

20. 분 립 체



분립체 : 분체 및 입체의 총칭

분체 : 극히 작은 고체입자의 집합체

입체 : 입자모양의 물체

20-1 분체의 종류

20-1-1 원인에 의한 분류

- ① 자연분체 : 풍화·침식·화산활동 등에 의해서 생기는 분체(예 : 규사, 황성백토, 도토)
- ② 인공분체 : 분쇄·연소 등에 의해서 인공적으로 만들어진 분체(예 : 카본블랙 기타 각종의 안료, 유동 촉매층)
- ③ 공업진개 : 인공분체 중에서 대기중에 비산하여 유해한 것이나 손실이 되는 것(예 : 매연, 광진, 여러 가지 분진). 공업진개도 경제적으로 포집해서 이용하면 가치가 있는 분체(유가분체라고 한다)라고 함(예 : 제련소의 매연에서 귀금속의 회수, 시멘트 공장에서 매연의 회수).

20-1-2 입자지름에 의한 분류

- ① 조분 : 입자가 육안으로 분별되는 정도의 분체(40μ 이상)로 규사, 소다회, 석회석분, 미분탄 등
- ② 미분 : 보통의 현미경(광학현미경)으로 분별되는 정도의 분체($40\sim 10\mu$)로서 여러 가지 안료, 미분탄의 비회(fly ash), 분무건조에 의한 분유 등
- ③ 초미분 : 전자현미경의 대상이 되는 정도(10μ 이하)로서 카본블랙, 사진 플래시의 재 등 또, 고체 또는 액체의 미립자가 공기중에 현탁해 있는 물질계(즉, 기체 콜로이드)를 일반적으로 에어로솔(aerosol). => 분산질이 고체 또는 액체인가에 따라 구별
 - 더스트(dust) : 고체가 분쇄기 등으로 파쇄되어 생기는 것으로서 입자지름은 대략 1μ 이상이다(예 : 시멘트 더스트).
 - 스모크, 폼(smoke, fume) : 응축에 의해서 생긴 고체 미립자가 현탁되어 있는 것으로 입자지름은 약 1μ 이하(예 : 염화암모늄의 백연, 담배연기).
 - 스프레이(spray) : 소위 비말이라는 것으로 비등이나 분무 등, 입자지름은 약 10μ 이상.
 - 미스트(mist) : 응축에 의해서 생긴 액체미립자가 현탁해 있는 것으로 입자지름은 약 10μ 이하이다(예 : 발연황산, 농염산 등에서 생긴 백연).
 - 포그 : 미스트보다 진한 것

20-2 입자의 크기 및 형상

20-2-1 입자의 대표지름

【1】 정방향 지름

- 흐트러진 입자는 확률적으로 보아 각 입자의 방향과 같음
- 일정 방향의 평행선으로 입자를 맞추어 그 평행선의 폭을 입자의 대표지름

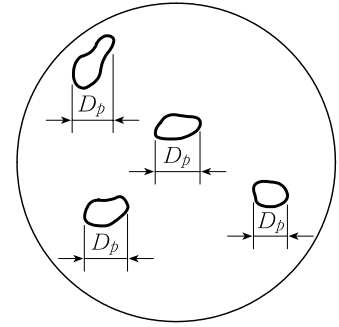


그림 20-1 헬름홀츠법

【2】 스토크스 상당 지름

스토크스의 법칙 : 미립자가 액체 내를 중력에 의해서 침강하는 정도로서 지름 결정

$$v_t = \frac{h}{t} = \frac{(\rho_p - \rho) D_p^2 g}{18\mu} \quad (20.1)$$

스토크스 상당지름 또는 스토크스 지름 : 비교적 측정이 용이 => 침강분리 등에 적합한 데이터를 주므로 널리 쓰이는 대표적 지름

$$D_p = \sqrt{\frac{18\mu}{\rho_p - \rho g} \frac{h}{t}} \quad (20.2)$$

여기서 v_t : 입자가 일정 속도로 침강하는 경우의 침강속도(종말속도)

