

유동층 연소로에서 진동형 공급기의
고체혼합 및 충전물에 대한 압력요동 특성

The Characteristics of Solid Mixing in a Vibrating Type Feeder and
Pressure Fluctuation of Packing Materials for a Fluidized Bed Combustor

김 미 영* · 김 의 식*

Mi-Young Kim · Eui-Sik Kim

(1999년 4월 28일 접수, 1999년 8월 27일 채택)

ABSTRACT

This study attempts to analyse the solid mixing in the feeder and the packing effect for pressure fluctuations in the fluidized bed.

To study the mixing characteristics of solid in vibrating feeder for the stable operations of fluidized combustion, the system consisted of two groups of particles such that fine particles were located on the top of the coarse particles before vibratory mixing had started.

The effects of packing materials on the pressure fluctuations in a fluidized bed were analysed by using a statistical method to interpret the behavior of fluidized bed. The experiments were carried out in a fluidized bed of 6.7cm-ID, and the experimental variables were particle sizes, of 115 to 1,015 μm in diameter and the multi-sized particles having Rosin-Rammler and Gaussian distributions. The settled bed heights of particles to diameter ratios (L/D) were ranged from 0.5 to 2.0. And fluidizing of particles was carried out by air. The packing materials used were screen packing, and the properties of the pressure fluctuations in the fluidized bed were measured by a differential pressure transducer. The properties of the pressure fluctuations calculated were the mean, the standard deviation, and the major frequency of the power spectral density functions.

* 충북대학교 화학공학과

From the characteristics of fluidizing, it was found that the standard deviation of pressure fluctuations could be effectively used to explain the fluidized phenomena, and the packing materials affected severely the properties of the pressure fluctuations.

As a result, from the interpretation by spectral analysis, the effects of measuring radius of pressure fluctuations on standard deviation were constant in the case of the fluidized bed with and without packing materials. However, the effects of measuring the height of pressure fluctuations on standard deviations were linear increasing for the fluidized bed with packing materials, but were constant for the fluidized bed without packing materials at 4.5cm above the gas distributor. The major frequency of pressure fluctuations was found to be nearly independent of fluidized system. Also, the major frequency of pressure fluctuations decreased with increasing packing size, and it had maximum value at 10% of the packing amount.

1. 서 론

유동화란 작은 고체 입자가 기체 또는 액체와 같은 유체의 접촉에 의해 유체와 유사한 상태로 전환된 현상을 말한다. 분산판이 설치된 원통에 고체 입자를 주입하고, 분산판을 통해 액체나 기체를 흘리면 고체 입자는 유체와 유사한 거동을 나타내게 된다. 이와 같이 유동화가 일어나는 층을 유동층이라 한다.

유동층의 공업적 이용은 1922년 독일의 Fritz Winkler가 분말 석탄의 가스화에 적용하여 상업적으로 성공시킨 이래, 1940년경에는 미국의 화학 기술자들이 석유 공업에 응용하기 위한 노력을 계속하였다. Lewis와 Gilliland는 MIT공대의 기초 연구 결과를 바탕으로 유동층 및 분체 이송 라인에 관한 pneumatic circuit 실험을 성공시켜 이를 촉매 분해공정에 적용할 수 있음을 제안하였다. 1942년 미국 Esso 기술자들은 Lewis와 Gilliland의 연구 결과를 적용하여 유동층 촉매 분해(fluid catalytic cracking) 공정을 개발하였고, Standard Oil사가 이 공정을 이용하여 가솔린 생산을 시작하였다. 유동층 촉매 분해(FCC) 공정은 그 후로 지속적인 개량을 통해 1일 10만 배럴의 용량으로 가솔린을 생산하는 대규모 공정으로 발전하였다. 또한 유동층은 층내의 온도가 균일하다는 장점 때문에, 플라스틱 폐기물의 열분해에도 이용되고 있다. 이 경우 페플라스틱의 크기는 5~20mm 정도로 파쇄시킨 것이며, 유동화 매체로는 입경 0.3mm 정도의 모래를 사용한다. 유동화 기체로는 예열한

