

PA30) MAG-3000의 발생조건에 따른 입자크기 분포 연구

Study on Particle Size Distribution by Operating Condition of MAG-3000

권순박¹⁾ · 김세영^{1,2)} · 박덕신¹⁾ · 조영민¹⁾ · 김태성²⁾

¹⁾한국철도기술연구원 철도환경연구실, ²⁾성균관대학교 기계공학부

1. 서 론

실내에서 활동시간이 증대됨에 따라 실내공기질에 관한 대중들의 관심이 높아지고 있으며, 실내공기질을 대표하는 지표중 하나인 미세먼지의 측정과 분석이 중요해지고 있다. 미세먼지 제거장치의 성능평가와 광산란 방식의 미세먼지 측정장비의 교정에 있어 중요한 요소는 표준 입자의 발생이다. 입자발생장치의 경우 기존에 많이 사용되었던 표준입자발생장치는 분진발생장치(Dust Feeder)로 고체입자의 분산방식이 많이 적용되었으나, 농도조절이나 입경제어가 어려운 문제점이 있다. 액적 입자의 표준입자발생장치로는 직경 1~200 μm 의 단분산(monodisperse) 입자를 발생시킬 수 있는 VOAG(Vibrating Orifice Aerosol Generator)가 사용되고 있다. 그러나 VOAG의 경우 입자발생농도가 낮아 고농도의 시험입자가 필요한 필터 성능평가에 적용하기에는 무리가 있다. 본 연구에서는 입경제어가 쉽고, 입자발생농도가 높은 MAG-3000장비의 입자발생 특성에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서 사용된 Palas사의 MAG-3000 장비는 Di-Ethylhexyl-sebacate(DEHS) 물질을 이질응축(heterogeneous condensation)에 의하여 입자직경 0.5~8 μm (밀도=0.914 g/cm^3) 사이의 단분산($\sigma_g=1.15$ 이하) 입자를 약 10^6 cm^{-3} 농도로 발생시킬 수 있는 장비이다(Palas, 2009). MAG-3000 장비는 크게 입자발생 용액을 가열하여 증발시킬 수 있는 포화장치(boiler), 증발된 가스를 응축시킬 수 있는 응축장치(condensation flue), 이질응축을 위한 재가열장치(reheater)로 구성된다. 발생된 입자의 직경은 포화장치의 온도를 140~235 $^{\circ}\text{C}$ 로 변화시켜 제어할 수 있으며, 각 온도에서 core source(NaCl) pass on/off에 의해서도 입자크기 제어가 가능하다. MAG-3000에서 발생하는 입자의 크기분포 측정 시험은 유량을 조절할 수 있는 풍동장치에서 포화장치의 온도를 각각 190, 220, 235 $^{\circ}\text{C}$ 로 변화시키고, 각 온도별 core source(NaCl) on/off 조건으로 입자를 발생시킨 후, 광산란(light scattering) 방식의 입자계수 농도를 측정하는 Dust spectrometer(Grimm)를 이용하여 입경별로 발생된 입자의 농도를 측정하였다. 풍동장치의 유량은 3456 l/min, 입자발생장치의 토출 유량은 3.4 l/min으로 약 1,000배 수준으로 희석된다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 MAG-3000의 포화장치 온도를 190, 220, 235 $^{\circ}\text{C}$ 에서 core source on/off 조건으로 입자를 발생시켰을 때 발생된 입자의 사이즈 분포를 나타낸 것이다. Y축은 N/N_{peak} 로 발생입자 농도를 최대 Peak 농도로 나눈 확률빈도곡선으로 포화장치의 온도가 증가함에 따라 발생입자의 크기가 커지는 것을 알 수 있는데, core source(NaCl) pass off의 조건일 때 1.6~3.5 μm , core source (NaCl) pass on의 조건일 때 3.5~5 μm 범위에서 커지는 것을 알 수 있다.

