

산석결정의 성장과정에 대한 연구

김 수 철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 현실에 튼튼히 발을 붙이고 사회주의건설의 실천이 제기하는 문제들을 연구대상으로 삼고 과학연구사업을 진행하여야 하며 연구성과를 생산에 도입하는 데서 나서는 과학기술적문제들을 책임적으로 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 492페이지)

전자기적물때처리과정에 물때의 기본성분인 탄산칼시움(CaCO_3)은 방해석형구조로부터 물에 대한 용해도가 크고 물관벽에 대한 부착력이 작은 산석구조로 변화된다.[1-3] 따라서 산석결정의 성장물림새를 정확히 밝히는것은 물리적물때처리과정에 물때의 방지효과를 높이는데서 중요한 문제로 나선다.

론문에서는 산석결정의 성장물림새를 밝힘으로써 물때방지효과에 긍정적인영향을 주는 원인을 해명하였다.

1. 산석의 결정성장물림새

일반적으로 수용액으로부터의 결정성장방식에는 리상결정성장, 라선전위에 의한 결정성장, 3차원핵형성에 의한 결정성장이 있다.[3]

리상결정성장은 주어진 조건에서 완전히 리상적으로 매끈한 면위에 안정하게 존재할 수 있는 림계크기의 2차원결정핵이 형성되고 그것의 가장자리들의 각이한 부위에 결정립자들이 부착되어 결정이 성장한다는 리론이다.

라선전위에 의한 결정성장리론은 결정에 이미 라선전위가 존재하며 그것은 결정에서 사라지지 않는 턱을 가지고있다는것 따라서 그 턱으로 결정립자들이 부단히 부착되어 매우 낮은 상대적과포화도에서도 계속 자란다는것이다. 이 경우 결정에 림계크기이상의 2차원핵의 형성은 필요되지 않는다.

결정성장은 결정단위포들이 3차원적으로 성장하는 과정으로서 결정립자들이 결정면들에 붙는 과정이다. 개별적결정립자들이 결정으로 붙는 과정은 관찰할수 없다. 그 과정은 결정성장이 정지된 결정에서 현재 나타나는 결정면들의 결면상태에 대한 연구를 통해서만 측정할수 있다.

산석이 어떤 성장물림새에 의하여 성장하겠는가를 밝히기 위하여 천연산석결정의 표면을 투광현미경(《PZO》)으로 관찰하였다.(그림 1-3)

그림 1에서는 2개의 라선전위중심에서 발생한 성장층들이 라선축으로부터 멀어질 때 하나의 성장층으로 겹쳐지는것을 볼수 있다. 이것은 산석이 명백히 라선전위에 의하여 성장한다는것을 의미한다.

다른 한편 그림 2에서 보는바와 같이 {010}면에서는 불순물을 중심으로 동심원상의 성장층의 퍼짐으로 자라는 이질핵형성에 의한 성장방식도 관찰된다. 이 경우에는 2차원핵형성이 필요되지 않는다. 그러나 과포화도가 높은 경우에 2차원핵형성에 의한 성장이 가능하게 된다.

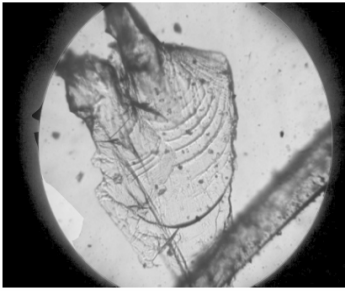


그림 1. 산석결정의 {010}면에서 라선전위결정 성장방식에 의한 성장

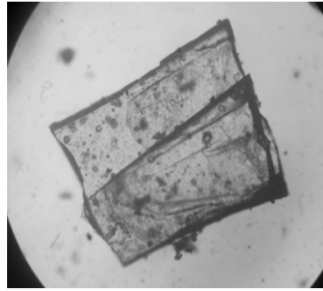


그림 2. 산석결정의 {010}면에 부착된 불순물주위의 원형성장중심

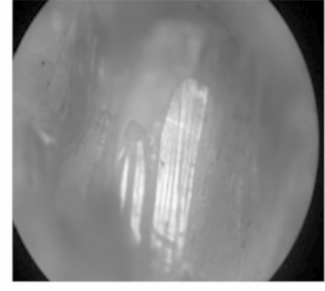


그림 3. 산석결정의 {101}면의 기복발달

{101}면의 성장에는 라선전위, 2차원결정핵의 성장방식이 필요되지 않는다. 이 면은 S면이므로 이상성장물립새에 따른다.