기체나 플라스틱의 일부를 연소시켜 발생한 공기를 이용하고 있다. 플라스틱 폐기물의 열분해에 유동층을 이용하기 위해서는 대규모가 아니면 채산성이 없고, 이물질의 혼입 허용 범위가 좁다는 등 다소의 단점이 발견되고 있다. 유동층을 이용한 소각로는 유동화 매체의 열용량이 크므로, 액상·다습·고형 물질 등 소각대상 물질의 범위가 넓고, 소각로 내에서 입자의 혼합이 빨라 등은 조건에 쉽게 도달하므로, 반응이 빠르고 소각 시간이 짧으며, 공기와 연소 물질간의 접촉 면적이 넓어 연소 효율이 높으며, 냄새 성분이나 미연소분의 배출이 거의 없고, 고체 입자가 액체와 유사한 흐름을 지니고 있어 연속 조업이 가능하고, 또한 자동으로 제어할 수 있고 scale-up이 쉬우며 대규모의 조업에 적합할 뿐더러 유동화 매체에 일부 석회나 기타 반응물질을 섞어 사용함으로써 소각로내의 산성가스를 제거할 수도 있으며 기계적 구동부가 적어 고장률이 낮고, 유동화 매체의 축열량이 크고 냉각속도가 느려, 단기간 정지한 후 가동시에 보조 연료 사용없이 정상 가동할 수 있는 특징이 있다.

국내에서 폐기물 처리를 위해 유동층이 이용되고 있는 사례는 아직 많지 않으며 유분 함유 슬러지, 합성 수지 및 고분자 화합물의 소각을 위해 40ton/day의 규모의 유동층 소각로를 1988년 국내 최초로 준공하였다. 현재 국내에서는 제조 슬러지 소각용 유동층이 사용되고 있으며 가장 큰 규모는 450ton/day이다.

이후 유동층은 열교환, 건조, 흡착 등의 물리

적 조작과 고분자 및 화학 물질의 합성, 탄화수소의 접촉분해, 연소 및 소각, 가스화, 배소 및 하소, 고체 입자 생성 반응, 미생물 배양 등 여러 분야에 널리 이용되고 있지만 석탄 및 폐기물의 유동층 연소로 공정에 아직도 많은 문제점이 있는 것으로 지적되며 고체 공급기에 대한 연구가 아직도 미흡한 실정이다. 비록 유동층 연소로가 내부에서 입자들의 확산, 거동, 연소 등의 측면에서 많은 장점들이 있다고 보고되어지고 있지만, 유동층 연소로 자체의 자연적인 제한점이 없는 것은 아니다. 유동층 연소로 내부에서의 좋은 연소 효율과 열의 균일한 분산 및 분포 등을 위해서는 연소로에 공급되는 석탄 입자들을 될 수 있는 한 균일하게 연소로 내부에 분포되도록 하여야 한다¹⁾. 현재 사용되어지고 있는 유동층 연소로의 석탄입자 공급 방법은 하강 주입관을 사용한 공급법, 공기를 사용한 운송식 공급, 살포식 화격자를 사용하는 방법 등이 있다. 그러나 유동층 연소로의 국부적 과열점의 발생, 제한된 입자 크기, 공급 입자의 불균일 등 각각의 다른 장·단점이 있다^{2~4)}. 폐기물 소각 공정, 저 품위 무연탄 연소공정 및 촉매를 이용한 가솔린 공정에서는 효과적인 물질 전달 및 열 전달과 조업의 유연성 때문에 유동층 기술이 많이 이용되고 있으나, 이와 같은 공정은 대부분 고온 상태에서 진행되고, 반응이 일어나는 동안 유동층 내부를 관찰하기 어렵기 때문에 유동층 내부의 유동상태를 해석하는 것이 매우 어려운 문제이며, 실제 폐기물 소각 공정, 무연탄 연소 공정 및 메탄올 전환에서의 유동매체의 크기 및 분포를 갖는 계의 유동화 현상을 증대시킬 수 있는 방법에 대한 유동층 연구 결과는 거의 보고된 바 없고 유동층의 유동도를 증가시킬 수 있는 방법에 대한 연구 또한 희박한 실정이다^{5~10)}.

