

탄산칼시움결정화에 주는 전자기마당의 영향

김 수 철

최근에 물을 리용하는 모든 설비들에서 중요하게 제기되는 물때방지를 위한 연구[1, 2]는 전자기마당의 세기가 아니라 물구조에서 수소결합을 파괴하기 위한 전자기마당의 주파수효과를 기본으로 하여 진행되고있다.

본문에서는 일정한 경도를 가진 물에서 탄산칼시움결정화에 주는 적당한 주파수대역의 변조된 전자기마당의 영향을 고찰하였다.

실험 방법

물때의 기본성분인 탄산칼시움의 결정구조는 기본적으로 방해석과 산석이고 미량의 구상방해석으로 되어있다.[1] 방해석은 탄산칼시움의 가장 안정한 구조로서 결정살창은 공간군 $R\bar{3}c$ 의 삼방정계이며 룽면체, 판모양, 기둥모양 등의 결정형을 나타내며 단위포에 2개의 CaCO_3 분자단이 있다. 산석은 방해석과 가역동질다상변태관계에 있는 탄산염광물로서 직방정계이며 기둥모양, 바늘모양의 결정을 이룬다. 산석의 공간군은 $Pmcn(a=0.49\text{nm}, b=0.79\text{nm}, c=0.57\text{nm})$ 이며 단위포에 4개의 CaCO_3 분자단이 있다.[2]

방해석과 산석의 결정학적특성으로 하여 물때형성에서 볼 때 방해석은 접착성이 매우 강하며 산석은 접착성이 약하다.

실험용액은 수소탄산칼시움용액 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 로서 분석순의 탄산칼시움을 탈이온수에 풀고 다공성막을 통하여 CO_2 을 넣어넣으면서 가열시켜 $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ 계의 조성으로 포화상태를 이루도록 하였다.

물속에 있는 Ca^{2+} , Mg^{2+} 의 함량에 따라 결정되는 물의 성질을 경도라고 하는데 실천에서는 보통 물 1L속에 10mg의 CaO가 있을 때 1도라고 한다. 경도가 16인 용액을 준비하기 위하여 탈이온수 1L에 탄산칼시움 160mg을 용해시켰다.

CaCO_3 의 결정화는 용액을 가열하여 CO_2 량을 감소시키면서 공기를 넣어넣는 (0.3L/min) 방법으로 진행하였다. 다음 수~40kHz의 주파수변조된 전자기마당으로 처리한 용액과 처리하지 않은 용액 10mg씩 채취하여 유리면우에서 40℃의 온도로 건조시키는 방법으로 진행하였다.

X선회절분석기(《Rigaku-Miniflex》)와 형태분석기(《MicroXam-100》)를 리용하여 전자기마당처리전과 처리후 물때로 침적된 탄산칼시움결정립자의 결정구조변화와 크기 및 핵형성확률에 대한 정성분석을 진행하였다.

실험결과분석

그림 1에 표준용액에서 결정화된 CaCO_3 의 XRD도형을 보여주었다.

그림 1에서 보는바와 같이 탄산칼시움의 세가지 동질이상 즉 방해석, 산석, 구상방해석이 각이한 비율로 공존하고있다.

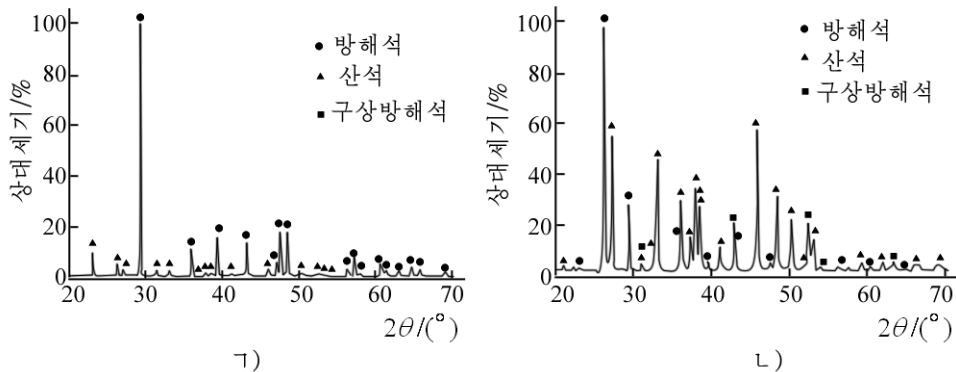


그림 1. 표준용액에서 결정화된 CaCO_3 의 XRD도형

ㄱ) 전자기마당처리전, ㄴ) 전자기마당처리후

방해석, 산석, 구상방해석의 포함량을 정성적으로 분석(표 1)한데 의하면 전자기마당 처리전에는 방해석과 산석, 구상방해석이 각각 89.9, 9.8, 0.3%이며 처리후에는 방해석과 산석, 구상방해석이 각각 29.9, 68.8, 1.3%로서 처리후에는 방해석의 60%가 산석과 구상방해석으로 변화되었다. 이러한 결과는 선행연구[3]에서 제시된 자기마당처리결과와 거의 일치한다.

물때방지에 주는 효과측면에서 고찰하면 탄산칼시움의 결정구조를 방해석으로부터 산석으로 변화시켜야 한다. 그것은 산석이 방해석보다 물에 대한 용해도가 높고 방해석(삼방정계)과 산석(직방정계)의 결정학적특성으로 하여 물때방지 및 제거에 긍정적인 영향을 주기때문이다.