또한, 235 $^{\circ}\text{C}$ 에서 발생하는 입자의 크기는 3.5~5 μm 이지만, core source on일 경우 1 μm 크기의 입자도 높은 농도로 발생되어 지는 것으로 보인다. Hussein et al.(2009)은 MAG-3000 장비를 이용하여 0.5~5 μm 크기의 입자를 발생시켜 에어로졸 입자의 침착 실험에 사용한 사례로 보고한 바 있다. 표 1은 포화장치 온도별, core source on/off 조건에서 발생된 입자의 농도를 나타낸 것으로, 발생된 입자의 농도가 $10^4 \sim 10^6/\text{cm}^3$ 으로 보이며, core source on의 조건에서 농도가 $10 \sim 10^2$ 배 정도 낮아지는 것을 알 수 있다.

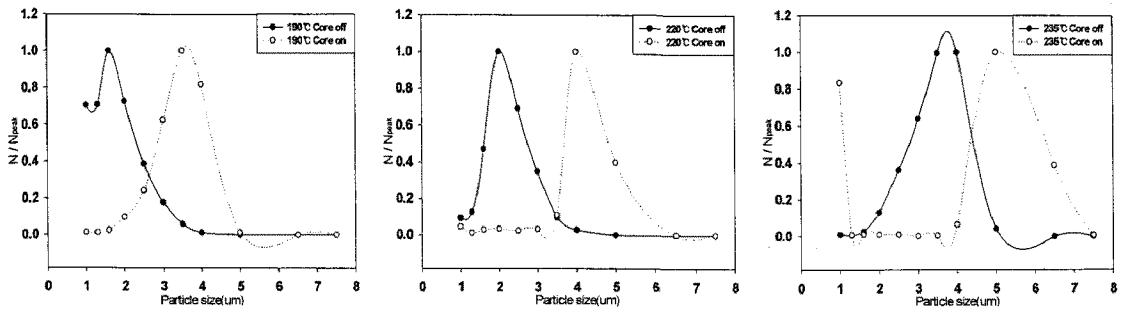


Fig. 1. Frequency distribution curve of generated particles for saturator temperature and core source on/off.

Table 1. Concentration of generated particles by MAG-3000.

Condition Size(μm)	190(°C)		220(°C)		235(°C)	
	Core off (#/cm ³)	Core on (#/cm ³)	Core off (#/cm ³)	Core on (#/cm ³)	Core off (#/cm ³)	Core on (#/cm ³)
1.0-1.3	7.75E+05	1.03E+03	4.12E+04	3.55E+03	2.04E+03	2.97E+03
1.3-1.6	7.80E+05	1.00E+03	5.51E+04	9.40E+02	1.15E+03	2.84E+02
1.6-2.0	1.10E+06	1.99E+03	2.05E+05	2.25E+03	6.17E+03	3.63E+02
2.0-2.5	8.01E+05	8.09E+03	4.37E+05	2.65E+03	3.05E+04	3.55E+02
2.5-3.0	4.27E+05	2.02E+04	3.02E+05	1.88E+03	8.48E+04	3.48E+02
3.0-3.5	1.93E+05	5.23E+04	1.52E+05	2.65E+03	1.50E+05	7.26E+01
3.5-4.0	6.38E+04	8.40E+04	4.32E+04	8.56E+03	2.33E+05	1.63E+02
4.0-5.0	1.23E+04	6.86E+04	1.28E+04	7.76E+04	2.35E+05	2.31E+03
5.0-6.5	2.22E+01	9.87E+02	1.77E+02	3.09E+04	9.63E+03	3.56E+04
6.5-7.5	0.00E+00	7.00E-01	2.77E+00	1.92E+02	5.53E+01	1.38E+04
7.5-8.5	0.00E+00	0.00E+00	5.33E-01	2.07E+00	1.20E+00	2.34E+02

입경제어가 편리하고, 고농도의 입자를 발생시킬 수 있는 MAG-3000의 경우 미세먼지 제거장치의 포집효율 테스트에 적용하기 쉬울 뿐 아니라, 광산란 방식의 미세먼지 측정장치의 검교정에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국토해양부 미래도시철도기술개발사업(도시철도 터널 및 차량의 공기질 개선기술개발 연구단)의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Hussein, T., L. Kubincova, L. Dzumbova, A. Hruska, and P. Dohanyosova (2009) Deposition of aerosol particles on rough surfaces inside a test chamber, *Building and Environment*, 44, 2056-2063.

Palas (2009) MAG-3000 운영메뉴얼.