{110}도 S면이므로 균일성장물립새에 의한 성장이 기본역할을 하지만 면밀도가 중간 정도이므로 성장속도가 {101}보다 느린것으로 하여 2차원핵형성보다 이질핵형성에 의한 성장이 가능하다. 그것은 이 면에 성장줄무늬와 함께 물결모양의 기복이 발달되어있는것 으로부터 알수 있다.(그림 3) 위에서 서술한 산석성장물립새에 대한 내용을 종합하여 그림 4에 보여주었다.

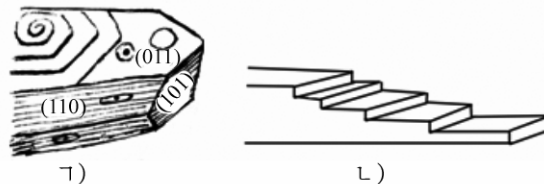


그림 4. 산석성장물립새
a) {110}의 성장단계, b) {101}의 성장단계

2. 산석결정의 침상모양형성원인

산석결정이 침상으로 자라는 원인에 대한 여러가지 리론들이 제기되었다.[4] 기본은 선행연구들에서 제기된 침모양결정 성장에 관한 리론의 부족점을 찾고 산석결정에서 c축 방향에서 다른 방향들에 비하여 왜 더 빨리 자라는가 하는것을 밝히는것이다.

산석결정이 침상형태로 자라는 원인은 다음과 같다. 결정면들의 수직성장속도는 면 간거리가 짧은 면 즉 면밀도가 가장 성긴 면들이 빠르며 면간거리가 큰 면 다시말하여 구조단위들의 밀도가 조밀한 면일수록 느리다는것이다.

이러한 가정의 기초는 첫째로, 면간거리가 짧은 면들에 놓이는 구조단위들은 면과 면사이에서 더 강하게 결합되며 같은 면안에서 구조단위들사이의 거리가 멀기때문에 단위면적에 놓이는 구조단위들의 수는 적고 단위면적을 형성하는데는 적은 수의 결정립자들이 요구된다는데 있다. 여기서 구조단위들의 면밀도는 린접한 면들의 면간거리에 의하여 주어진다는것을 념두에 두면 가정을 쉽게 리해할수 있다.

둘째로, 면의 밀도와 용액농도사이의 관계의 측면에서도 성긴 면은 뱀 면에 비하여 상대적으로 높은 파포화상태에 놓인다는것이다.

결정성장매질이 평형온도로부터 편기정도가 크면 클수록 즉 과포화도가 높으면 높을수록 매개 면들의 수직성장속도에서 차이는 심해진다. 이것은 결정과 용액사이에 평형이 이루어질 때 등축정계결정에서 모든 가능한 면의 크기가 균등해지며 따라서 등근형의 결정이 형성된다는것으로 증명된다.[4]

셋째로, 면의 종류에 따라 면전선에서의 용액의 과포화도차이는 면들의 성장물림새의 차이를 가져온다는것이다. 즉 보다 높은 과포화상태에 놓이는 면들의 성장은 2차원 또는 드문 경우에 3차원적인 핵형성물림새에 의하여 그리고 과포화도가 낮은 상태에 놓이는 면들의 성장은 라선전위에 의한 결정성장물림새에 의하여 자랄것이다.

산석은 공간군이 $Pm\bar{c}n$ 으로서 단위면에 속하는 구조단위의 수는 다 같다고 보고(계산을 간단히 하기 위하여 1이라고 보면) 산석에서 제일 많이 나타나는 면들의 면밀도를 계산하면 다음과 같다.