h : 침강거리

t : 침강시간

ρ_p : 고체의 밀도

ρ : 액체의 밀도

D_p : 입자 지름

μ : 액체의 점도

【3】 그 외의 대표지름 : 특별한 경우 외에는 그다지 쓰이지 않음

입자지름 : D_p , 길이 : l , 폭 : b , 두께 : t

장축 지름 $D_p = l$

단축 지름 $D_p = b$

산술(상가) 평균지름 $D_p = (l + b + t) / 3$

기하(상승) 평균지름 $D_p = (lbt)^{1/3}$

2축 평균지름 $D_p = (l + b) / 2$

20-2-2 입자군의 평균입자지름

○ 분립체는 입자지름이 다른 다수의 입자의 집합체이므로 평균 입자지름값으로 표시

【1】 산술평균지름

입자군을 같은 쪽의 몇 개의 계급으로 나누고 각 계급의 중앙값을 D_p 이에 속하는 개수를 n 이라고 할 때

$$\overline{D_{산}} = \sum nD_p / \sum n \quad (20.3)$$

로 정의되는 $\overline{D_{산}}$ 를 산술평균지름이라고 한다. 이것은 계산이 간단하므로 많이 쓰인다.

【2】 평균표면적지름

각 입자의 표면적의 평균값을 표면적으로 하는 입자의 지름

$$\overline{D_{표}} = \left(\frac{\sum nD_p^2}{\sum n} \right)^{1/2} \quad (20.4)$$

【3】 평균체적지름

각 입자의 체적의 평균값을 체적으로 하는 입자의 지름

$$\overline{D_{체}} = \left(\frac{\sum nD_p^3}{\sum n} \right)^{1/3} \quad (20.5)$$

【4】 중량평균지름

D_p 의 입자의 비율을 개수가 아닌 질량분율 $y (=nD_p^3 / \sum nD_p^3)$ 로 표시한 것으로 실용적으로 많이 쓰임

$$\overline{D_{중}} = \sum yD_p = \frac{\sum nD_p^4}{\sum nD_p^3} \quad (20.6)$$

【5】 모드 지름

입자지름 빈도분포곡선의 최빈값(입자지름)으로 표시하는 것으로서 가장 입자수가 많은 입자군의 지름.

【6】 메디어 지름

입자지름 누적분포곡선의 중앙값을 입자지름으로 표시하는 방법으로 50% 입자지름이라고도 한다.

【7】 그 외의 평균지름

각각의 물리적인 의미나 필요한 정도 등을 고려해서 문제에 따라서 적당한 평균지름을 사용.

또 [1]~[4]에 대해서는 대략 다음과 같은 관계.

$$\overline{D_{산}} < \overline{D_{표}} \leq \overline{D_{체}} < \overline{D_{중}}$$

20-2-3 입자의 구형화도

구형화도(spherity) ϕ : 이차의 형상이 부구체하여 형사체수하 과려하여 구에 얼마 정도 가까운 척도

$$\phi = \frac{6v_p}{D_p s_p} \quad (20.7)$$

여기서 v_p : 1개 입자의 부피
 s_p : 1개 입자의 표면적

표 20-1 구형화도 ϕ 의 값

물 질 명	ϕ
구, 정육면체, 작은 실린더	1.0
각 모래	0.95
운 모	0.28
쪼각 유리	0.65
모래	0.75
미분탄	0.73

20-2-4 입경분포

입자지류분포 또는 빈도분포 : 분립체를 구성하고 있는 입자군의 입자지름이 어느 정도의 범위에 어떠한 상태로 분포되어 있는가의 분포상태

① 빈도분포 입자군을 어느 입자지름 D_p 와 $(D_p + \Delta D_p)$ 사이의 미소 간격마다 나누고, 각각의 간격(계급) 내에 어느 입자군의 질량이 입자 전량에 대한 백분율로서 입자지름분포를 나타냄.
 => 기호 y [%]

