

## 광물분쇄 및 입도분포 해석 실험

### 1) 실험 목적

볼밀을 이용하여 입자를 분쇄한 후, 시간에 따른 입도 측정을 통해 분쇄효율을 평가한다. 또한, 수업시간에 습득한 입도분포함수에 관한 지식을 실제 실험결과에 적용하여, 결과를 해석해 본다.

### 2) 입자의 크기 및 측정 이론

입자의 형상은 유동성(fluidity), 충전성(packing), 침강(setting)등에 중요한 역할을 하기 때문에 입자형상을 정량적으로 나타낼 필요가 있다. 입자의 형상에는 구형(sphere), 섬유상(fibrous), 침상(needle-like), 입상(granular) 그리고 불규칙상(irregular) 등이 있다.

입자의 크기가 특정한 입도분포함수를 따르는 경우와 따르지 않을 때의 평균 입자크기의 구하는 방법이 다르다. 특히, particle은 다양한 크기로 분포되어있기 때문에 입자크기의 평균치로서 그 입자군을 대표하게 된다.

표 1. 평균 입자크기의 수학적 정의

Mean	Equation	Finite Summation
Length ( $\bar{a}_L$ )	$\bar{a}_L = \frac{\int_{a_{min}}^{a_{max}} a f_N(a) da}{N}$	$\bar{a}_L = \frac{\sum_{i=1}^{Nc} \bar{a}_i f_N(\bar{a}_i)}{N}$
Surface ( $\bar{a}_A$ )	$\bar{a}_A = \sqrt{\frac{\int_{a_{min}}^{a_{max}} a^2 f_N(a) da}{N}}$	$\bar{a}_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Nc} \bar{a}_i^2 f_N(\bar{a}_i)}{N}}$
Volume ( $\bar{a}_V$ )	$\bar{a}_V = \sqrt[3]{\frac{\int_{a_{min}}^{a_{max}} a^3 f_N(a) da}{N}}$	$\bar{a}_V = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{Nc} \bar{a}_i^3 f_N(\bar{a}_i)}{N}}$
Volume/Surface ( $\bar{a}_{V/A}$ )	$\bar{a}_{V/A} = \frac{\int_{a_{min}}^{a_{max}} a^3 f_N(a) da}{\int_{a_{min}}^{a_{max}} a^2 f_N(a) da}$	$\bar{a}_{V/A} = \frac{\sum_{i=1}^{Nc} \bar{a}_i^3 f_N(\bar{a}_i)}{\sum_{i=1}^{Nc} \bar{a}_i^2 f_N(\bar{a}_i)}$

입자 크기 자료는 평균 크기와 크기 분포를 분석하고 비교하기 위하여 보통 표 혹은 그래프 형태로 표현된다. 특정한 수학적 분포 함수에 의한 자료의 기술이 바람직하나 항상 가능한 것은 아니다. 막대그래프는 특정 크기 구간에 대하여 수, 질량 혹은 부피 비율에 따라서 분류된 자료로부터 그려진다. 누적 크기 분포(cumulative weight percentage undersize, F(x))는 특정 크기(x)보다 더 미세한 입자의 분류를 합산함으로써 얻어진다.

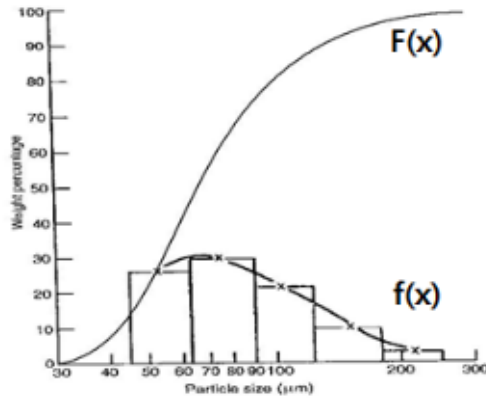


그림 1. 구간별 입도 분석 결과

입자의 크기 측정 방법은 크게 표준체 거름법(standard sieve technique method), 침강법(settling method), 현미경 측정 그리고 레이저 산란법 등이 있다.