따라서 본 연구에서는 유동층의 유동도를 개선하기 위한 방법으로 유동층에 충전물을 선정하여 넣고, 이 경우 유동특성을 유동층의 압력 요동 신호의 통계치를 이용하여 분석하였으며^{11~13)}, 충전물이 없는 유동층에서 얻는 결과와 비교 분석하여 유동화 현상을 해석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

실험 장치는 Fig. 1과 같다. 유동화 공기는 3마력 짜리 공기 압축기를 사용하였으며, 공기의 압력을 일정하게 조절하여 주는 정압계는 범위가 0~10 kg/cm²이다. 유동화 공기의 흐름 유속을 측정 할 수 있는 유량계 hot wire anemometer와 flow meter kit를 이용하여 조절한 오리피스 메타를 사용하였고, 유동화 가스에 습기를 제공하는 증습기는 내경이 10cm이고 높이가 90cm인 아크릴관에 1.5cm×1cm 원통형 stainless steel 망을 충전시키고 물을 넣어 유동화 기체가 통과시 기포를 발생하며 증습될 수 있도록 하였으며 습도가 일정한 값으로 유지되도록 제어기를 설치하지는 않았다. 유동 상태를 양호하게 유지시켜 주는 기체 분산관은 유동층내의 고체 입자들의 유동현상을 관찰하여 유동현상이 양호한 sintered glass filter를 사용하였으며, 유동층 본체는 내경 6.7cm 높이 140cm인 아크릴관으로 제작하였다. 유동층 압력특성치를 높이에 따라 측정할 수 있도록 차압신호 변환기(differential pressure transducer, Validyne engineering corp. model P305D)의 위치를 변경할 수 있게 외경 1cm 길이 3cm인 아크릴 관을 유동층 분산관위로 1.5cm 간격으로 10군데 설치하였다. 집진기는 유출되는 입자가 거의 다 회수될 수 있도록 아크릴 관으로 제작하여 사용하였다. 한편 차압신호 변환기 사용에 연결된 tap은 내경이 4mm이고 외경이 6mm인 동관을 이용하였고 tap 끝 부분은 고체 입자가 들어가지 못하도록 200mesh stainless steel망을 순간 접착제로 부착시켰다. DC power 공급기[Sorensen DGR 20-25B]를 사용하였으며 15 볼트를 공급하여 여기 시켰다. 차압 전달기에서 나오는 신호를 A/D 변환기를 사용하여 개인용 컴퓨터에서 데이터를 처리하였다.

2.2 실험방법

실험 방법은 유동층에 충전물을 넣고 실험하고자 하는 고체 입자를 넣은 다음 공기 압축기를

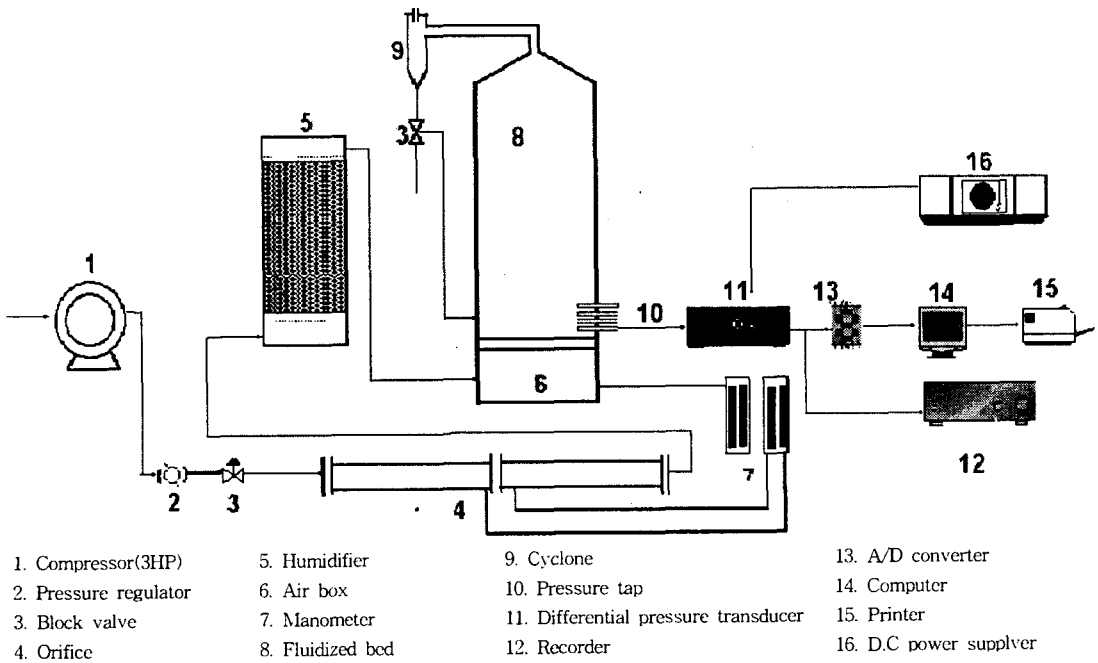


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus for fluidized bed.

