

표사광물들의 중력선별과 원심선별특성의 호상관계

리향미, 허응룡, 김철주

이전의 중력선별기들에서는 중력의 작용에 의하여 선별이 진행되는것으로 하여 선별기의 구조를 변화시키는 방법으로는 더 높은 선별효과를 얻을수 없었다.[1, 3]

최근에 중력선별기의 일종으로서 원심력을 리용한 새형의 선별기들이 개발되어 리용되고있다. 선행연구들[2, 4-8]에서는 각이한 구조를 가진 원심선별기들과 실험결과들에 대하여 서술하였다.

본문에서는 표사광물들의 중력선별과 원심선별리론의 호상관계를 밝혔다.

원심선별리론은 중력선별리론으로부터 유도할수 있다.

중력선별은 류체속에서 침강하는 광물립자의 운동방정식

$$mg - m'g - D = m \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

에 기초하고있다.[3] 여기서 m 은 광물립자의 질량, m' 는 류체속에서의 광물의 질량(유효질량), g 는 중력가속도, D 는 쓸림힘, dv/dt 는 침강하는 광물립자의 가속도이다.

중력마당에서 각이한 흐름상태에 있는 광물립자의 침강속도는 다음과 같다.

층흐름상태인 경우

$$v_S = \frac{1}{18} \frac{\rho_s - \rho_0}{\eta} g d^2 \quad (2)$$

혼합흐름상태인 경우

$$v_A = \left[\frac{4}{225} \left(\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 \frac{\rho_0}{\eta} g^2 d^3 \right]^{1/3} \quad (3)$$

막흐름상태인 경우

$$v_N = \left(3 \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} \cdot g d \right)^{1/2} \quad (4)$$

여기서 v_S , v_A , v_N 은 층흐름상태, 혼합흐름상태, 막흐름상태에서 광물립자의 침강속도, ρ_s 와 ρ_0 은 광물립자와 매질의 밀도, η 는 매질의 점도, d 는 광물립자의 크기(직경)이다.

식 (2)-(4)에서 중력가속도 g 대신에 원심가속도 $\omega^2 R$ 를 대입하면 다음의 식들을 얻을 수 있다.

$$v'_S = \frac{1}{18} \frac{\rho_s - \rho_0}{\eta} d^2 \omega^2 R \quad (5)$$

$$v'_A = \left[\frac{4}{225} \left(\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 \frac{\rho_0}{\eta} d^3 \omega^4 R^2 \right]^{1/3} \quad (6)$$

$$v'_N = \left[3 \left(\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0} \right)^2 d \omega^2 R \right]^{1/2} \quad (7)$$

원심력마당에서 침강하는 광물립자의 크기(mm)에 따라 류체흐름상태를 구분해보면 $d < 0.05\beta^{-1/3}$ 일 때 층흐름상태, $0.05\beta^{-1/3} < d < 5\beta^{-1/3}$ 일 때 혼합흐름상태, $d > 5\beta^{-1/3}$ 일 때 막흐름상태에 해당한다. 여기서 $\beta = \omega^2 R / g$ 이다.

한편 침강립도비의 측면에서 보면 밀도가 ρ_a , ρ_b 이고 직경이 d_a , d_b 인 두 광물립자가 밀도가 ρ_0 인 류체속에서 같은 속도로 침강할 때 중력마당에서의 침강속도공식 (2)–(4)와 원심력마당에서의 침강속도공식 (5)–(7)로부터 침강립도비계산을 위한 다음과 같은 식들을 얻는다.

$$\frac{d_a}{d_b} = \left(\frac{\rho_b - \rho_0}{\rho_a - \rho_0} \right)^{1/2} \quad (8)$$

$$\frac{d_a}{d_b} = \left(\frac{\rho_b - \rho_0}{\rho_a - \rho_0} \right)^{2/3} \quad (9)$$

$$\frac{d_a}{d_b} = \frac{\rho_b - \rho_0}{\rho_a - \rho_0} \quad (10)$$

식 (8)–(10)으로부터 다음과 같은 일반식을 얻을수 있다.

$$\frac{d_a}{d_b} = \left(\frac{\rho_b - \rho_0}{\rho_a - \rho_0} \right)^n \quad (11)$$

식 (11)에서 층흐름상태인 경우 $n=0.5$, 혼합흐름상태인 경우 $n=0.5\sim 1$, 막흐름상태인 경우 $n=1$ 이다.

