

CT7) 멀티 노즐 가상 임팩터에 관한 연구

Study on Multi-Nozzle Virtual Impactor

김대성 · 김민철 · 이규원

광주과학기술원 환경공학과 분진공학연구실

1. 서론

가상 임팩터(virtual impactor)는 가속노즐(acceleration nozzle)아래에 충돌판(impaction plate) 대신 가상의 공간을 가진 수집관(receiving tube)이 설치되어 유선의 방향이 90°로 바뀔 때, 큰 입자는 유선에서 벗어나 수집노즐에 포집된다(Hounam and Sherwood, 1965). 가상 임팩터에는 관성 임팩터(inertial impactor)와는 다르게, 절단입경(cut-size)보다 큰 입자를 분리할 수 있는 부 유동(minor flow)과 절단입경보다 작은 입자를 분리할 수 있는 주 유동(major flow)으로 나눈다. 가상 임팩터는 그 동안 많은 연구가 이루어져 왔으나 제작 및 조작이 관성 임팩터에 비해 비교적 어렵기 때문에 단일 노즐(single nozzle)에 대한 연구가 주로 이루어졌다. 그러나 저 농도로 분포하는 오염물질에 대해서 대표적인 샘플링(sampling)을 하기 위해서는 고용량의 유량이 필요하게 된다. 단일 노즐에서 고용량의 샘플링을 하는 경우에는 임팩터내에 난류가 형성되고, 압력손실이 증가하여 입자 분리효율의 저하를 가져온다. 그러므로 가상 임팩터를 이용한 고용량 샘플링을 위해서는 멀티 노즐(multi-nozzle)의 설계 및 성능평가가 필요하다.

본 연구에서는 단일 및 멀티 노즐 가상 임팩터를 만들고 그 성능을 각각 평가해보았다. 본 연구를 위하여 하나의 단일 가상 임팩터와 2개의 멀티 노즐 가상 임팩터가 제작되어 성능평가가 이루어졌다.

2. 연구 방법

연구에 사용된 가상 임팩터는 노즐수가 1개인 것, 4개인 것, 그리고 18개인 것으로 3개가 제작되었다. 그리고 각각의 임팩터마다 두 종류의 노즐을 만들어 모두 6가지의 Model이 실험에 사용되었다. 하나는 제작의 간편성을 위하여 평면 형태로 제작한 것(Models A, C and E)이고, 다른 하나는 유선의 흐름을 고려하여 제작한 형태(Models B, D and F)이다.

‘그림 1은’ 본 실험의 공정도를 나타낸 것이다. 실험에 사용된 입자는 0.5~8.0 μm 크기의 PSL(polystyrene latex particles) 입자로 분무기를 이용하여 발생시켰으며, Aerosizer (API Inc.)를 이용하여 측정하였다.

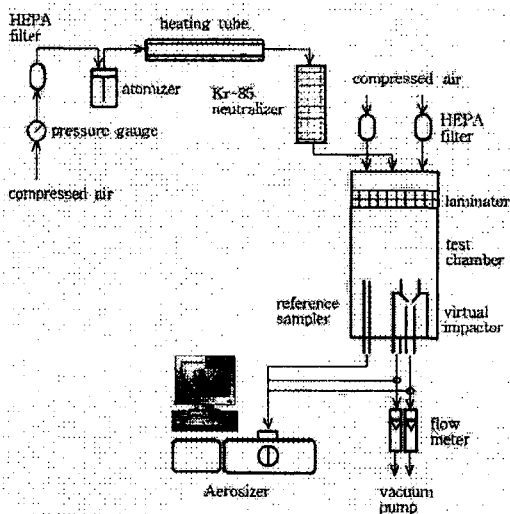


Fig. 1. Experimental set-up

3. 결과 및 고찰

‘그림 2, 3 그리고 4는’ 가상 임팩터의 분리 효율(separation efficiency)과 입자 손실(particle losses)을 나타낸 것이고, ‘그림 5는’ 실험에 사용된 6가지 Model에 대한 포집 효율(collection efficiency)을 나타낸 것이다. 제작의 간편성을 위하여 평면 형태로 제작된 노즐의 경우, 유선의 흐름을 고려하여 제작된 노즐에 비해 큰 입자 손실과 낮은 포집 효율을 보였으나, 입자 분리 효율에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 평면 형태로 제작된 노즐의 경우, 노즐 벽 주위의 난류와 back-impaction에 의한 입자 손실이 가상 임팩터의 성능을 저하시킨 것으로 생각된다.