이용하여 나오는 압축 공기를 정압기로 일정하게 유지시키며, Table 1의 조건으로 유량계를 사용하여 유량을 조절한 다음 증습기를 통하여 증습된 공기를 유동층으로 공급하여 유동층내의 고체 입자를 유동화 시킨다. 고체 입자가 분포를 갖고 유출이 있는 경우는 집진기를 사용하여 나오는 입자를 유동층으로 순환시키며 실험을 수행하였다. 실험 조건 각각의 경우 유동층내의 압력 변화를 측정하기 위해 차압 전달기를 실험하고자 하는 위치에 고정시키고 DC power 공급기를 이용하여 차압 전달기를 여기 시켰다. 차압 전달기에서 나오는 데이터를 개인용 컴퓨터를 사용하여 읽어 들였으며 IMSL 통계처리 프로그램과 FFT(Fast Fourier Transform) 프로그램을 이용하여 압력 신호를 해석하였다. 실험에 사용한 시료는 진밀도가 2.67 g/cm³인 시멘트 물탈 압축 강도 시험용인 주문진 표준사이다. 무연탄 분쇄시 일반적으로 나타나는 Rosin-Rammler 분포계와 촉매 제조시 나타나는 Gaussian 분포계는 U.S. standard 16mesh부터 140 mesh까지의 체위에 표준사를 놓고 진동기를 이

용하여 25분간 체를 진동시킨 후 분류한 균일 입자들을 혼합하여 만들었다.

혼합된 시료가 Rosin-Rammler 분포계인 경우 입자의 평균크기 $d=0.61$ mm으로 일정하게 고정하고 분포의 표준 편차는 $\sigma=0.36$ 이 되도록 하였으며, Gaussian 분포계는 입자의 평균크기 $d=0.57$ mm으로 일정하게 놓고 표준 편차는 $\sigma=0.4$ 으로 하여 만들었으며, 체에서 구분한 충전물의 크기는 4~8 mesh이다.

Table 1 Experimental conditions for the fluidized bed

Experimental variable	Experimental range
Fluidizing velocity (U/U_{mf})	1 2.0 2.5 3.0 3.5
Aspect ratio (L/D)	0.5 1.0 1.5 2.5
Radial tap position (r/R)	0 0.3 0.5 0.8
Axial tap position	1.5 3.0 4.5 6
Packing size (mm)	1.1 1.4 1.7 2.1 2.5
Packing amount (%)	5 10 15 20 30 45 65
Particle distribution	Uniform, Gaussian, Rosin-Rammler

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 충전 유동층으로부터 얻은 압력 요동 데이터를 압력 요동의 표준편차와 power spectrum을 구하여 충전물이 없는 유동층과 비교하여 유동 특성을 해석하였다.

3.1 실험 결과 해석 방법

유동층내에서 일어나는 압력 요동에 대한 자료는 확률과 통계적 방법에 의해 해석할 수 있는 random data이며, 유동현상이 random process의 결과로 나타나므로 유동화 현상이 정상 상태에 도달하면 ergodic random process로 해석할 수 있고, 이 계의 평균값은 다음 식과 같이 계산할 수 있다¹⁴⁾.

$$P_m = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \dots\dots\dots (1)$$

P_m: 유동층 평균 압력

T: 관측 시간

P(t): 시간 t에서 측정 압력

식(1)에서 구한 유동층의 평균 압력을 이용하여 유동층내의 압력 요동의 표준 편차를 구하면 다음 식과 같다.

$$P_{sd} = \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \{P(t) - P_m\}^2 dt \right]^{1/2} \dots (2)$$

임의 시간 압력요동 값이 다른 어느 시간의 압력 요동 값의 의존도를 나타내는 auto-correlation 함수를 구하여 시간 영역 함수를 빈도수 영역으로 변환시켜 power spectral density 함수를 계산하면 다음 식과 같다.

$$G_x(f) = 2 \int_0^{\infty} R_{x(\tau)} \exp(-i 2\pi f \tau) d\tau \dots (3)$$

R_{x(τ)}: auto-correlation function

식(3)을 이용하여 유동층에서 발생하는 기포에 의한 주진동수와 생성 진동수를 구하였다.