#### ▶ 체가름법

체가름 방법은 44  $\mu\text{m}$  이상의 크기에 대하여 가장 널리 사용되는 방법이다. 한 세트의 체는  $\sqrt{2}$  크기의 증가를 따른다. 44  $\mu\text{m}$  이상의 크기에만 사용되는 것은 그 이하에서는 입자의 응집이 쉽게 일어나며, 분석 시에 오차를 발생시키기 때문이다. 따라서, 비교적 큰 입도를 갖는 분체의 입도측정에 있어 체(seive)를 사용하는 것이 가장 일반적이며 공학적 데이터로서의 신뢰성도 높은 것으로 인식되고 있다. 분체의 입도분석에 사용되는 표준체(standard sieve)는 여러 가지가 있는데 일반적으로 직경 15.2~45.7 cm, 높이 2.5~8.3 cm인 원통형의 아래쪽에 체망을 붙인 것이 많이 사용되고 있다. 망의 크기는 1inch(2.54cm)당 구멍(aperture) 또는 망선(wire)의 수로 나타내며 이를 메쉬(mesh,#)라고 부른다. Rittinger는 1876년에 처음으로 기준체의 구멍 중 74  $\mu\text{m}$ 를 기준으로 하여  $\sqrt{2}$ 의 비로 체의 크기를 체계화 하였다. 구멍의 크기를 d, 망선의 지름을  $\delta$ , mesh 수를 m으로 하였을 때 이들 사이의 관계는 다음과 같다.

$$m(d + \delta) = 1$$

$$d = \frac{(1 - m\delta)}{m}$$

$$\delta = \frac{(1 - md)}{m}$$

$$m = \frac{1}{(m + \delta)}$$

실험실 등에서 널리 쓰이는 Tyler체의 예를 들면 200# ( $d=74 \mu\text{m}$ ,  $\delta=53 \mu\text{m}$ )를 기준으로 하여 구멍크기와 망선의 크기를  $\sqrt{2}$ 의 비를 갖도록하고 있다. 표 2는 미국의 표준체이다.

표 2. U.S 표준체 거름체의 번호 그리고 투과기공(망) 크기

Sieve Number	Aperture ( $\mu\text{m}$ )	Sieve Number	Aperture ( $\mu\text{m}$ )
3.5	5660	40	420
4	4760	45	354
5	4000	50	297
6	3360	60	250
7	2830	70	210
8	2380	80	177
10	2000	100	149
12	1680	120	125
14	1410	140	105
16	1190	170	88
18	1000	200	74
20	841	230	63
25	707	270	53
30	595	325	44
35	500	400	37

### 3) 준비물

- ① Balance
- ② Sieve set
- ③ Ball Mill (Alumina Ball 5mm, Alumina Jar)
- ④ Tray
- ⑤ 붓
- ⑥ 건조시료(Cu-Co ore)
- ⑦ 실험복
- ⑧ Sieve shaker

### 4) 실험방법

- ① 적절한 영역의 표준체를 준비한다.
- ② Sieve를 구멍크기 순으로 배치한 후 최상부에 시료를 넣고 체질을 한다.
- ③ Sieve를 분리하여 각 sieve 상에 남아 있는 시료의 무게를 측정한다.
- ④ 부분분포, 누적분포 등을 구하여 data 처리한다.
- ⑤ 시료를 조건에 맞게 ball mill에 넣어 분쇄를 시작한다.

team	time	Ball filling ratio (J)	Powder filling ratio (u)	Rpm
A	12 h	45%	0.25, 1	0.8Nc
B	4 h	45%	0.25, 1	0.8Nc

- ⑥ 일정시간이 지난 후, 샘플링을 하여 sieving을 수행한 후, 샘플의 부분분포, 누적분포 등을 구하여 분석한다.

## 5) 결과 및 고찰

- ① 초기샘플 및 분쇄된 산물의 입도분석 결과에 대하여, CMPF(cumulative mass percent finer), CMPL(cumulative mass percent larger)로 표현하시오.
- ② 분쇄비(reduction ratio)는?
- ③ 다른 조의 실험 결과들과 비교하여, 분쇄 시간 및 powder filling ratio에 따른 분쇄 경향을 설명하시오.

## ※리포트 작성요령

- ① 실험일시, 조명, 이름, 실험명
- ② 실험목적
- ③ 실험방법 및 준비물
- ④ 실험결과
- ⑤ 고찰
- ⑥ 소감