

分級機 (Separator) 의 分級效率

金 松 虎

〈東洋세멘트 三陟工場 企劃室係長〉

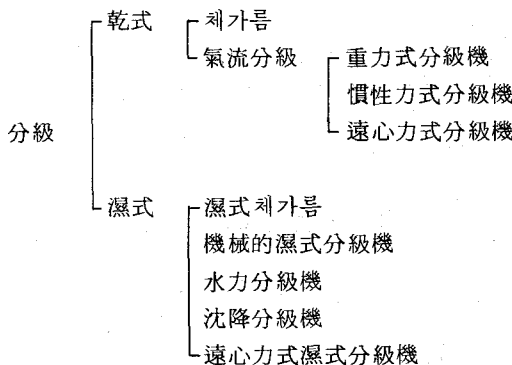
1. 序 論

開回路밀(mill)과는 달리 閉回路밀의 境遇는 밀에서 微粉碎되어 나온 粉碎物을 일단 分級하여 願하는 粒度的 精粉을 製品으로 取하고, 粗粉은 다시 밀에 投入하여 再粉碎하게 된다.

一般的으로 固體의 分級方法은 <表-1>과 같이 여러 形態로 分級할 수 있으며 시멘트産業의 粉碎밀에 많이 쓰이는 方法은 乾式-氣流分級-遠心力式 分級機이다.¹⁾

分級機의 分級效率은 製品의 粒度を 願하는 水準에 맞추는데 뿐만 아니라, 밀의 粉碎效率 自體에도 큰 影響을 주게 된다. 즉, 밀 粉碎物의 粒度 分布가 分級에 알맞으면 分級效率이 좋아지고, 또한 分級效率이 좋으면 밀의 粉碎效率도 向上되게 된다. 따라서 分級機의 分級狀

<表-1> 分級方法의 分類



態를 調査함으로써 밀粉碎狀態를 알아볼 수 있다. 여기서는 分級機의 入粉, 精粉, 粗粉의 粒度 分布를 測定함으로써 分級效率을 計算하는 方法을 紹介하고자 한다.

2. 分級效率

1) 基礎式

Material Balance 式

$$Q_M = Q_R + Q_P \dots\dots\dots ①$$

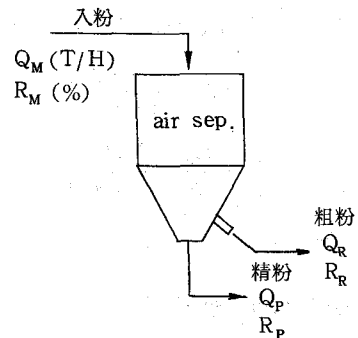
$$R_M \cdot Q_M = R_R \cdot Q_R + R_P \cdot Q_P \dots\dots\dots ②$$

①②에서

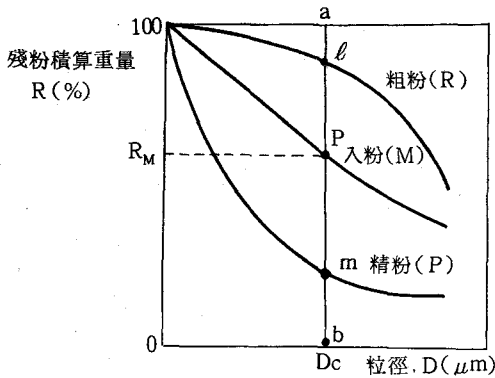
$$\lambda = \frac{Q_R}{Q_M} = \frac{R_M - R_P}{R_R - R_P} \dots\dots\dots ③$$

$$C \cdot L \text{ (circulation load)} = \frac{Q_R}{Q_P} \times 100$$

$$= \frac{R_P - R_M}{R_M - R_R} \times 100 (\%) \dots\dots\dots ④$$



<그림-1> separator flow sheet



〈그림-2〉 separator 粒度分布

2) 平衡粒度

平衡粒度는 分級結果, 걸보기에 이 粒度보다 큰 粒子들이 全量 粗粉으로 나가는 것으로 되는 粒度를 말한다.