유동층내의 압력 요동은 유동현상에 의해 영향을 받으며, 특히 기포의 거동 특성에 의하여 결정된다고 생각할 수 있다. 압력 요동의 power spectrum은 압력 요동의 크기와 진동수에 따른 에너지 분포를 나타내는 것으로, power spectrum이 어떤 진동수에서 고유값을 갖는다는 것

은 유동층내의 압력 요동에 주기적인 요소가 존재한다는 것을 보여준다. 즉 측정 범위에서 기포의 생성과 거동이 규칙적으로 일어난다는 것을 시사해 주고 있다. 따라서 압력 요동의 power spectrum의 분석 결과는 유동층내의 기포 거동에 중요한 자료를 제공할 수 있으며 power spectrum 에서 최대 값을 갖는 진동수는 주진동수라 하고 작은 값을 갖는 진동수는 생성 진동수라 할 수 있다.

3.2 압력 요동의 표준 편차 특성

Fig. 2에서는 균일 입자계, Gaussian 분포와 Rosin-Rammler 분포를 갖는 계에 유동층내의 압력 요동 표준편차에 대한 압력 측정 tap의 반경 방향 위치에 대한 영향을 충전물이 있는 경우와 없는 경우를 대비하여 보여 주고 있다. Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 고체 입자의 분포 특성에 관계없이 압력 tap의 위치가 유동층 기벽에서나 유동층 중심부에서 압력 요동 특성의 경향성은 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. Moris등에 따르면 유동층내의 반경 방향 기포 분포는 유동층 기벽과 중간 사이에서 최고 값을 갖고 유동층 중심을 대칭으로 하여 좌우가 같은 값을 갖는다고 보고하였다¹⁵⁾. 이는 유동층내에서 반경 방향에 따라 기포의 거동이 다르며 이로 인해 압력의 변화가 있을 것임을 예시한다. 그러나 본 연구에서는 이와 같은 결과가 일치하지 않았다. 이와 같은 이유는 본 연구에서 사용한 유동층의 직경이 6.7cm로 작고, 측정 압력이 기포의 주변압력이 아니라 기포의 발생에 의해 생성된 유동층내의 총압력 요동을 나타내기 때문으로 사료된다. 그러나 충전물이 있는 경우와 충전물이 없는 경우에는 고체 입자의 분포에 관계없이 확연히 다른 결과가 나타났다. 즉, 충전물이 있는 경우가 충전물이 없는 경우보다 고체 입자의 분포에 관계없이 모두 압력 요동의 표준편차 값이 작다. 이와 같은 현상은 충전물에 의한 고체 입자의 유동도가 감소하고, 충전물이 기포생성시 영향을 주기 때문인 것으로 생각된다.

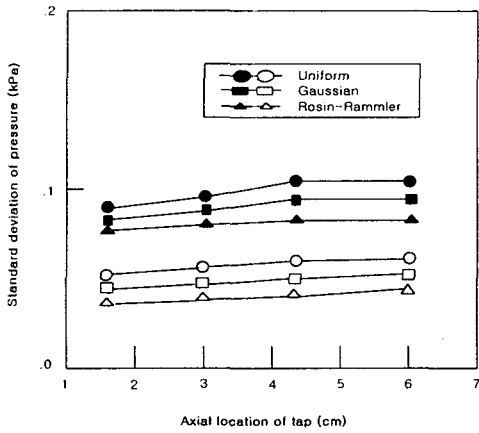


Fig. 2 Standard deviations of pressure fluctuation at specific radial positions in the fluidized bed with and without packing materials. (black: without, white: with)

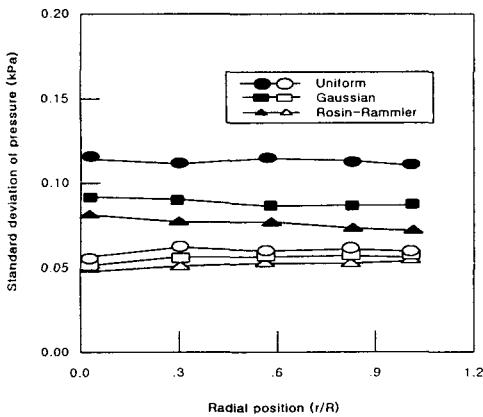


Fig. 3 Standard deviations of pressure fluctuation at specific vertical positions in the fluidized bed with and without packing materials. (black: without, white: with)