중력마당과 원심력마당에서 각이한 밀도와 립도를 가진 표사광물들의 침강속도계산결과는 표 1, 2와 같다.

표 1. 중력마당에서 표사광물들의 립도에 따르는 침강속도(cm/s)

립도/mm	밀도/(g·cm ⁻³)					
	3	4	5	6	7	18
0.41	7.77	10.186 4	12.339 9	41.319 2	16.169 8	32.377 0
0.42	7.96	10.434 8	12.640 9	14.668 4	16.564 2	33.166 7
0.43	8.15	10.683 3	12.941 8	15.017 7	16.958 6	33.956 4
0.44	8.34	10.931 7	13.242 8	15.366 9	17.353 0	34.746 1
0.45	8.53	11.180 1	13.543 8	15.716 2	17.747 4	35.535 8

표 2. 원심력(200·g)마당에서 립도에 따르는 침강속도(cm/s)

립도/mm	밀도/(g·cm ⁻³)					
	3	4	5	6	7	18
0.41	189.889 4	248.825 6	301.430 7	349.779 3	394.985 9	790.885 2
0.42	194.520 9	254.894 5	308.782 6	358.310 5	404.619 7	810.175 0
0.43	199.152 3	260.963 4	316.134 6	366.841 7	414.253 6	829.464 9
0.44	203.783 8	267.032 3	323.486 6	375.372 9	423.887 3	848.754 8
0.45	208.415 2	273.101 2	330.838 6	383.904 1	433.521 2	868.044 7

표 1과 2에서 보는바와 같이 광물립자의 크기가 0.45mm이고 밀도가 3, 18g/cm³인 광물립자들의 침강속도차는 중력의 작용하에서 35.535 8-8.53=27.005 8cm/s이지만 200g인 원심력의 작용하에서는 868.044 7-208.415 2=659.629 5cm/s로서 그 차이가 매우 크다.

이와 같이 중력선별기들에 비하여 원심선별기에서 광물립자의 침강속도차(밀도효과)는 매우 크지만 침강립도비는 원심선별과 중력선별에서 같다. 그러므로 원심선별에서는 전처리공정에서 중력선별공정을 그대로 리용하면서도 훨씬 높은 선별효과를 거둘수 있다.

맺 는 말

1) 표사광물들의 중력선별에서 밀도효과는 중력마당에 비하여 원심력마당에서 현저히 우세하게 나타난다.

2) 표사광물들의 중력선별에서 침강립도비효과는 중력마당과 원심력마당에서 같다.

참 고 문 헌

- [1] 허응룡; 광업, 9, 67, 주체97(2008).
- [2] 허응룡; 채굴기계, 1, 21, 주체101(2012).
- [3] 허응룡; 조선민주주의인민공화국 과학원통보, 3, 87, 주체101(2012).
- [4] E. Д. Кравцов; Обогащение руд., 3, 31, 2001.
- [5] Т. Н. Гзогян; Обогащение руд. 3, 27, 2001.
- [6] 黄利明; 有色金属, 5, 40, 1998.
- [7] 黄利明; 有色金属, 2, 35, 1999.
- [8] 陈丽蓉; 中国海洋沉积矿物学, 海洋出版社, 30~35, 78~88, 2008.

주체103(2014)년 4월 5일 원고접수

Mutual Relationship between Gravity Concentration and Centrifugal Separate Characteristics of Placer Minerals

Ri Hyang Mi, Ho Ung Ryong and Kim Chol Ju

We studied the relationship of gravity concentration and centrifugal separate characteristics of placer minerals.

A centrifugal separator process of minerals is remarkably superior to gravity concentration process in density effect, but equal to equal-speed-falling-ratio with it.

Therefore, in the centrifugal concentration process equal to total process of gravity concentration, but gain the much concentration effect than it.

Key words: centrifugal concentration, sedimentation grain size ratio, sedimentation velocity ratio