멀티 노즐 가상 임팩터에서는 노즐 수가 증가할수록 입자 분리 효율 및 포집 효율이 감소하는 것으로

나타났다. 단일 노즐 임팩터와 4개의 노즐을 가진 임팩터를 비교해볼 때, 입자 분리 효율에서는 큰 차이를 나타내지 못했으나 입자 손실을 고려한 포집 효율의 경우에는 4개의 노즐을 가진 임팩터에서 약간 낮은 효율을 나타냈다. '그림 4에' 나타난 것처럼, 18개의 노즐을 가진 임팩터의 경우에는 앞의 두 임팩터에 비해 매우 낮은 효율을 보였다. 이것은 노즐 수가 많을 경우, 노즐들의 상호적인 간섭현상에 의해서 생겨난 유선의 불균형이나 난류의 영향으로 입자 손실이 증가하여 전체적으로 입자를 분리하고 포집하는 성능이 감소하는 것으로 생각된다.

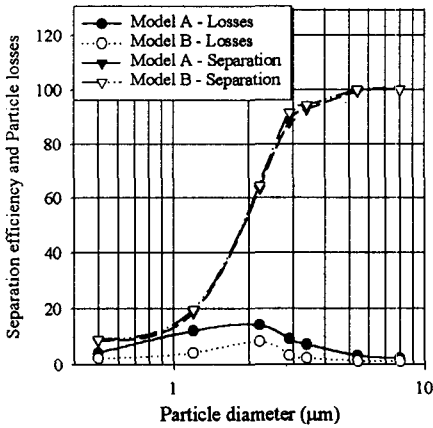


Fig. 2. Particle separation efficiency and losses for devices with 1 nozzle

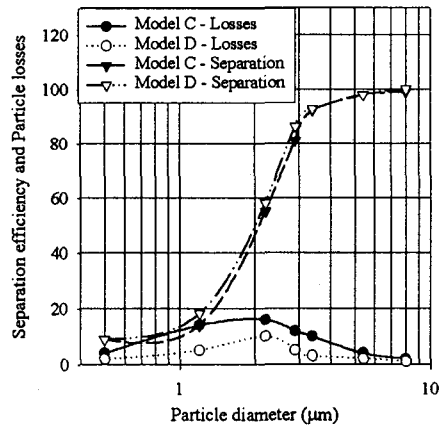


Fig. 3. Particle separation efficiency and losses for devices with 4 nozzles

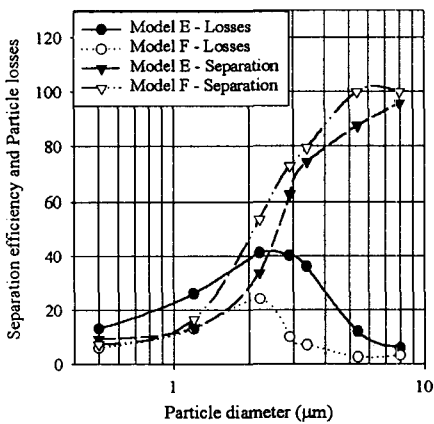


Fig. 4. Particle separation efficiency and losses for devices with 18 nozzle

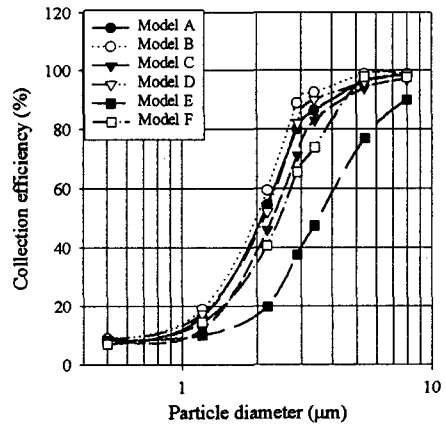


Fig. 5. Particle collection efficiency for 6 Models

참고 문헌

Hounam, R. F., and Sherwood, R. J. (1965). *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 2:122-131