즉, $R_M Q_M = Q_R$

$$\therefore R_M = \lambda = \frac{Q_R}{Q_M} = \frac{R_M - R_P}{R_R - R_P} \dots\dots\dots ⑤$$

3) Newton 의 分級效率

η = (效率成分의 回收率) - (不容成分의 混入率) = (精粉回收率) - (粗粉殘留率)

$$= \left(\frac{\text{精粉中の微粉量}}{\text{入粉中の微粉量}} \right) - \left(\frac{\text{精粉中の粗粉量}}{\text{入粉中の粗粉量}} \right)$$

$$= \frac{Q_P(1-R_P)}{Q_M(1-R_M)} - \frac{Q_P R_P}{Q_M R_M}$$

$$= \frac{Q_P}{Q_M} \cdot \frac{R_M - R_P}{R_M(1-R_M)}$$

$$\textcircled{1} \uparrow = \frac{(R_M - R_P)(R_R - R_P)}{R_M(1-R_M)(R_R - R_P)} \dots\dots\dots ⑥$$

平衡粒度의 殘粉을 R'_M, R'_P, R'_R 라 하면

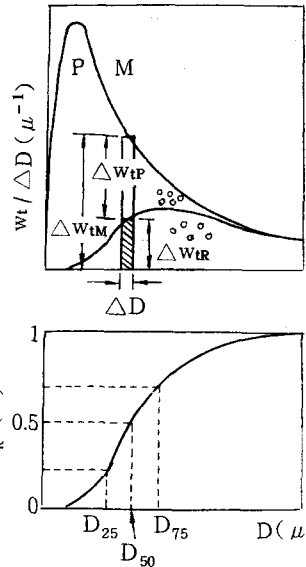
$$1 - R'_M = \frac{Q_P}{Q'_M}, \quad R'_P = \frac{1 - R'_R}{1 - R'_M} \cdot R'_M$$

$$\therefore \eta = \frac{(1 - R'_P) \cdot Q_P}{(1 - R'_M) \cdot Q_M} - \frac{R'_P \cdot Q_P}{R'_M \cdot Q_M}$$

$$= R'_R - R'_P = \bar{\ell} m \dots\dots\dots ⑦$$

4) 部分分級 效率(Tromp分配率 曲線)

(1) Tromp 分配率 曲線의 概念



〈그림-3〉 粒度分布 曲線과 Tromp 分配率曲線

$$Z_R = \frac{\Delta W_{tR} / \Delta D}{\Delta W_{tM} / \Delta D}$$

$$= \frac{Q_R \Delta R_R / \Delta D}{Q_M \Delta R_M / \Delta D}$$

$$= \lambda \frac{\Delta R_R / \Delta D}{\Delta R_M / \Delta D} \dots\dots\dots ⑧$$

단, W : 重量頻度

(2) 分級程度(Terra 指數, 不完全度)

Tromp分配率 曲線에서 分配率 $Z_R = 0.5$ 되는 地點의 粒徑을 D_{50} 으로 表示하고 分離 粒度 (size of separation) 이라 한다.

이 境遇 Terra 指數

$$E_P = \frac{1}{2} (D_{75} - D_{25}) \dots\dots\dots ⑨$$

不完全度

$$I = \frac{E_P}{D_{50}} \dots\dots\dots ⑩$$

가 된다.