표 1. 전자기마당처리에 의한 탄산칼시움결정상의 변화(%)

	방해석	산석	구상방해석
처리전	89.9	9.8	0.3
처리후	29.9	68.8	1.3

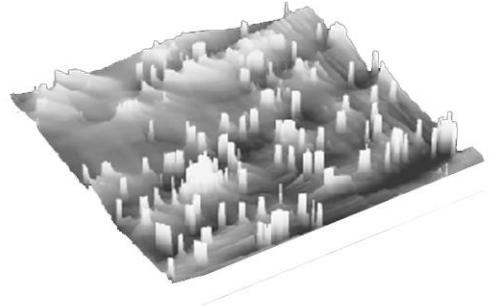
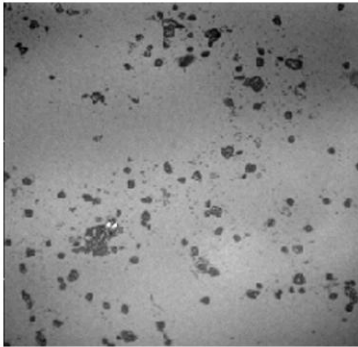
표 1에서 보는바와 같이 전자기적물처리에 의하여 방해석의 60%정도가 산석으로 변화되었다.

표공장의 수압직기에 전자기적물때방지장치를 도입하여 전자기마당처리전과 처리후 수압직기의 물때변화를 고찰하였다.(표 2)

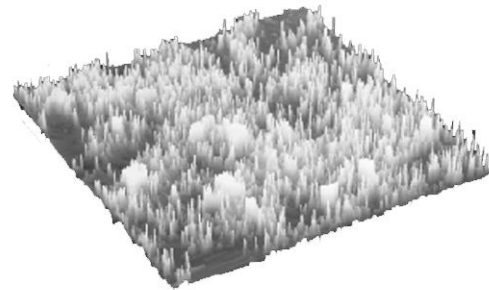
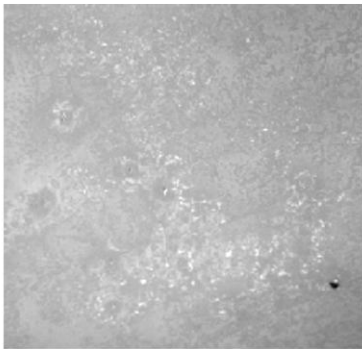
표 2. 전자기마당처리전과 처리후의 표공장 수압직기의 물때변화

직기번호	처리전 물때량/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	처리후 물때량/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	감소량/%
1	8.5	4.2	48.2
2	7.6	4.3	56.5
3	8.3	4.0	48.2
4	8.0	5.2	65
5	7.5	4.1	54.7
6	8.8	3.5	39.8
평균값	8.1	4.2	52.1

다음으로 경도가 16인 용액으로부터 얻은 탄산칼시움결정형태를 형태분석기를 리용하여 관측하였다.(그림 2) 왼쪽그림은 현미경사진이며 오른쪽그림은 3차원모형이다.



㉠)



㉡)

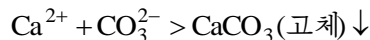
그림 2. 전자기마당처리전(㉠)과 처리후(㉡)의 현미경사진과 3차원모형

그림 2로부터 전자기마당의 물처리효과를 뚜렷이 알수 있다. 전자기마당처리전에는 처리후에 비하여 더 많은 결정핵 즉 물때침전물이 발생하였다.

보통조건에서 실험용액속에서는 CaCO_3 이 CO_2 에 의하여



의 상태로 존재한다. 풀려있는 상태는 Ca^{2+} 과 $(\text{HCO}_3)^{2-}$ 으로서 처리하기 전에는 이 이온들이 수화막으로 둘러싸여있으므로 거의 반응하지 않다가 외부에서 적당한 세기와 주파수의 전자기마당을 가할 때 물때성분이온주위의 수화막이 파괴되어



의 반응이 일어나면서 탄산칼시움의 결정화가 물관벽에서가 아니라 물체적속에서 진행되게 된다.

그림 2의 ㉡)에서 보는바와 같이 전자기마당처리후 크기가 수 m이하의 수많은 작은 립자들의 덩어리로 이루어졌다. 이것은 큰 립자로 뭉쳐진 많은 핵형성위치(종자결정)들에서 발생하는 침전에 의한것으로 볼수 있다.

처리되지 않은 침전물은 크고 부분구조가 없는 단일구조로서 대체로 평균크기가 수십 μm 이상으로 나타난다.

이것은 물에 용해된 물때성분이온들이 전자기마당의 영향으로 물체적속에서 서로 결합하여 수많은 종자결정들을 형성한다는것을 보여준다.

맺 는 말

일정한 주파수대역의 전자기마당으로 공업용수를 처리하면 물때의 기본성분인 탄산칼시움결정은 방해석(삼방)구조로부터 산석(직방)구조로 50~60% 정도 변화되어 용해도는 커지고 물관벽에 대한 부착력은 작아지며 동시에 결정핵형성확률이 높아져 수 μm 이하의 수많은 결정들이 발생하여 물때제거 및 방지에 긍정적인 영향을 주게 된다.

참 고 문 헌

- [1] S. Xiao et al.; Journal of Physical Chemistry, C 115, 20067, 2011.
- [2] A. M. Bano; Polymorphism in Biomineral Nanoparticles, University of Warwick, 1~10, 2012.
- [3] S. Kobe et al.; Crystal Engineering, 5, 243, 2002.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

Influence of the Electromagnetic Field on the Crystallization of Calcium Carbonate

Kim Su Chol

In this paper it was verified that 50~60% of CaCO_3 , main component of sludge, crystallized from the form of calcite to the form of aragonite in moderate electromagnetic field.

Keywords: calcium carbonate, electromagnetic water treatment, aragonite