② 잔류백분율 : 체위분포라고도 하며, 어느 입자지류 D_p 보다도 큰 입자군의 전입자에 대한 질량백분율로 나타냄. => 기호 R [%]

③ 통과백분율 : 체밑분포라고도 하며, 어느 입자지류 D_p 보다도 작은 입자군의 전입자에 대한 질량백분율로 나타냄. => 기호 D [%]

$$R = 100 - D$$

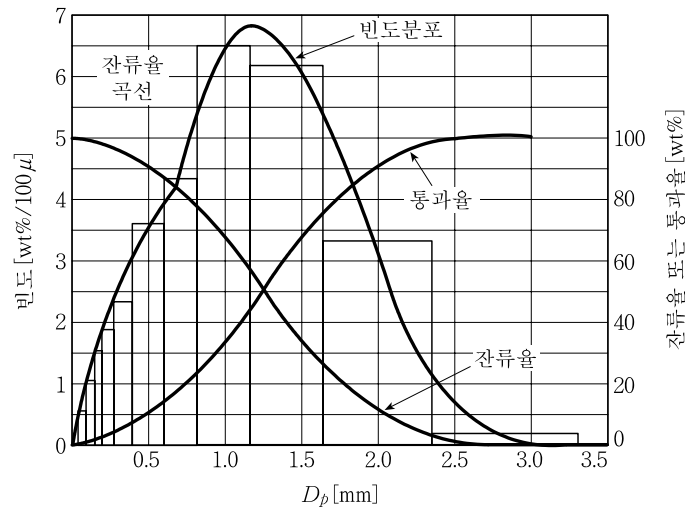


그림 20-2 입자지름 분포곡선

20-3 입자지름의 측정방법

20-3-1 체분류법

표준체를 측정범위에 따라 거친 것부터 가는 것의 순으로 맞추어 그 최상단의 체에 시료를 넣고 체진 탕기에 걸어 입자군을 각 체 위로 분류하는 방법

구조 및 기능상의 유의점.

- ① 체눈이 작을수록 눈이 막히거나 미립자의 약동 등 때문에 정밀도가 떨어짐(눈의 폭이 74 μ 이하)
- ② 체분류의 정밀도는 서로의 일량, 체의 진동방법, 진동시간 등에 따라 달라지며, 눈폭이 작을수록 심함.
- ③ 정사각형의 체눈에서는 가늘고 긴 입자나 편평한 입자는 체눈에 닿는 상태에 따라 결과가 달라짐.
- ④ 체 분류의 결과는 측정조건, 시료의 특성 등에 따라 현저히 달라짐.

또, 체분류는 일반적으로 건식으로 하지만 물에 녹지 않는 시료는 물을 흘리면서 체분류를 하거나 되도록 희박한 현탁액으로서 체분류하는 것이 눈이 막히거나 비산을 방지할 수가 있음.

표 20-2 입자지름의 측정법

종 류	측정범위(μ)	측정장치	측정목적
체에 의한 분류법	> 44	기상, 액상	질량분포
침강법(중력법)	100~0.5	기상, 액상	"
침강법(풍마법)	50~5	기상	"
침강법(원심법)	1~0.01	액상	"
현미경법	100~0.2	-	개수 분포
액체부과법	100~1	액상	평균 입자지름
기체부과법	50~0.5	기상	"
흡착법	20~0.01	기상, 액상	"