산석의 (101), (110), (010)면들의 면간거리와 단위면의 크기를 계산하면 다음과 같다.

$$d(101) = 3.4 \times 10^{-10} \text{ m}, \quad s(101) = 60.27 \times 10^{-20} \text{ m}^2$$

$$d(110) = 4.2 \times 10^{-10} \text{ m}, \quad s(110) = 53.71 \times 10^{-20} \text{ m}^2$$

$$d(010) = 4.9 \times 10^{-10} \text{ m}, \quad s(010) = 28.36 \times 10^{-20} \text{ m}^2$$

여기서 d , s 는 각각 면간거리와 단위면의 면적이며 괄호안의 수자는 해당한 면의 면지수이다.

이로부터 면밀도를 계산하면 다음과 같다.

$$\rho(101) = 1.65 \times 10^{18}, \quad \rho(110) = 1.86 \times 10^{18}, \quad \rho(010) = 3.53 \times 10^{18}$$

면간거리가 큰 면(면밀도가 큰 면)의 과포화도는 면밀도가 작은 면(면밀도가 작은 면)의 과포화도보다 낮다.

또한 결정의 단위면적(1cm^2)안에 들어있는 구조단위의 수는 (101)면에서 약 1.5×10^7 개, (010)면에서는 약 3.5×10^9 개로서 (101)면에 비하여 (110)면은 114배, (010)면은 232배나 더 많은 구조단위를 가지고있다.

이로부터 다음과 같은 결론이 나온다.

면간거리가 가장 짧은 면은 (101)면이며 그것의 단위면의 면적은 가장 크고 면밀도는 가장 작다. 다음으로 (110), (010)면의 순서로 면간거리는 커지며 면밀도도 커진다.

만일 주목하는 모든 면들이 오직 한가지 방식으로만 성장한다면 성장속도가 가장 빠른 면은 (101), 다음으로 (110), 마지막으로 (010)면이라고 볼수 있다. 더우기 (110)과 (101)면들의 성장은 2차원핵형성이 없이도 S 면의 성장물림새에 의한 균일성장에 의하여 진행되지만 {010}면들의 성장은 2차원핵 또는 3차원알갱이들의 부착, 라선전위 등에 의하여 진행된다. 그것은 이 면이 F 면이기때문에 결정립자들의 부착에 의한 성장이 힘든 사정과 관련된다.

또한 면간거리가 짧은 면 즉 성긴 면들은 완전리상결정성장물림새에 의하여 성장하게 될 확률이 크고 뻗 면들은 라선전위성장물림새에 따라 성장하게 될 확률이 크므로 면들의 수직성장속도에서의 차이는 더욱더 현저하다. 그리하여 (010)면의 법선성장은 라선전위성장층들의 법선썰임과 불순물들에 의하여 발생하는 성장언덕들의 법선성장에 의하여, (110)과 (101)면의 법선성장은 (010)면에서 발생하여 이동한 성장층들의 계단들에 의해 결정립자들이 부착되면서 진행된다.

결국 결정은 면밀도가 가장 뻗 면에 수직인 b 축방향에서는 압축되고 중간정도의 면밀도를 가지는 a 축방향에서는 약간 늘어나며 면밀도가 가장 작은 c 축방향으로는 길게 늘

어나는 납작한 침상모양을 이룬다. 다시말하여 산석의 침상모양은 면들에서 구조단위들의 수와 그것들의 파포화도차이 및 성장물림새의 차이에 의한 성장속도차이에 의하여 형성된다.

맺 는 말

산석결정성장물림새는 주로 나선성장과정이며 적당한 전자기마당처리에 의하여 성장되는 결정의 모양이 침상형태로 됨으로써 물때방지에 긍정적인영향을 주게 된다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 61, 3, 34, 주체104(2015).
- [2] 리영주; 광물결정화학, 김일성종합대학출판사, 80~85, 주체106(2017).
- [3] И. И. Шафрановский; Очерки по минералогической кристаллографии, Недра, 88~94, 1970.
- [4] L. Pastero et al.; Crystals, 263, 8, 1, 2018.

주체109(2020)년 9월 5일 원고접수

Investigation on the Growth Progress of Aragonite Crystals

Kim Su Chol

We explained that the growth mechanism of the aragonite crystals are mainly spiral growth and formation of needle-shape of aragonite crystals are concerned with the difference of the growth rate by the supersaturation and growth mechanism by moderate electromagnetic field treatment in water systems.

Keywords: calcium carbonate, electromagnetic treatment, aragonite