

PA6) 가속노즐의 배열이 임팩터의 입자채취효율에 미치는 영향 Effect of Jet Location on Impactor's Particle Collection Efficiency

권순박 · 임경수 · 이규원 · 지준호¹⁾ · 배귀남¹⁾

광주과학기술원 환경공학과, ¹⁾한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서 론

May(1945)에 의하여 임팩터가 개발된 이후 임팩터의 단별 분리입경의 정확성을 증가시키고, 기관에서 입자의 채취량을 늘리며, 임팩터 내부의 입자손실과 기관에서 입자가 충돌하여 튀어나오는 것(bounce)을 줄일 수 있는 방법 등이 꾸준히 연구되고 있다. 가속 노즐의 형상을 사각형에서 원형으로 변경하여 분리효율곡선의 기울기(stiffness)를 증가시킬 수 있었고(Mitchell and Pilcher, 1959), 임팩터의 한 단에 여러 개의 가속 노즐을 가공한 다중 노즐(multi-jet) 임팩터를 사용함으로써 단의 분리입경을 낮추고, 입자의 채취량을 늘릴 수 있게 되었다(Anderson, 1958). 가속 노즐의 크기를 매우 작게 하여 입자의 관성력을 증가시키거나 임팩터내 압력을 저압으로 만들어 입자의 미끄럼 보정계수(slip correction factor)를 증가시킴으로써 임팩터의 분리입경을 30 nm까지로 낮추었다. 이러한 연구결과로 현재 임팩터를 이용하여 넓은 범위(0.03~수십 μm)의 입경분포를 측정할 수 있게 되었다. 최근에는 임팩터와 입자의 전기적 검출 기술을 결합하여 입경분포를 실시간으로 측정할 수 있는 측정장비가 개발됨으로써(Keskinen, 1992), 임팩터의 대표적 단점인 긴 채취시간과 채취필터의 전처리 및 후처리 과정의 번거로움을 극복할 수 있게 되었다. 그런데, 다중 노즐 임팩터의 경우 내부 기류 패턴이 매우 복잡하여 인접한 가속 노즐에 의한 유동장의 변화를 고려하지 않고, 단일 노즐(single-jet) 임팩터의 연구결과(Rader and Marple, 1985)를 적용하여 설계하고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 다중 노즐 임팩터의 설계시 가속 노즐의 배열이 임팩터의 입자채취효율 특성에 미치는 영향을 실험적으로 살펴보았다.

2. 연구방법 및 결과

본 연구에서는 가속 노즐의 위치로 그림 1에 나타난 바와 같은 두 가지 경우를 고려하였다. 즉, 가속 노즐이 노즐 판(jet plate)의 가운데 위치하여 입자가 기관의 가운데 부분에서 채취되는 (a)의 경우와 가속 노즐이 노즐 판의 가장자리에 위치하여 입자가 기관의 가장자리에서 채취되는 (b)의 경우를 비교하였다. 이 두 가지 형상을 대상으로 분리입경이 각각 10, 5, 2.5, 1 μm 이고, 가속 노즐의 위치를 제외한 모든 설계변수가 동일한 4단 임팩터를 설계하여 제작하였다. 즉, 무차원 변수인 스토크스 수(Stokes number), 레이놀즈 수(Reynolds number) 그리고 채취효율곡선의 기울기에 영향을 주는 S/W(S: jet to plate distance, W: jet diameter)와 T/W(T: throat length)를 동일하게 임팩터를 설계하였다.

