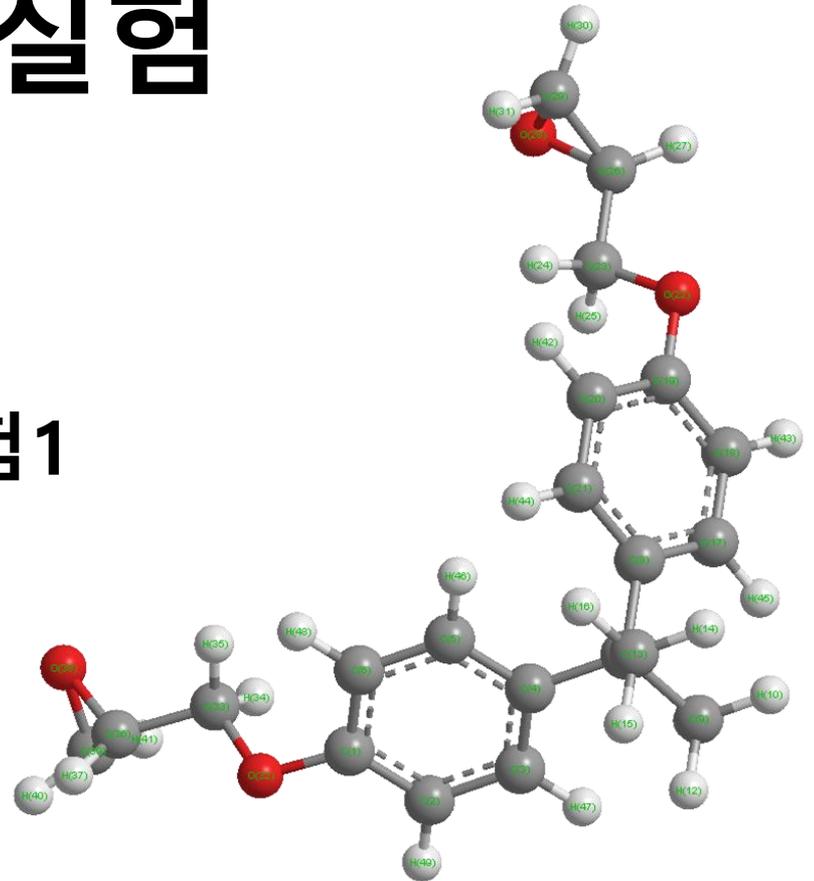




유동화 실험

화공실험1





➤ 실험 목표

고정층 및 유동층 실험을 통한 유동화 이해

- 유속에 따른 층높이와 수두차 구하기
- 유속에 대한 수두차와 층높이의 그래프 확인
- 압력강하 계산

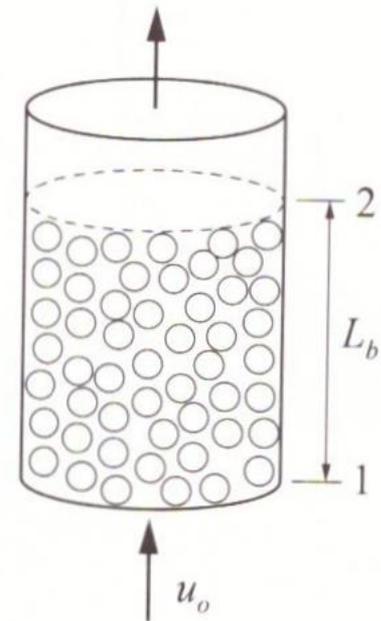
➤ 유동화

고체입자가 흐르는 유체속에 완전히 떠있어 유체 자체가 고체입자를 함유하는 진한 유체가 되고, 고체 입자가 뜨며 액체와 비슷한 거동을 보이는 상태

- 건조, 코팅, 열전달 및 화학반응 등의 여러 조작에서 수행됨.

➤ 유동층

고체 입자를 충전한 탑의 하부에서 상부로 액체 또는 가스를 통과시켜 이들 유체의 속도를 일정범위 내로 유지하면 고체 입자가 유동화되어 고체와 유체가 혼재되어 있는 층





➤ 유동화

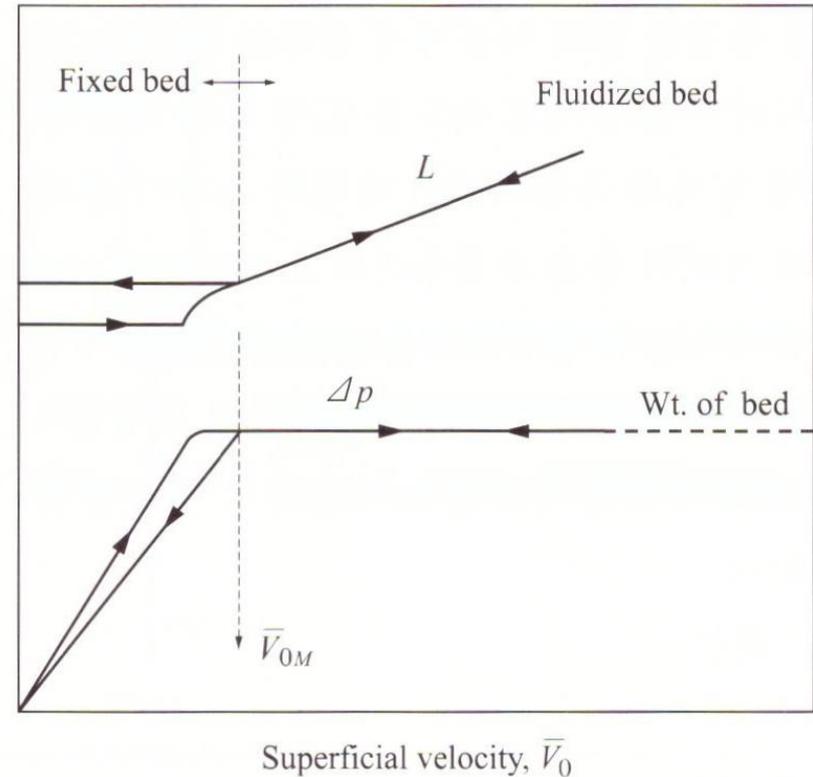
- 유체가 충전탑 안의 과립의 고체층(입자층)을 통과하여 위로 흐르면, 그 층은 유체 속도(유속)에 따라서 다른 거동을 나타냄.
 - ① 유체의 속도가 느리면, 입자들 사이에 어떤 상대적인 움직임도 일어나지 않음.
 - 이 때의 입자들을 고정층(Fixed bed)처럼 움직인다고 함.
 - ② 유체 속도가 계속 증가하면, 각각의 입자들은 분리되고 유체 중에서 움직임.
 - 고체 입자가 유동화됨.
 - 고체와 유체가 혼재되어 유동층

