

## 물작용분해법을 리용한 베릴리움의 정제

리 철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학을 연구하고 발전시키는 목적은 혁명과 건설에서 나서는 과학기술적문제들을 해결하여 나라의 부강발전과 인민의 유족한 물질문화생활을 보장하는데 있습니다.》

(《김정일선집》 증보판 제15권 489페이지)

금속공업부문에서 합금재료로 널리 쓰이는 베릴리움의 정제에서 중요한것은 알루미늄을 비롯한 금속불순물들을 제거하는것이다.

베릴리움으로부터 성질이 류사한 알루미늄을 제거하기 위하여  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 에  $\text{NaOH}$ 용액을 첨가하고 끓이는 방법[1, 2]을 비롯한 여러가지 방법들이 리용되고있으나 물작용분해법을 리용한 구체적인 연구자료는 발표된것이 없다.

본문에서는 물작용분해법을 기본방법으로 리용하여 알루미늄을 비롯한 금속불순물들을 제거하고 베릴리움을 정제하는데 적합한 조건을 논의하였다.

### 실험 방법

수산화물의 침전분리 베릴리움의 농도가 9.94g/L인  $\text{BeSO}_4$ 용액 25mL를 비커에 넣고 교반하면서 5mol/L  $\text{NaOH}$ 용액을 적하하여 용액의 pH를 일정한 값으로 조절한 다음 20min 후에 생성된 수산화물침전물을 분리하여 탈이온수로 세척하고 건조시켰다.

$\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 용해 10g의  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 을 삼각플라스크에 넣고 일정한 량의 10mol/L  $\text{NaOH}$ 용액을 첨가한 다음 주어진 온도에서 1h동안 교반하고 찌끼를 분리하여 제거하였다.

$\text{BeO}_2^{2-}$ 의 물작용분해와 침전물분리  $\text{Na}_2\text{BeO}_2 + \text{NaOH}$ 용액 20mL를 환류랭각기가 달린 삼각플라스크에 넣고 일정한 량의 탈이온수로 희석하여 얻은 용액에 0.1g의 에틸렌디아민 테트라초산(EDTA)을 첨가하고 주어진 온도에서 일정한 시간동안 교반한 다음 생성된  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 침전물을 분리하여 탈이온수로 세척하고 건조시켰다.

금속성분들의 조성분석  $\text{BeSO}_4$ 과 수산화물에 포함되어있는 금속성분들의 조성은 발광분석기(《WSP-1》)와 에네르기분산형X선분석기를 장비한 주사전자현미경(《JSM-6610A/EDX》)으로 분석하였다.

### 실험결과 및 고찰

$\text{BeSO}_4$ 에서 금속성분들의 조성 실험에서 사용한  $\text{BeSO}_4$ 에서 금속성분들의 조성은 표 1과 같다.

표 1.  $\text{BeSO}_4$ 에서 금속성분들의 조성

금속성분	Be	Mg	Ca	Al	Fe
함량/%	82.7	6.7	5.3	4.8	0.5

표 1로부터 실험에서 사용한  $\text{BeSO}_4$ 에 포함되어있는 금속불순물은 Mg, Ca, Al, Fe라는것을 알수 있다.

$\text{Be}(\text{OH})_2$ 을 침전분리할 때 pH의 영향  $\text{BeSO}_4$ 용액의 pH에 따르는 수산화물들의 침전률 변화는 그림 1과 같다.

그림 1로부터 알수 있는바와 같이  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 과  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 은 pH가 각각 6.5, 7일 때 완전히 침전되며  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 은 pH=10 일 때 다시 용해되기 시작한다. 그리고  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 과  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 이 침전되기 시작하는 pH는 각각 8, 9로서 개별적인 수산화물용액에서의 침전시작pH인 8.7, 11.5[1]와 차이나는데 그것은 이 수산화물들이  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 과  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 의 침전물에 흡착되기때문이라고 볼수 있다.

그러므로  $\text{BeSO}_4$ 용액의 pH가 7~7.5일 때의 침전물을 분리하면 마그네슘과 칼슘의 함량이 훨씬 낮아진 베릴리움을  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 상태로 얻을수 있다.(표 2)

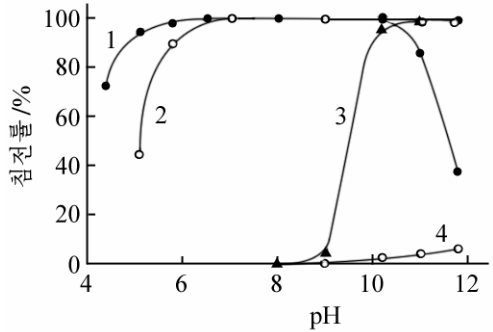


그림 1.  $\text{BeSO}_4$ 용액의 pH에 따르는 수산화물들의 침전률변화  
1- $\text{Al}(\text{OH})_3$ , 2- $\text{Be}(\text{OH})_2$ , 3- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , 4- $\text{Ca}(\text{OH})_2$

표 2. pH=7.5 일 때 얻어진  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 에서 금속성분들의 조성

금속성분	Be	Al	Mg	Ca	Fe
함량/%	90.1	5.9	2.1	1.6	0.3

$\text{Be}(\text{OH})_2$ 을 용해시킬 때 온도와 가성비의 영향 량성수산화물인  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 은 짙은 NaOH용액에 용해되며 이때 베릴리움은  $\text{BeO}_2^{2-}$  상태로 용액에 존재하지만 Mg, Ca의 수산화물들은 매우 적게 용해된다. 이 성질을 리용하여 베릴리움을 정제할 때 중요한것은  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 용해률을 높이는것이다.