3. 分級效率 判定

1) Newton 의 分級 效率

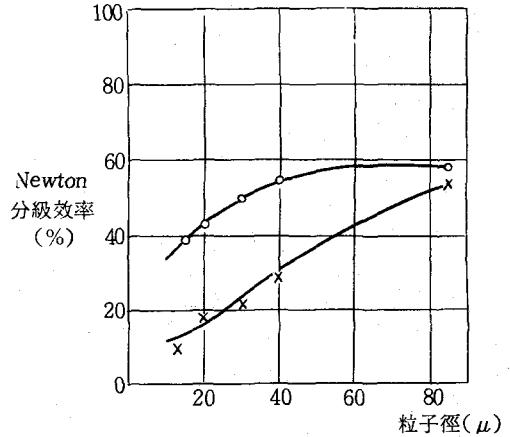
⑦ 式에서 $R'_R = 1, R'_P = 0$ 즉, 平均 粒度를

基準으로 精粉과 粗粉이 完全 分離되는 狀態가 分級效率 100%이고, $R_R' = R_P' = R_M'$ 인 境遇 즉, separator入粉, 粗粉, 精粉의 粒度分布가 모두 같은 境遇가 分級效率 0%가 되면, 實際 separator 分級效率은 이 사이에 存在하게 된다.

여기서 <그림-2>의 \bar{d}_m 가 클수록 效率이 크게 되는데, 이는 다음의 두 條件에 의해 決定된다.

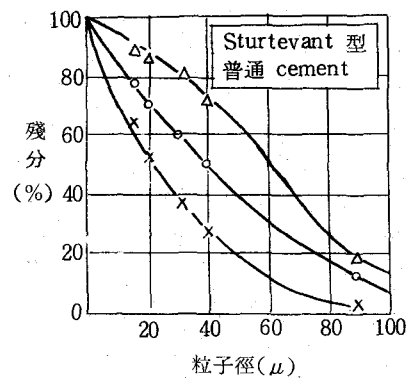
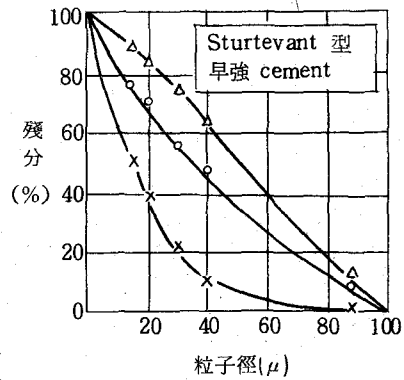
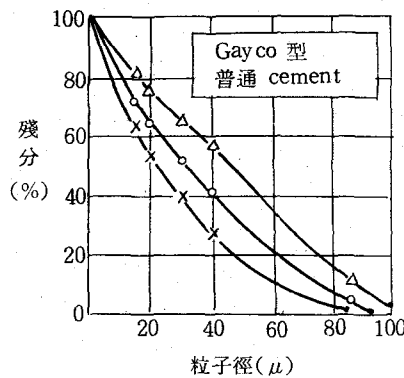
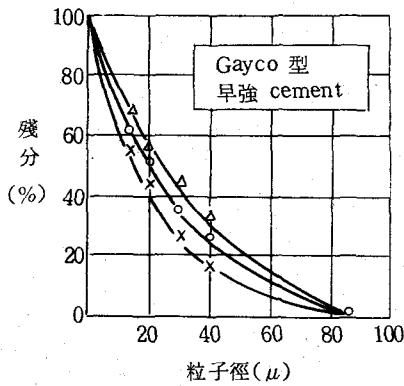
- ① 入粉의 粒度分布가 一定할 境遇 separator의 分級能力에 의해
- ② separator 分級能力이 一定할 境遇는 入粉에 의해 決定된다. 즉, 같은 separator의 境遇는 入粉의 粒度分布가 <그림-2>와 같이 거의 直線으로 될 境遇 分級效率이 높게 된다.

普通 portland cement의 境遇 separator의 種類에 따른 分級效率을 <그림-4>에 나타냈으며, 여기서 Sturtevant 型 separator의



