

CT4)

전기집진기내에서 복합 추타장치에 의한 추타효율과 입자 재비산의 특성에 관한 실험적 연구

Experimental Study of the Effects of Combined Rapping System on Rapping Efficiency and Particle Reentrainment in ESPs

김수형, 이규원

광주과학기술원(K-JIST) 환경공학과 분진공학연구실

I. 서론

전기집진기는 화력 발전소 및 소각로 등의 다른 많은 산업 공정에서 발생하는 분진을 제어하는데 가장 일반적으로 사용되는 집진기중의 하나이다. 전기집진기는 cyclone이나 bag filter에 비교해서 기체 온도에 대한 넓은 운전 범위와 높은 집진 효율 등의 장점을 가진다. 일반적으로 전기집진기의 효율은 방전극과 집진판에 분진이 점점 두껍게 집진 됨에 따라 효율이 감소한다. 그러므로 주기적으로 집진판의 분진을 제거하기 위해서 추타 장치가 필요하다. 전기집진기의 분진 집진에 대한 이론적, 실험적 연구는 많이 있었지만 방전극과 집진판에 축적된 분진의 영향을 다루었던 연구는 그리 많지 않다.

이에 본 연구에서는 실험실 규모의 전기집진기를 풍동내에 설계, 설치, 및 운전함으로써 방전극과 집진판에서의 분진 축적의 영향을 실험적으로 연구하였고, 또한 회전식 추타장치(Hammer Type)와 진동식 추타장치(Vibrator Type)를 이용하여 분진의 재비산을 감소시키고 동시에 추타 효율을 증가시킬 수 있는 최적의 추타조건에 관하여 연구하였다.

II. 실험 장치 및 방법

실험 장치는 그림 1에 보이는 바와 같이 풍동, 분진 발생 장치, 전기집진기, 에어로졸 샘플링 장치, 분진 측정 장치, 추타 장치등으로 크게 구성되어 있다. 풍동은 플렉시유리로 만들어진 하나의 통로로 구성되어 실온에서 운영되고 유속 0.1m/s~6m/s 범위를 공급할 수 있다. 공급 공기에 약 12%의 난류 강도와 1m/s의 평균속도를 적용하였다. 석탄회(flyash)는 1.73의 기하표준편차(GSD)와 5.02 μ m의 기하평균지름(GMD)을 가지고 micro dust feeder(Model MF-2, Sibata Scientific Technology Ltd.)를 통해 분산 주입된다. 표 1은 본 실험에 사용된석탄회(flyash)를 화학적, 물리적, 전기적 방법으로 분석한 결과를 나타내 준다. 화학적인 방법은 에너지 스펙트럼을 이용한 물질 성분 분석장치인 EDXA를 사용하였고, 물리적인 입자의 분석은 Aerosizer(Model Mach II, LD, API)를 사용하였으며, 입자의 전기적 비저항성은 비저항성 측정기(Resistivity meter)를 사용하여 ASME PTC-28에 의해 제안된 과정에 따라 측정하였다. 에어로졸 샘플링은 flyash의 농도와 크기 분포의 측정을 위해 등운동 샘플링 튜브(isokinetic sampling tube)와 Aerosizer를 사용하였다. 입자의 샘플링 지점은 전기집진기의 입·출구측 각각의 풍동 덕트 단면 중앙에

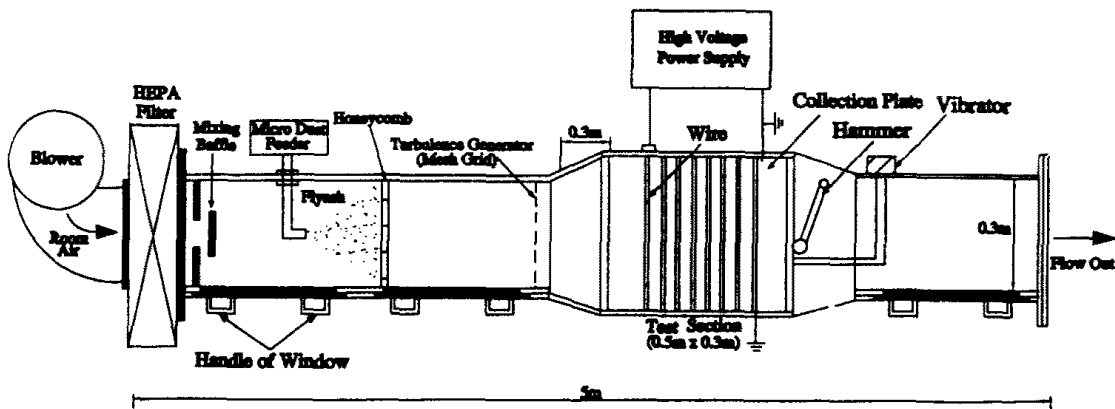


Figure 1. Schematic diagram of the wind tunnel for the eight wired single-stage ESP performance test