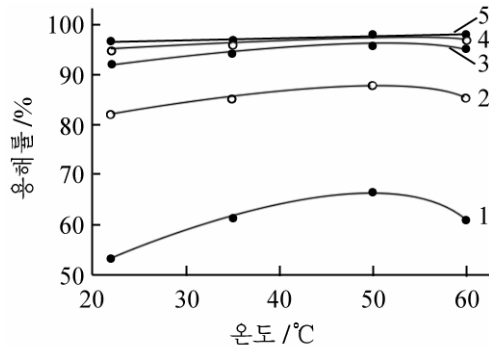


그림 2. 온도와 가성비에 따르는  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 용해률변화

1-5는 가성비가 각각 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5인 경우

50°C이며 용액의 가성비는 3이다.

7~7.5의 pH에서 침전분리한  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 을 10mol/L NaOH용액에 용해시킬 때 온도와 가성비( $\text{Na}_2\text{O}$ 와  $\text{BeO}$ 로 환산한 물질량비)에 따르는  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 용해률변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 용해률은 50°C일 때 최대가 되며 그이상의 온도에서는  $\text{BeO}_2^{2-}$ 이 물작용분해되어 다시  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 로 전환되기때문에 용해률이 감소한다. 그리고 가성비가 3이상일 때의 용해률변화는 거의나 없다. 그러므로 베릴리움정제에 적합한  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 용해온도는

$\text{BeO}_2^{2-}$ 을 물작용분해시킬 때 NaOH농도와 온도, 시간의 영향  $\text{Na}_2\text{BeO}_2$ 용액을 가열하면 용액속의  $\text{BeO}_2^{2-}$ 은 물작용분해되어  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 상태로 침전되며 기본불순물인 알루미늄은 용액에 남는다. 그리고 이 용액에 EDTA를 첨가하면 Mg, Ca, Fe도 역시 안정한 착이온상태로 용액에 남는다.

우의 실험에서 얻어진  $\text{Na}_2\text{BeO}_2 + \text{NaOH}$ 용액속의  $\text{BeO}_2^{2-}$ 을 물작용분해시킬 때 NaOH

농도에 따르는  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 거뭇물변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 거뭇물은 NaOH농도가 낮을수록 증가하며 그 값이 0.2mol/L이하로 되도록 용액을 희석할 때 99%로 된다.

한편 온도와 시간에 따르는  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 거뭇물변화는 그림 4와 같다.

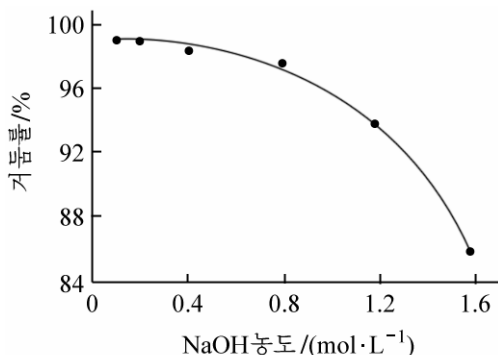


그림 3. NaOH농도에 따르는  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 거뭇물변화  
온도 100°C, 시간 1.5h

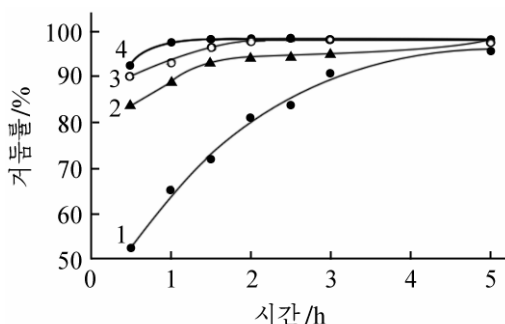


그림 4. 온도와 시간에 따르는  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 거뭇물변화  
1—4는 온도가 각각 70, 80, 90, 100°C인 경우, NaOH농도 0.2mol/L

그림 4에서 보는바와 같이  $\text{BeO}_2^{2-}$ 의 물작용분해로 인한  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 생성과 침전에는 시간보다 온도가 더 큰 영향을 미치며 100°C에서 1.5h후에는 거뭇물이 99%에 도달한다.

그러므로 NaOH농도가 0.2mol/L이하인  $\text{Na}_2\text{BeO}_2$ 용액을 100°C에서 1.5h동안 교반하면 정제된  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 을 99%의 거뭇물로 얻을수 있다.

정제된  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 에서 금속성분들의 조성은 표 3과 같다.

표 3. 정제된  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 에서 금속성분들의 조성

금속성분	Be	Al	Ca	Mg	Fe
함량/%	97.8	1.1	0.8	0.3	—

## 맺 는 말

- 1)  $\text{BeSO}_4$ 용액으로부터  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 을 침전분리하는데 적합한 pH는 7~7.5이다.
- 2) 10mol/L NaOH용액에 의한  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 용해에 적합한 온도는 50°C이고 가성비는 3이다.
- 3)  $\text{BeO}_2^{2-}$ 의 물작용분해특성을 리용한  $\text{Be}(\text{OH})_2$ 의 침전분리에 적합한 조건은 NaOH 농도 0.2mol/L이하, 온도 100°C, 시간 1.5h이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박의현; 경금속야금학, 김책공업대학출판사, 122~134, 1985.
- [2] 李成星; 稀有金属, 40, 3, 250, 2012.

## **Purification of Beryllium Using Hydrolysis Method**

*Ri Chol*

We considered influences of some factors on the purification of beryllium using the hydrolysis method and found the reasonable conditions. This method is effective for removing aluminium from beryllium.

Keywords: beryllium, purification