화를 중점적으로 관찰하고자 하였다. 압축기로부터 생성되는 압축공기는 건조장치를 거쳐 일정압력으로 노즐을 통하여 inlet pipe로 공급되면서 pipe내의 분진을 완전히 혼합, 분산시켜 싸이클론으로 분진과 함께 흘러간다. 이때 유체의 흐름은 계의 최종 배출구 쪽에 설치한 역방향 송풍기인 vortex blower (SamJin, HS-060-E)에 의해 유지하였다. 싸이클론 및 PoC에 대한 유량은 두 개의 유량계(gas rotameter)로 측정

하였으며, 기체의 공급유속은 일정한 속도하에서 사이클론 입구에 설치된 여단이 막의 개구면적(opening area)변화를 통하여 5.0-8.73m/s의 범위내에서 조절하였다.

### 3. 결과 및 고찰

PoC에 의한 분진제거 효과를 관찰하기 위하여 다양한 농도의 분진을 주입속도를 변화시키면서 측정하였다. 그림 2는 PoC가 사이클론 장치의 총괄효율에 미치는 영향을 유체의 inlet velocity 변화에 따라 관찰한 것이다. 이전의 연구들과 마찬가지로 유체의 유입속도가 증가함에 따라 사이클론의 분진제거 효율이 증가함을 확인할 수 있었다.

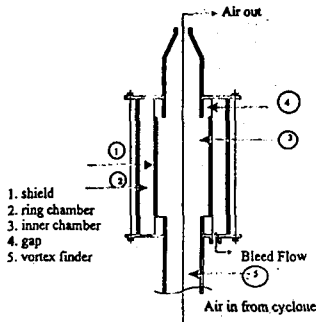


Fig. 1. Schematic diagram of the Post-Cyclone

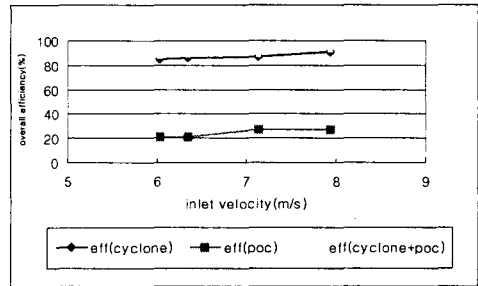


Fig. 2. Overall efficiency with inlet velocity

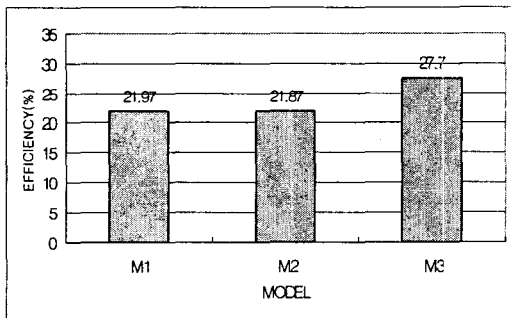


Fig. 3. Collection Efficiency of Post-Cyclone

PoC크기에 따른 포집 효율을 관찰한 결과 Inner Shell의 직경변화는 포집 효율에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 낮은 높이에서 효율이 증가한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 PoC를 다양한 크기 및 구조의 사이클론에 광범위하게 적용시킬 수 있도록 구체적인 분리 메커니즘의 규명과 입자 크기별 분리효율을 예측할 수 있는 MODEL 개발에 관한 연구를 지속적으로 행할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- Hoffman A. C., (1961) An approach to a better efficiency of dustcyclones, *Aerosol Sci.*, 27, s631-s632
- Madhumita B. Ray, Pouwel E. Luning, and Alex C. Hoffmann, (1997) Post cyclone(PoC): An innovative way to reduce the emission of fines from industrial cyclones, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36, 2766-2774
- 조영민, (1999) PoC 부착 사이클론의 미세분진 유출 제어에 관한 연구, *한국대기환경학회지*, 15, 201-210
- 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 Hoffmann 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