Fig. 3에서는 균일 입자계, Gaussian 분포와 Rosin-Rammler 분포를 갖는 계의 유동층내의 압력 요동의 표준 편차에 대한 압력 측정 tap의 축방향 위치에 대한 영향을 충전물이 있는 경우와 없는 경우를 대비하여 보여 주고 있다. Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이 충전물이 없는 경우에는 압력 요동의 표준편차가 압력 tap의 위치가 기체 분산판에서 높아질수록 고체 입자의

특성에 관계없이 증가하다가 어느 정도 이상(약 4.5cm)에서는 그 변화가 적어진다. 그러나 충전물이 있는 경우에는 압력 요동의 표준편차가 완만하게 증가한다.

이와 같은 경향은 충전물이 없는 경우, 본 연구에서 사용한 실험 장치에서는 4.5cm 이상에서는 기포의 합체와 분출로 인한 압력 요동이 거의 같음을 예시하고 있으며, 충전물이 있는 경우에는 기포의 생성과 합체에 영향을 주기 때문인 것으로 사료된다. 유동층내에서 기포의 거동에 의한 압력 요동은 기포의 생성과 소멸에 의해 영향을 받으며, 이때 기포의 생성은 기체 분산판에서 유동화 기체와 유동화 매체간의 밀도차 등에 의해 고체의 진동으로 공극이 생기고, 이것이 성장하여 발생한다. 유동화 기체 분산판 근처에서의 압력 요동 특성은 초기 기포의 생성에 의해 영향을 받을 것으로 생각되며, 유동화 고체 입자의 밀도가 일정한 한 종류라면 유동화 고체 입자의 크기 및 분포 등에 영향을 받는다. 또한 생성된 기포는 합체와 붕괴를 거듭하며 유동층 상부로 움직이는데 이 때 기포의 거동에 의해 발생한 에너지는 확산 전달에 의해 유동층 압력 요동 크기에 영향을 주며, 발산 에너지는 유동층의 농후상을 통해 전달되는 속도가 크므로 유동화 상태가 양호하다면, 압력 요동 또한 적을 것으로 생각할 수 있다. 따라서 Fig. 3의 결과 충전물이 있는 경우가 충전물이 없는 경우보다 양호하며, 균일 입자보다 분포를 갖고 있는 계가 유동화 상태가 양호하다고 할 수 있다. Fig. 4는 균일입자계의 유동층내의 압력 요동의 표준 편차에 대한 충전물 크기의 영향을 보여주고 있다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 충전물의 크기가 감소할수록 압력 요동의 표준편차는 감소한다. 이와 같은 현상은 충전물의 opening 면적이 클수록 생성 기포의 크기가 감소하고, 고체 입자의 거동에 영향을 주기 때문이다. 그러나 8 mesh screen을 넣었을 경우가 충전물이 없는 경우보다 현저히 압력 요동의 표준편차가 감소하였으나 충전물의 크기가 변하여도 그 값에 비례하여 감소하지는 않았다. 한편 유속이 증가할수록 충전물이 있는 경우와 충전물이 없는 경우의 차이는 훨씬 크게 나타났다. 이는 유동층에

충전물을 넣을 경우 유속이 증가하여도 유동화 상태가 양호한 상태를 유지시켜 줌을 의미한다고 볼 수 있다.

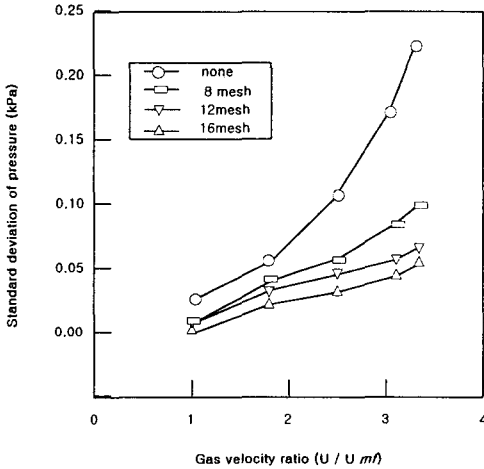


Fig. 4 Effect of packing size on the standard deviation of pressure fluctuation in the fluidized bed.

