

용량판정법에 의한 광액농도측정의 한가지 방법

한명성, 리경수

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 어떻게 하나 과학과 기술을 발전시키고 과학기술에 의거하여 살아나갈 생각을 하여야 합니다.》(《김일성전집》 제27권 270페이지)

선광공정에서 광액의 농도를 실시간적으로 측정하고 광액농도를 일정하게 유지하는 것은 광석의 거둬들음을 높이는 데서 중요한 문제로 제기된다.

용액의 농도측정방법에는 초음파에 의한 방법, 빛투과도측정에 의한 방법 등 여러가지 [1]가 있으나 굳은 광석알갱이들이 혼탁되어있는 광액속에서 초음파진동자의 수명문제, 광액의 투명도가 매우 낮은 것 등 여러가지 요인으로 하여 이 방법들을 광산들에서의 광액농도측정에는 적용하기 곤란하다.

우리는 광액의 농도에 따르는 밀도변화를 부표의 준위변화로 변환하고 이 준위변화를 용량수감법을 리용하여 높은 정확도로 측정함으로써 광액농도를 실시간적으로 측정할 수 있는 방법을 연구하였다.

1. 이론적연구

광액의 농도와 밀도사이의 관계는 다음과 같다.

$$D = \left(\frac{1}{\rho_w} - \frac{1}{\rho} \right) / \left(\frac{1}{\rho_w} - \frac{1}{\rho_s} \right) = k \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho} \right) \quad (1)$$

여기서 D 는 광액의 농도(질량으로 환산), ρ_w 는 물의 밀도, ρ_s 는 용질(광석)의 평균밀도, ρ 는 광액의 밀도, $k = \rho_s / (\rho_s - \rho_w)$ 이다.

물의 밀도 $\rho_w = 1$ 로 놓으면 식 (1)을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} D &= k \left(1 - \frac{1}{\rho} \right) \\ \rho &= \frac{k}{k - D} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

식 (2)로부터 광액의 농도는 밀도에 따라 단조증가 혹은 단조감소한다는 것을 알 수 있다.

광액에 풀린 고체물질의 평균밀도가 $\rho_s = 2.5 \text{ g/cm}^3$ 인 경우에 광액의 밀도에 따르는 농도변화는 그림 1과 같다.

광액의 밀도변화는 광액속에 잠근 물체의 띄움높이변화로 변환할 수 있다.

그림 2와 같이 광액속에 부표를 잠그었을 때 밀도에 따르는 부표의 잠김깊이는 다음과 같다.

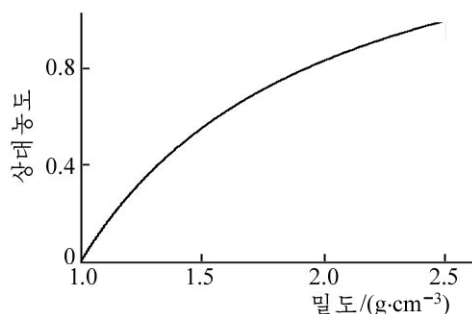


그림 1. 밀도에 따르는 농도변화

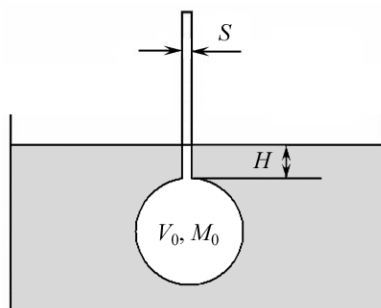


그림 2. 광액속에 잠긴 부표

$$H = \frac{M_0}{S} \cdot \frac{1}{\rho} - \frac{V_0}{S} = K_H \cdot \frac{1}{\rho} - H_0 \quad (3)$$

여기서 M_0 은 부표의 질량, V_0 은 부표의 뜰힘을 형성하는 구형부분의 체적, S 는 부표의 가는 목부분의 자름면면적, H 는 잠김깊이이다.

식 (2)를 고려하면 식 (3)은 다음과 같다.

$$H = K_H - H_0 - \frac{K_H}{k} \cdot D = B - A \cdot D \quad (4)$$

식 (4)로부터 부표의 잠김깊이는 광액의 농도에 비례한다는것을 알수 있다. 여기서 비례계수 $A = K_H / k = M_0 / kS$ 는 농도변화에 따르는 높이변화감도를 특징짓는 상수로서 부표

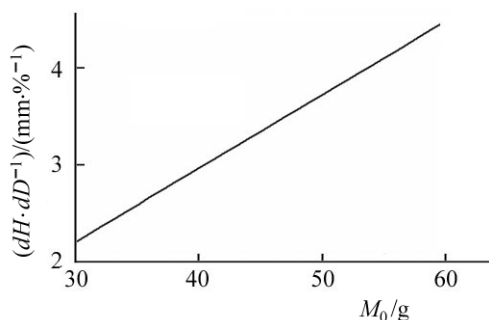


그림 3. 부표질량에 따르는 단위농도당 높이변화곡선

의 질량과 목부분의 자름면면적의 비에 관계된다. 다시말하여 부표의 질량과 목부분의 자름면면적을 적당히 설정하여 단위농도변화에 따르는 높이변화를 임의로 조절할수 있다.

부표의 목부분의 반경이 5.1mm인 경우 부표의 질량에 따르는 농도 1%변화에 대한 부표의 띄움높이변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 부표의 기하학적구조가 결정되었을 때 그것의 질량을 조절하여 농도-높이변화감도를 요구대로 조절할수 있다.