➤ 고정층

- 고체입자층에서의 압력강하는 유속에 비례
- 유체의 속도를 증가시키면 고체입자는 움직이지 않아 입자층의 높이는 변하지 않으나, 압력강하는 조금 더 증가함.

➤ 유동층

- 유동층 사이의 압력강하는 일정하나 유동층의 높이는 유속의 증가에 따라 증가
- 유속을 감소시키면 유동층에서의 압력강하는 일정하나 유동층의 높이는 감소



고체층에서 공탑속도 vs 층 높이 및 압력강하

➤ 압력강하

◆ 고정층(Fixed bed)의 압력강하

- 유체의 속도를 증가시켜도 입자층의 높이는 변하지 않고, 압력강하만 증가
- 고정층에서의 압력강하는 입자의 레이놀즈수($N_{Re,p}$)에 따라서 계산

$$N_{Re,p} = \frac{D_p u \rho}{\mu(1-\epsilon)}$$

$N_{Re,p} < 10$ 일 때, (Carman-Kozeny 방정식)

$$\Delta P = \frac{150uL\mu}{(D_p\Phi)^2} \times \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3}$$

$10 < N_{Re,p} < 1,000$ 일 때, (Ergun 방정식)

$$\Delta P = \frac{150uL\mu}{(D_p\Phi)^2} \times \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} + \frac{1.75u^2L\rho}{D_p\Phi} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3}$$

$N_{Re,p} > 1,000$ 일 때, (Burke-Plummer 방정식)

$$\Delta P = \frac{1.75u^2L\rho}{D_p\Phi} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3}$$

ρ_p : 입자의 밀도

μ : 유체의 점도 (g/cm·s)

ρ : 유체의 밀도 (g/cm³)

L : 충전층의 높이

u : 유체 속도(유속)

ϵ : 공극률

ϕ : 구형도(구일 경우 $\phi = 1$)

D_p : 입자의 직경

ΔP : 압력강하

➤ 압력강하

◆ 유동층(Fluidized bed)의 압력강하

- 유동층 사이의 압력강하는 일정, 유동층의 높이는 유속의 증가에 따라서 증가
- 유속이 감소되면 유동층에서의 압력강하는 일정, 유동층의 높이는 감소

$$\Delta P = L^*(\rho_p - \rho)(1-\varepsilon)*g$$

ρ_p : 입자의 밀도

ρ : 유체의 밀도 (g/cm³)

L : 초기 유동화일 때 충전층의 높이

ε : 공극률

g : 중력가속도

ΔP : 압력강하



실험 방법

1	건조되어 있는 glass beads의 질량, 부피, 수온, 사용한 물의 부피를 측정하여 공극률, 밀도를 계산한다.
2	Glass beads를 모두 column에 채운 후 glass bead의 처음 높이를 확인한다.
3	일정량의 물을 column에 가득 채운다.
4	Manometer의 차압 확인 a. 공기주입 밸브는 잠그고 vent 밸브를 열어 monometer 내의 공기를 모두 없애준 후 vent 밸브를 다시 잠근다. b. 공기주입 밸브를 열고 Air 스포이드로 공기를 넣어주면 수두차가 생긴다.
5	유속을 변화시켜가며 유동화되는 상태, 수두차, 유동층 높이, 유량 등을 기록한다.
6	유속과 압력강하를 계산하고 유속과 수두차, 유동층 높이를 그래프화 한다.



실험 결과 정리

1. 유리 구슬 입자의 밀도와 공극률 계산

유리 구슬의 질량(g)	
유리 구슬만 들어있는 실린더의 눈금(mL)	
물의 온도(°C)	
눈금실린더에 넣은 물의 부피(mL)	
유리 구슬의 부피(mL)	
유리 구슬의 밀도(g/mL) (g/cm^3)	
공극률	
입자의 직경(cm)	
구형도	
유체의 밀도(g/cm^3)	
유체의 점도($\text{g/cm}\cdot\text{sec}$)	
컬럼 단면적($\text{mm}\cdot\text{mm}$)	



실험 결과 정리

2. 유속 계산

기준높이 (mm)	No.	유동층 높이 (mm)	수두차 (mmH ₂ O)	부피 (ml)	시 간 (sec)	유량 (ml/sec)	유속 (cm/sec)
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						



실험 결과 정리

3. 유속에 대한 유동층 높이와 수두차 그래프

4. 고정층과 유동층에 대한 압력강하 계산