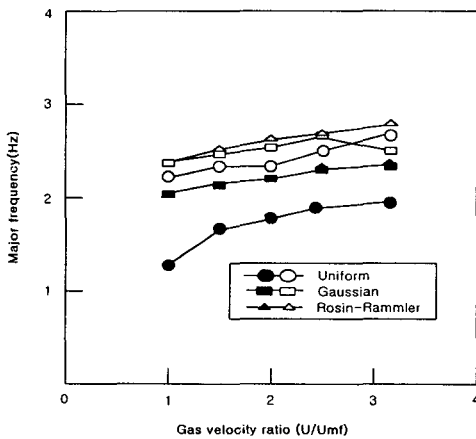


Fig. 5 Effect of gas velocity on major frequency with and without packing materials. (black: without, white: with)

3.3 압력 요동의 주진동수

Fig. 5에서는 균일 입자계, Gaussian 분포와 Rosin-Rammler 분포를 갖는 계의 충전물이 있는 경우와 없는 경우 유동층내의 압력 요동의

power spectrum 분포를 빈도수 영역에서 구한 주진동수의 변화를 유동화 속도에 따라 보여주고 있다. Fig. 5에서 알 수 있는 바와 같이 균일 입자계, Gaussian 분포와 Rosin-Rammler 분포를 갖는 계 모두 충전물이 없는 경우 보다 충전물이 있는 경우가 주진동수가 유동화 가스의 유속이 증가할수록 증가율이 낮게 나타났다. 그러나 균일 입자의 경우가 Gaussian 분포와 Rosin-Rammler 분포를 갖는 계보다 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. Harrison 등의 보고에 의하면 기포의 최대 크기는 기포의 와류에 포함되어 있는 고체 입자의 종말 속도와 기포의 상승 속도가 같을 경우라고 하였다. 이는 균일 입자의 경우보다 그에 상응하는 평균 입자 크기를 갖고 고체 입자 크기가 넓은 분포를 갖는 계가 기포의 최대 크기가 작을 것이라는 것을 제시해 준다. 따라서 Fig. 5의 결과는 입자의 분포를 갖고 있는 계의 기포 크기가 작아 균일계에서 생성된 큰 기포 보다 안정성이 있기 때문에 충전물에 의한 영향을 적게 받은 것으로 사료된다. 유동층내에서 기포 거동에 의한 압력 요동으로 나타나는 주진동수는 유동화의 기포 크기와 관련이 있으며 유동화의 기체 유속이 증가하면 기포의 크기도 증가하며 그 기포의 거동으로 인해 생기는 유동층내의 압력 요동이 크고 주진동수는 감소할 것으로 해석할 수 있다. Fig. 6에서는 균일 입자계, Gaussian 분포와 Rosin-Rammler 분포를 갖는 계의 유동층내의 압력 요동의 power spectrum 분포를 빈도수 영역에서 구한 주진동수의 변화를 충전물 크기의 영향을 보여주고 있다. Fig. 6에서 나타나 있는 바와 같이 고체 입자 분포 특성에 관계없이 충전물 의 크기가 증가할수록 주진동수는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 충전물의 크기에 따라 기포의 크기도 영향을 받는 것으로 해석된다.

Fig. 7에서는 충전물의 양에 대한 영향을 보여주고 있다. 충전물의 양이 10% 부근에서 주진동수가 최대값을 나타내고 있다. 따라서 유동층에 충전물을 충전하고 조업을 할 경우에는 이 범위에서 조업을 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 다른 연구자들이 충전물이 있는 경우 고체 혼합의 축방향 연구 결

과와 유사한 것이다¹⁶⁾.