실험실에서 단분산 입자를 발생시켜 설계된 두 가지 형상의 임팩터에 대한 입자채취효율을 평가하였다. VOAG(vibrating orifice aerosol generator, model 3450, TSI Inc., USA)를 사용하여 단분산 입자를 발생시켰고, 시험입자로써 액체 입자인 올레인산(oleic acid, 밀도=0.895g/cm³)을 사용하였다. 그림 2와 3은 분리입경이 2.5 μm 인 3단의 노즐 판과 기관(impaction plate)의 형상을 나타낸 것으로, 가속 노즐의 배열에 따라 기관에서 이상적인 입자의 침착 모양도 나타내었다. 가속 노즐이 가운데 배치된 그림 2의 경우 안쪽에 위치한 3개의 가속 노즐을 통과한 유동이 바깥 쪽에 위치한 9개의 가속 노즐을 통과한 유동과 만나게 되어 서로 영향을 미치게 된다. 분리입경이 1 μm 인 4단의 경우 직경이 0.93 mm인 20개의 가속 노즐이 배치되므로, 이러한 영향은 더욱 커지게 된다. 반면에, 그림 3과 같이 가속 노즐을 가장자리에 배치할 경우 가속 노즐을 통과한 각각의 유동은 모두 점대칭을 이루어 가운데 구멍으로 바로 빠져나가 노즐 상호간의 영향이 거의 없게 된다. 입자의 침착 모양을 광학현미경으로 상세하게 관찰하면, 가속 노즐이 가운데 위치한 경우 기관에서 입자의 침착 모양은 원형이 아닌 타원형임을 알 수 있다. 임팩터가 이론적으로 예측한 입자 채취특성을 나타내려면, 기관에서 입자의 침착 모양은 가속 노즐의 형상과 비슷하여야 할 것으로 생각된다.

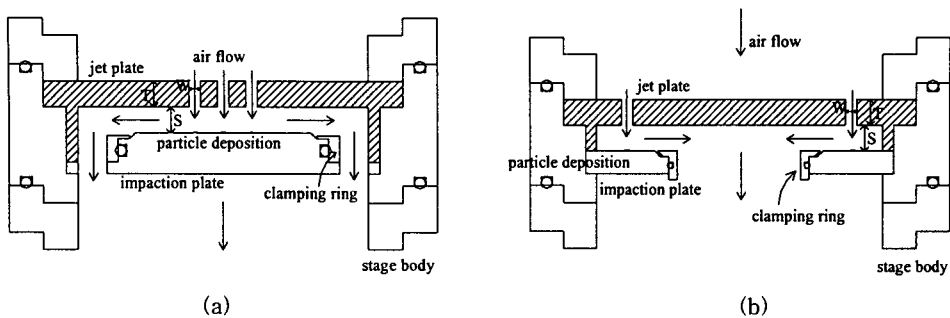


Fig. 1. Sectional view of two impactors. (a) centered jet type (b) circumferential jet type.

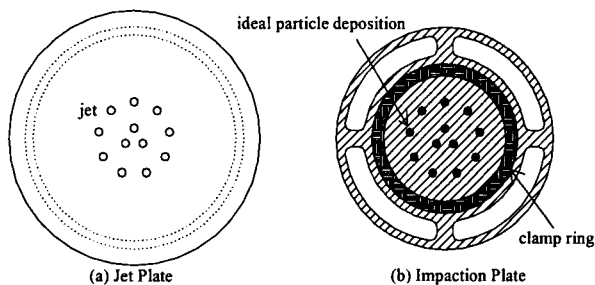


Fig. 2. Sketch of (a) jet plate and (b) impaction plate for the centered jet type impactor (number of jets = 12, jet diameter = 2mm).

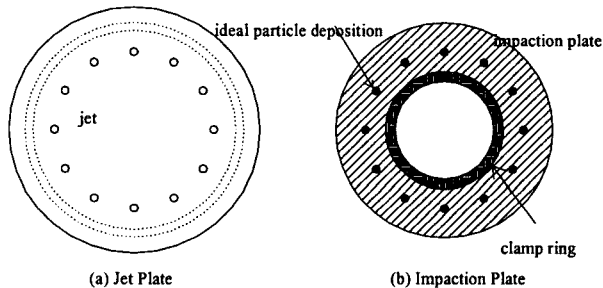


Fig. 3. Sketch of (a) jet plate and (b) impaction plate for the circumferential jet type impactor (number of jets = 12, jet diameter = 2mm).

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 산학협력연구사업(과제번호 : 1999-30900-002-2)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- Andersen, A.A. (1958) J. Bacteriol. Vol.76, 471-484
- Keskinen, J., Pietainen, K. and Lehtimaki, M. (1992) J. Aerosol Sci. Vol.23, 353-360
- May, K.R. (1945) J. Sci. Instruments (London) Vol.22, 187-195
- Mitchell, R.I. and Pilcher J.M. (1959) Ind. Eng. Chem. Vol.51, 1039-1042
- Rader, D.J. and V.A. Marple (1985) Aerosol Sci. and Technol., Vol.4, 141-156