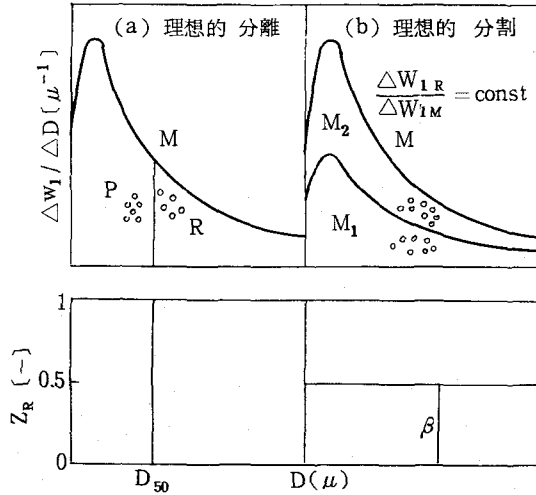
○ Sturtevant type
× Gayco type
<그림-4> separator 種類에 따른 Newton의 分級效率

境遇 分級效率은 約 55%임을 알 수 있다. cement 種類(早強 및 普通 portland cement) 및 separator 種類(Gayco 및 Sturtevant 型)에

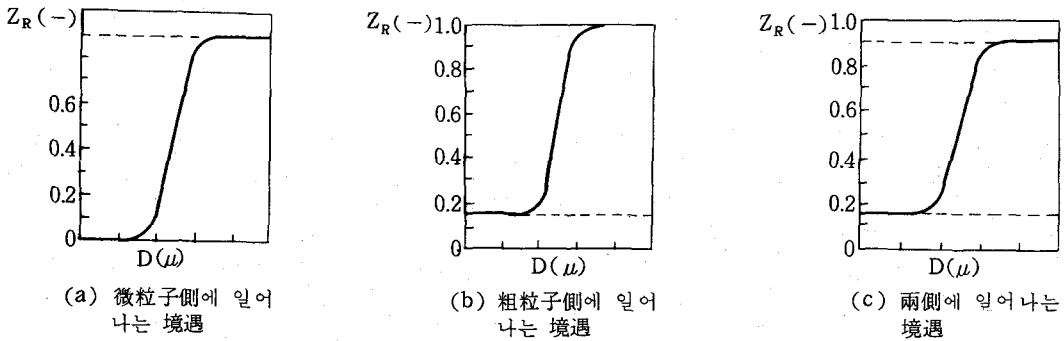


○ 入粉
△ 粗粉
× 精粉

<그림-5> separator의 粒度分布



〈그림-6〉 理想的인 分離 또는 分割이 되는 境遇의 粒度分布(上)와 Tromp 分配率 曲線(下)



〈그림-7〉 分離와 分割이 같이 일어나는 境遇 Tromp 分配率 曲線

따른 入粉, 精粉, 粗粉의 粒度 分布를 〈그림-5〉에 나타냈다.

2) 部分 分級效率 曲線

〈그림-3〉에서 기울기가 크면 클수록 分級이 잘되는 것을 나타낸다.

다시말해 〈그림-6〉에서 (a)와 같은 境遇는 理想的인 分枝現象 即, 平衡粒度를 基準으로 粗粉과 精粉으로 完全 分離되는 境遇를 나타내며 (分級效率 = 100%) (b)는 分割만 시키는 것으로 (分級效率 = 0) 이 境遇는 粗粉, 精粉, 入粉의 粒度分布가 모두 같다.

⑨ 式의 Terra 指數(E_p)와 ⑩ 式의 不完全度

(I)가 작을수록 分級效率이 높은 것을 나타냄
Tromp 分配率 曲線은 $Z_r = 0 \sim 1$ 로 〈그림-3〉과 같이 나타날 수도 있으나 境遇에 따라서는 〈그림-7〉과 같이 나타날 수도 있다.

이 境遇 〈그림-7〉(a)는 微粒子側에 (b)는 粗粒子側과 (c)는 微粒子和 粗粒子 兩側에 分離와 分割이 같이 일어나는 境遇다.

〈參 考 文 獻〉

- 1) 시멘트 技術總論, 産業圖書(株), 東京 1980
- 2) 粉碎, No.1 化學工業社, 東京 1968
- 3) 分級·選別, No.17, 化學工業社, 東京 1968
- 4) 井伊谷 鋼一 粉體工學 hand book, (株) 朝倉書店, 東京 1966. ♣