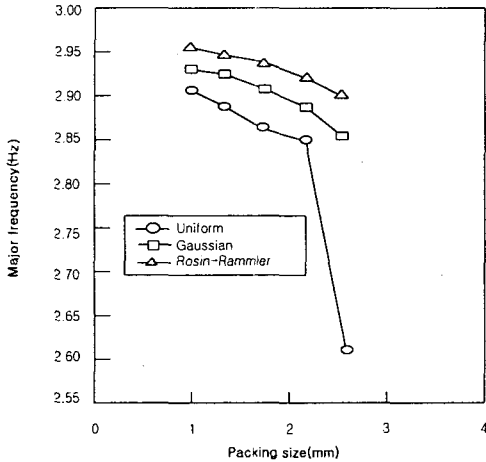


Fig. 6 Effect of packing size on major frequency

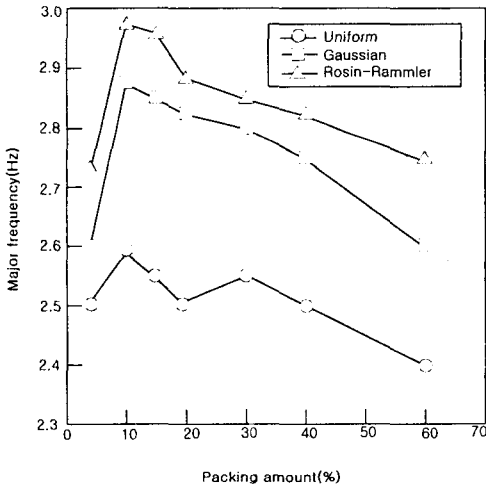


Fig. 7 Effect of packing amount on major frequency

4. 결 론

본 연구에서는 유동층 조업시 필수적으로 측정하여야만 하는 압력 요동을 이용하여, 이 결과를 통계 처리하여 균일 입자계와 더불어 저품위 무연탄 연소를 위해 무연탄 분쇄시 일반적으로 나타나는 분포인 Rosin-Rammler 분포계와 메탄올 전환 반응 촉매의 합성시 나타나는

분포인 Gaussian 분포계를 선정하여 유동층내부에 충전물을 충전시킨 경우와 충전물이 없는 경우를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압력 요동의 표준 편차는 고체 입자의 분포 특성에 관계없이 압력 측정 tap의 반경 방향에 거의 영향을 받지 않았으며, 압력측정 tap의 측방향에서는 충전물이 없는 경우에는 약 4.5cm 이상에서는 거의 일정해지는 경향이 있으나, 충전물이 있는 경우에는 완만한 증가를 나타냈고, 충전물이 있는 경우 유동화가 40~45% 양호한 것으로 나타났다.
- 2) 유동 매체의 양이 증가하면 고체 입자 분포 특성에 관계없이 주진동수는 감소하는 경향을 나타내지만, 충전물이 있는 경우가 충전물이 없는 경우보다 주진동수가 유동화 매체의 양이 증가함에 따라 적게 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 3) 충전물의 크기가 증가할수록 주진동수는 감소하는 경향을 나타냈으며, 충전물의 양이 10% 부근에서 주진동수가 최대값을 가지며 유동층에 충전물을 충전하고 조업을 할 경우에는 이 범위에서 조업을 하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 김미영, "유동층 연소로 안전조업을 위한 진동 공급기내의 고체입자 혼합특성에 관한 연구", 한국산업안전학회 논문집, Vol. 13, No. 4, pp. 112~118, September, 1998.
- 2) G.L. Messing and Georger, J. Am. Ceram. Soci., 61, 12, 1978.
- 3) 전해수 등, 폐기물 유동층 소각, 동화기술 1993.
- 4) B.R. Jo and K.Y. Kim, The minimum fluidized velocity in fluidizing combustion bed of uniform particle size distribution system, Korean J. sanitation, 11, 1996.
- 5) E. Ekin et al., Powder Tech., 61, 185, 1990.
- 6) D. Liederman et al., In. Eng. Chem., Pro. Des. Dev., 17, 340, 1978.

- 7) Straja, Chem. Eng. Sci., 44, 49, 1989.
 - 8) N. Sadasivan et al., Powder Tech., 26, 67, 1980.
 - 9) S.C. Park etc., J. of Korean Ind. & Eng. Chem., 6, 1995.
 - 10) B.R. Jo and K.Y. Kim, Korean J. Sanitation, 11, 1996.
 - 11) T.E. Broadhurst and H.A. Becker, Fluidization Technology, J.F. Davidson, Cambridge Univ. Press, London, 1976.
 - 12) L.T. Fan and T.C. Ho, AIChE J., 27, 388, 1981.
 - 13) P.A. Taylor, M.M. Lorenz and M.R. Sweet, Proceedings of International Congress on Fluidization and Its Applications, Toulouse, France, 1973.
 - 14) 조병열, 기체-고체 유동층의 압력요동특성, 고려대학교, Phd. Thesis, 1986.
 - 15) S. Moris, AIChE. Symp. Ser., 80, 11, 1984.
 - 16) J.P. Sutherland, AIChE., J., 9, 1963.
-