Table 2. Results of chemical, physical, and electrical analysis of flyash

Classification	Values
Chemical components of flyash	SiO ₂ (46.47%)
	Al ₂ O ₃ (24.28%)
	Fe ₂ O ₃ (15.28%)
	CaO (4.06%)
	MgO (1.56%)
	Na ₂ O (0.35%)
	K ₂ O (1.17%)
	SO ₃ (4.20%)
Measurement of particle size distribution	TiO ₂ (1.18%)
	GMD 5.02 μm
	GSD 1.73
	d _p < 4.231 μm (40%)
Electrical resistivity	d _b > 4.231 μm (60%)
	4.3 × 10 ⁹ (Ω · m)

위치시켰다. 추타효율(η_{rap})은 추타 전후의 포집된 분진 질량으로 다음과 같이 구하였다.

$$\eta_{rap} = \frac{(m)_{before} - (m)_{after}}{(m)_{before}}$$

(m)_{before} ; 추타전 포집판에 포집된 분진 질량

(m)_{after} ; 추타후 포집판에 잔류한 분진 질량

현재는 집진판으로부터의 분진 제거 및 운반에 관해 두가지 원리가 지배적이다. 한가지 접근방법은 주기적으로 추타하고 최고 가속도를 집진판에 전달하여 추타시 집진판에 남아 있는 분진층을 최소화하는 것이다. 다른 접근 방법은 추타 강도와 주기를 다양화하여 재비산하는 입자의 농도를 최소화하는 것이다. 현재까지는 소수의 연구만이 추타와 재비산의 영향을 언급했을 뿐이다(Sproull, 1972; Tassicker, 1978). 이에 본 연구에서는 위에서 언급한 두가지 추타접근법을 바탕으로 회전식 추타장치(Hammer Type)와 진동식 추타장치(Vibrator Type)로 구성된 추타 장치를 설계하여 최적의 추타 조건 및 분진의 재비산을 연구하였다.

III. 결과 및 결론

전기집진기 운전시간이 길어질수록 집진판과 방전극에 분진이 축적되기 때문에 점차 성능은 감소한다. 본 실험의 경우 약 300분 정도 경과한 후 집진 효율은 초기 95%에서 80%로 감소함을 알 수 있다. 추타의 영향을 연구하기 위해서 Hammer와 Vibrator으로 구성된 추타 장치를 설계, 설치하였다. 추타 실험동안 dynamic signal analyzer(Model 35670A, Hewlet Packard)와 가속도 센서(Model 353B16, 353B34, Hewlet Packard)로 집진판의 가속도를 측정하였다. 센서는 집진판 중앙에 부착했으며 400~600g의 최고 가속도를 가진 Hammer가 집진판에 충돌한다. Hammer의 지주대의 각도 (45°, 60°, 90°)에 따라 집진판은 각각 최고 가속도값 (10g, 20g, 33g)을 가지게 된다. Vibrator의 경우는 3단계의 진동 모뎀 조절로 집진판이 각각 최고 가속도값 (1.2g, 2g, 3g)을 가졌다. 여기서 g 는 진동의 단위로 중력가속도를 나타낸다. 우선 재비산되는 입자의 물리적 특성을 관찰하기 위해 Hammer Type으로만 집진판을 추타함으로써 전기집진기의 출구측에서의 분진크기분포를 측정하여 보았다. 그 결과 재비산되는 분진이 추타 전 전기집진기 입·출구측에서 원래의 입자 크기 분포보다 크기가 더 크다는 것을 보여준다. 이는 전기적 응집력이 부착된 입자들 사이에 작용하여 입자 크기 분포를 증가시켰기 때문이다. 다음으로 추타특