2. 장치구성 및 실험결과

광액농도수감부의 구성도는 그림 4와 같다.

농도수감부는 농도변화를 높이변화로 변환하는 부표들과 높이변화를 전기용량의 변화로 변환하는 용량수감부로 구성된다. 부표 1은 농도변화에 민감하게 반응하도록 목부분의 자름면면적을 작게 하였으며 부표 2는 광액의 준위를 설정하기 위한것으로서 농도변화에 따르는 높이변화가 매우 작도록 자름면면적을 크게 하였다.

2개의 부표의 높이차는 광액의 준위에는 무관계하고 농도변화에만 관계된다. 부표 2에 상대높이변화를 수감하기 위한 동축수감부가 고정되며 부표 1에는 동축수감부안으로 드나들수 있게 유전체봉을 고정하였다.

유전체봉의 삽입깊이에 따라 동축수감부의 전기용량이 변하며 이 전기용량을 용량-수자변환수감소자를 리용하여 측정한다.

광액농도측정기의 체계구성도는 그림 5와 같다.

동축수감부의 전기용량은 유전체봉의 삽입깊이 즉 부표들의 상대변위에 따라 선형으로 변화된다. 용량-수자변환기는 수감부의 전기용량을 수자신호로 변환하여 신호처리기의 한소편컴퓨터에 전송한다. 한소편컴퓨터는 접수한 용량정보를 농도로 변환하여 LCD표시기에 현시하며 485통신케블을 통하여 컴퓨터로 전송한다. 용량-수자변환소자로 AD7745를 리용하였다.[2]

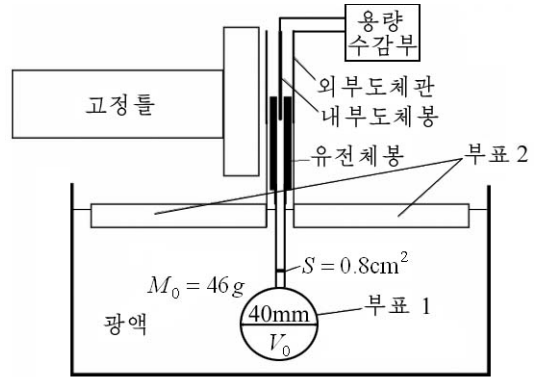


그림 4. 광액농도수감부의 구성도

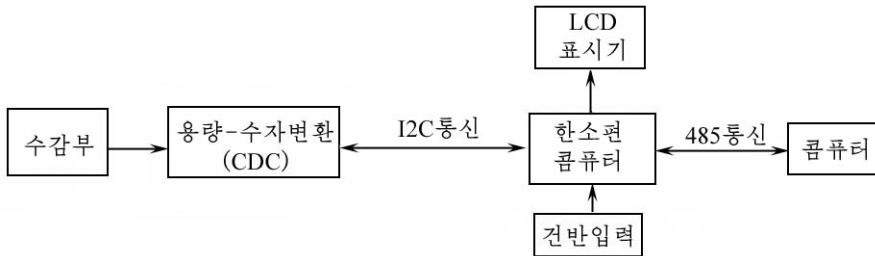


그림 5. 농도측정기의 체계구성도

AD7745는 단일통로 용량-수자변환소자로서 측정대역은 8pF이고 내부등록기의 설정에 따라 0~8pF로부터 13~21pF대역까지 임의로 변화시킬수 있다. 측정분해능은 4aF, 정확도는 4fF로 보장할수 있다.

표준I2C직렬통신결합부를 내장하고있어 한소편컴퓨터와 수자통신을 진행할수 있다.

측정하려는 콘덴샤의 두 단자는 각각 려기출구(EXC)와 한쪽 입구(CIN(+)) 혹은 CIN(-))에 편결한다. 동축수감부의 기하학적크기는 측정하려는 농도구간에서 높이변화에 따르는 최대 및 최소용량이 AD7745의 측정대역을 넘지 않도록 설정한다. 건반을 통하여 초기파라메터들을 입력하며 필요한 교정을 진행한다.

○광산선광장의 농축기배출구에 농도측정기를 설치하고 측정실험을 진행하였다.

광액시료의 밀도측정 및 표대조방법에 의한 수동측정결과와 농도측정기로 측정한 결과는 표와 같다.

표. 측정결과비교

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9
수동측정/%	36.2	37.6	38.1	39.4	40.6	41.3	42.5	43.2	44.6
자동측정/%	36.3	37.4	38.2	39.4	40.4	41.2	42.4	43.3	44.7

표에서 보는바와 같이 종래의 수동식측정에 의한 농도값과 $\pm 0.2\%$ 정도의 편차범위내에서 거의 일치한 결과를 얻었다.

맺는말

우리는 광액의 농도에 따르는 부표의 높이변화를 용량관정법으로 측정하여 농도를 실시간적으로 측정현시하고 조종실에 전송하는 실시간농도측정기를 설계제작하여 현장에 도입하였다.

참고문헌

- [1] J. David et al.; Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves, CRC Press, 283~290, 2002.
- [2] Data Sheet, 24 Bit Capacitance-to-Digital Converter with Temperature Sensor, Analog Devices Inc., 2005.

주체104(2015)년 6월 5일 원고접수

**A Method for Measuring the Density of Mineral Pulp
by Capacitance Estimation**

Han Myong Song, Ri Kyong Su

We made the real-time density estimator which estimates the density of mineral pulp in real-time and transmits the data to control centre by measuring the height variation of a float versus the density with a method of capacitance estimation, and applied it to the production.

Key words: mineral pulp, density