

## CA1) 초음파의 주파수가 미세입자 응집의 미치는 영향

### The Effect of Frequencies on the Particle agglomeration in the Ultrasonic Field

<sup>1)</sup>이성범 · 정상현 · 김용진 · 홍원석 · 김택중

한국기계연구원 연소환경그룹, <sup>2)</sup>충남대학교 기계공학과

#### 1. 서론

대기 중으로 배출되는 분진, 자동차에서 배출되는 매연 등 대기오염의 주요원인인 미세입자의 제거를 위한 방법은 그 적용범위가 제거대상 분진의 크기 및 물리적 특성에 따라 여러 가지로 나누어진다.

분진의 이동은 각각의 부유조건 및 분진의 크기, 그리고 분진의 물리적 특성에 따라 특정한 힘의 지배에 의한다. 일반적으로 산업체에서 발생하는 대용량의 미소분진의 제어는 관성력과 중력 그리고 정전기력을 이용하는 경우가 대부분이다. 그러나 이 방법들은 1 마이크로 이하의 분진제어에는 효율적이지 못한 경우가 대부분이며, 결국 매우 작은 미립자들의 배출에 의한 대기오염 제어를 난이하게 하는 원인으로 작용한다. 이와 같이 기존의 방법으로 제어가 곤란한 미소입자의 제어방법의 필요성은 환경오염 측면에서 매우 크게 나타나며, 이 방법의 한 아이디어로써 음파에 의한 응집으로 분진의 크기를 인위적으로 증가시켜, 분진의 운동특성 변화에 의한 제어성능의 증가를 이루는 방법이다. 본 연구에서는 매연(Soot)입자, Fly Ash 입자 등을 대상으로 각 주파수가 다른 초음파에 의한 입자의 응집에 대한 실험적인 고찰을 하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 각 분진에 대한 초음파의 주파수에 따른 미세입자의 응집에 대하여 실험하였다. 그림 1은 초음파에 의한 미세입자의 응집을 실험하기 위한 실험장치의 전체 개략도를 나타내었다. 응집부는 가로 70cm, 세로 40cm, 높이 40cm의 아크릴 챔버(Chamber)를 사용하였으며, 실험 주파수에 대하여 챔버의 체적과 응집되는 시간에 대한 관계를 알아보기 위하여 챔버크기를 변화시킬 수 있게 설계하였다. 실험용 미소입자는 경유연소에 의하여 발생하는 매연(Soot)과 입자발생기(Paticle Generator)을 사용하여 일정 시간동안 발생시킨 뒤 팬(Fan)을 통하여 강제 대류시킨 Fly Ash를 대상으로 하였다. 실험에 사용된 초음파 발생장치는 각각 20, 28, 40kHz의 공진주파수를 가지는 압전소자를 이용한 초음파 발생기를 사용하였으며, 그림 2는 실험에 사용된 초음파 발진기를 나타내었다. 초음파 발진기로부터 발생하는 출력특성은 Microphone(B&K Model 3047) 및 음파분석기(B&K)를 사용하여 측정하였으며, 실험의 변수는 주어진 출력의 초음파 에너지에 대하여 주파수, 매연의 종류에 대하여 각각 초음파 발진기와 상대벽면 사이의 거리를 변수로 두었다.

매연 입자의 경우 응집부에 각각 다른 주파수를 가진 초음파를 조사한 다음에 주파수와 응집되는 시간에 대한 관계를 살펴보았으며, Fly Ash의 경우 부유된 Fly Ash를 입자계수기를 통하여 시간에 따른 각 주파수에 대한 입경별 수농도를 측정하였다.