상을 관찰하기 위하여 첫 번째로 Hammer Type으로만 집진판을 추타하였다. 그 결과 그림 2와 같이 추타 주기가 증가함에 따라 추타효율이 증가함을 알 수 있었는데 이는 포집된 flyash층이 점점 두꺼워졌기 때문이다. 다르게 말하면 축적된 분진의 전기적 응집력이 충분히 강해서 hammer에 의해 제공되는 전단력의 영향을 받으면 이들은 집진판에서 마치 케이크(Cake)처럼 덩어리의 형태로 분리되어 호퍼(Hopper)로 떨어지게 된다. 또한 추타주기가 증가할수록 재비산 되는 분진 농도는 증가하게 되며 약 추타주기가 120 분이 되면서 최고의 재비산 농도에 도달된 후 다시 급격하게 감소하는 경향을 볼 수 있다.

이 결과로부터 얇은 분진층은 입자들 사이에 느슨한 결합력이 작용하고 있어서 추타과정 동안에 마치 구름(Cloud)형태로 재비산되면서 미세한 입자집합체를 형성하게 된다는 것을 예측 할 수 있다. 반면, 두꺼운 분진층은 강한 전기적 결합력이 작용하여 추타과정 동안 큰 입자 집합체를 형성하게 되어 호퍼로 떨어지게 되고 재비산 농도는 감소하게 된다. 이러한 유형의 메커니즘은 Sanayev와 Reshidov(1974)에 의해서도 관찰되었다. 두 번째 추타실험으로 Hammer Type과 Vibrator Type을 가지고 동시에 집진판에 충격을 가했다. 그 결과 그림 3과 같이 나타났고 이것은 그림 2와 비슷한 경향을 보임을 알 수 있게 해 준다. 결국, 각각의 결과와 비교했을 때 Hammer Type과 Vibrator Type을 함께 사용한 것이 Hammer Type만을 사용 했을 때 보다 어떠한 추타주기에서도 추타효율은 평균 2~10%가 높으며 재비산 농도 도 Hammer Type와 Vibrator Type을 함께 사용했을 때 hammer Type만을 사용 했을 때보다 훨씬 높았다. 이 결과로부터 만약 추타 장치가 충분한 가속을 가지지 않는다면 분진의 미세 집합체가 형성되어 재비산 되므로 이 메커니즘이 서로 역으로 집진기의 성능에 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다.

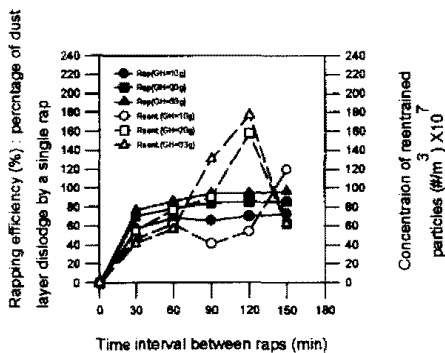


Figure 2. Rapping efficiency and Concentration of reentrained particles as a function of time interval between raps (case : hammer)

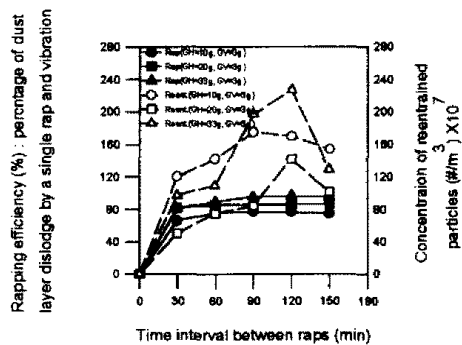


Figure 3. Rapping efficiency and concentration of reentrained particles as a function of time interval between raps (case : hammer plus vibrator)

IV. 참고문헌

1. Herbert W. Spencer, III, 1976, Rapping Reentrainment in a Nearly Full Scale Pilot Electrostatic Precipitators, EPA-600/2-76-140
2. McDonard, J.R. and Dean, A.H., 1982, Electrostatic Precipitator Manual, Noyes Data Corporation, New Jersey
3. Spencer, H.W. and Juricic, D., 1980, Electrostatic Precipitator Plate Rapping and Reliability, Joy Industrial Equipment Company, FP-1006, Vol.3, Part 1, Los Angeles, California
4. Sproull, W.T., 1972, Minimizing Rapping Loss in Precipitators at a 2000-megawatt Coal-Fired Power Station, J. of Air Pollution Control Association, Vol.22, No.3, pp181-186