20-3-2 침강법

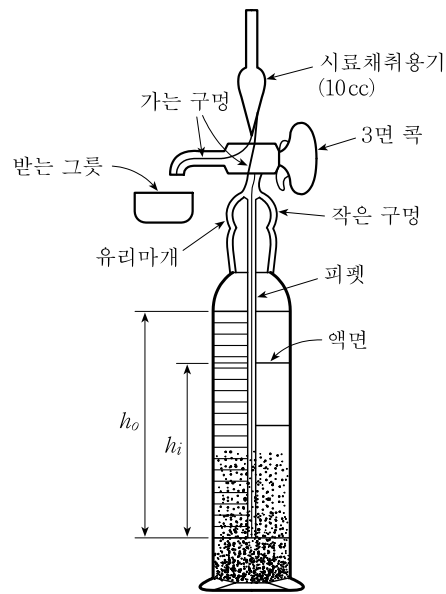


그림 20-3 인드리어젠(Andreasen) 피펫

- ① 시료를 어느 혼합비 M_0 (예를 들면, g/10 cc)의 현탁액으로서 피펫에 넣고 침강을 개시.
- ② 그 후, 적당한 시간을 두고 일정한 깊이 h_0 의 점에서 일정량의 하강 현탁액(예를 들면, 매회 10 cc)에서 그 중의 고형물(입체)의 질량 M_t [g]을 측정.
- ③ 해석 : 시간이 t 일 때의 액면에서 피펫 선단까지의 깊이(매회 감소됨)를 h_t 라고 하면, 그곳에서는 침강속도 h_t/t 에 상당하는 스토크스 지름 D_{st} 보다도 큰 입자는 모두 피펫 선단보다도 아래쪽까지 침강하게 된다. 따라서, 이때에 채취한 현탁액 중의 입자는 D_{st} 보다도 작은 것뿐이고 그 양이 시료 전체에 대한 비율은 최초의 비율과 변하지 않는다. 그러므로 $(M_t/M_0) \times 100\%$ 는 상당지름이 D_{st} 보다 작은 입자의 전입자에 대한 비율, 즉 통과율 D 로 표시하게 된다. 스토크스 법칙에 따른 식으로부터 D_{st} 의 값을 구하고 D_{st} 와 M_t 의 관계를 플롯하면 그림 20-2와 같은 통과율 누적곡선이 얻음.

주의점.

- ① 입자의 응집 오차를 방지하기 위해 적당한 분산조제를 쓴다(예 : 헥사미터인산나트륨 0.2%).
- ② 입자 사이의 간섭의 영향을 방지하기 위해 서로의 초기 농도를 0.5 이하로 한다.
- ③ 입자지름 범위(측정범위)에 따라 적당한 분산제를 사용한다 [예 : 물(0.3~30 μ), 에틸렌글리콜(1~100 μ), 글리세린(3~300 μ)].

20-4 분립체 취급상의 문제점

20-4-1 분립체의 특색과 문제점

【1】 비표면적이 크다는 것에 따른 문제점

비표면적이 크다는 것은 분립체의 최대의 특색이지만 이 일이 도리어 다음과 많은 문제를 수반

① 습기를 받아들이기 쉽고 또 다른 기체와의 접촉에 의해서 변질하기 쉽다(예 : 시멘트, 소석회)

② 반응이 폭발적으로 진행되는 경우가 있다(예 : 미분탄 연소일 때의 백 파이어(back fire), 분진폭발(소맥분이나 비누의 분말에서 폭발한 예가 있다)

【2】 입자가 작고 가볍다는 것에 따른 문제점

- o 분립체에 유동성을 준다는 점에서는 변함이 없는 특색
- o 다른 물체에 부착하거나 또는 비산 등 => 집진조작

【3】 입자의 불연속성에 의한 문제점

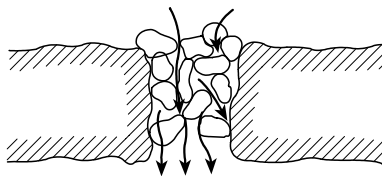


그림 20-4 가교 현상

20-4-2 분립체의 저장과 수송

【1】 저장상의 문제점

① 가교현상이 일어나면 분립체를 연속적으로 유출하는 것이 곤란

원인 : 저장조의 출구가 너무 협소한 경우, 저장조의 높이가 그 폭에 비해서 너무 큰 경우, 분립체의 용적밀도(외관상 밀도)가 작은 경우, 분립체의 점착력이 큰 경우