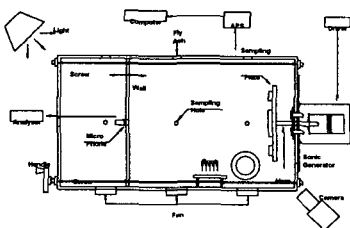


Fig. 1 초음파 응집 실험장치 개략도

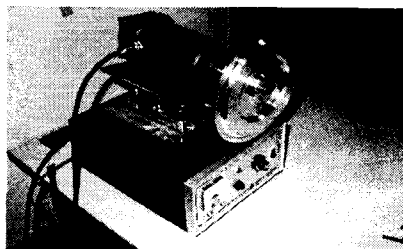


Fig. 2 초음파 발생장치

### 3. 결과 및 고찰

응집챔버에 28kHz의 초음파를 조사한 후 약 30sec동안 브라운 운동을 한 후에 매연입자들은 응집에 의하여 성장하기 시작하였다. Fig. 3에서 시간의 증가에 따른 매연입자의 응집과정을 나타내었다. 이 그림에서 보면 시간의 증가에 따라 응집된 입자의 크기는 점점 증가되고 있음을 알 수 있었다. 최초 응집 후 약 1분 후에는 관측직경이 수 mm정도까지 커진 것을 볼 수 있다. 입자의 응집과정은 초기에는 음파로 인한 매연입자 사이의 상대운동에 의한 상호충돌에 의하여 약 1mm 정도까지 원판(Disk)모양으로 성장하고, 이후 성장된 원판(Disk)모양의 매연입자는 초음파의 진행방향과 평행한 가상적인 축에 대하여 회전운동을 하며, 연속적으로 주위의 입자들과 응집됨을 볼 수 있었다. 이때 원판모양의 매연입자들은 초음파의 진행방향과 수직하게 위치하며 또한 각각의 원판모양의 매연입자들은 일정한 간격을 유지하고 각각의 공간상에 고정되어 있음을 볼 수 있었다. 원판모양의 매연입자는 회전운동과 동시에 최대 수 mm정도까지 성장한 후 증가된 질량에 의한 자체중량으로 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

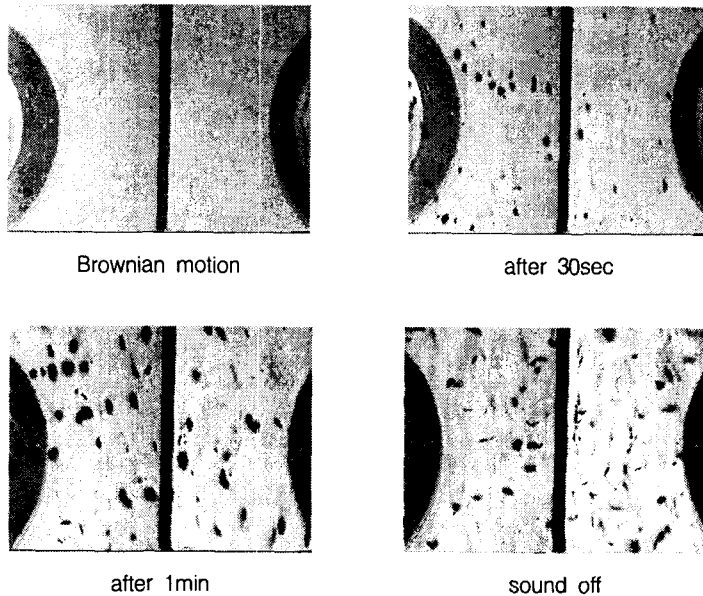


Fig. 3 시간의 증가에 따른 매연의 응집과정

주파수가 40kHz의 초음파는 챔버길이가 작을수록 초기에 응집되는 시간이 짧은 것을 알 수 있었다. 그러므로, 각 주파수에 대한 초음파의 응집은 주파수가 증가할수록 챔버길이가 증가하는 것을 볼 수 있다.

### 참고 문헌

- J. Margill "Fractal Dimension and Aerosol particle Dynamics", *J. Aerosol Sci.* (1991)Vol 22, Suppl. 1 pp S165-S168
- Hoffmann, T.L.; Koopmann, G.H. *Rev. Sci. Ins.* 1994, 65, 1527
- Gallego-Juarez, J. A.; Rodriguez-Corral, G.; San Emeterio-Prieto, J.L.; Monotoya-Vitini, F. Electroacoustic Unit for Generating High Sonic and Ultrasonic Intensities in Gases and Interfaces. U.S. Patent 5.2999.175, 1994