대책 : 교반, 진동, 통풍 등을 주는 외에 저장조 내의 분립체에 과대한 압력이 작용하지 않도록 설계

② 과압, 흡습 등에 의한 입자의 응집·발열·축열 등에도 주의

【2】 수송상의 문제점

분립체의 수송 : 고체 수송장치(컨베이어류)

선택 요건

① 입자의 성장 : 입자지름의 대소, 유동성의 유무와 그 정도, 응집성의 유무, 마모성 등

② 조작조건, 외부와의 차단의 필요 여부, 수송량 및 정량성의 필요성, 수송방향(상·하) 또

는 경사 정도), 온도, 압력 등

③ 경비, 설비비, 운전비, 유지비

○ 분립체의 수송에는 컨베이어류도 쓰이지만, 특히 분립체의 공급장치(피더)를 사용

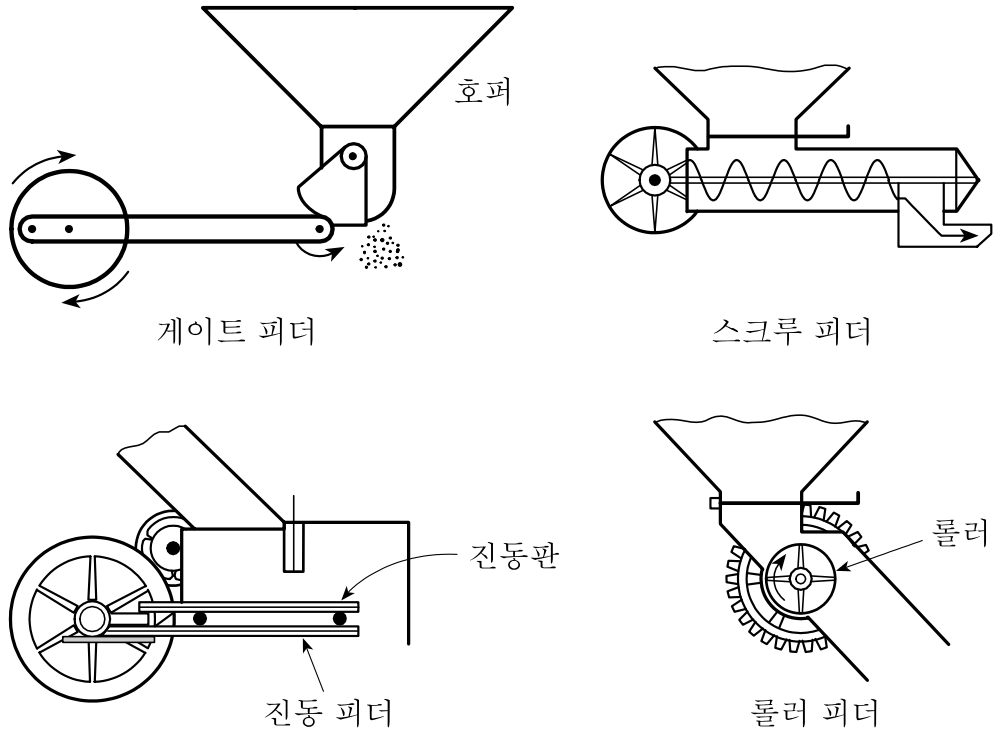


그림 20-5 피더(feeder)류

○ 공기수송기에 대해서는 공기의 압력 정도에 따라 그 쓰이는 예가 다음.

표 20-3 공기수송기의 종류

종 류		압 력 [atm]	쓰이는 예		
			분체량/공기 량	수송거리 [m]	수송량 [t/h]
압 송 식	저 압 식	0.05~0.2	0.5~S	< 100	3~10
	고 압 식	1~7	40	< 1000(수평)	< 300
흡 입 식	저진공식	-0.05 ~0.2	3~S	< 30	3~10
	고진공식	-0.3~-0.4	20	< 400~500	< 200