

有機酸을 이용한 Aluminum Hydroxide의 微量元素 除去研究[†]

†李華永 · 趙景佰*

韓國科學技術研究院 二次電池研究센터, *韓國地質資源研究院 資源活用素材研究部

A Study on the Removal of Minor Elements from Aluminum Hydroxide with Organic Acids[†]

†Hwa-Young Lee and Sung-Baek Cho*

Battery Research Center, Korea Institute of Science & Technology, P. O. Box 131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

*Minerals & Materials Processing Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

요 약

본 연구에서는 국산 99.7% 순도의 수산화알루미늄을 대상으로 미량원소로 함유되어 있는 Na, Ca 및 Fe의 제거실험을 수행하였다. 용출액으로는 유기산인 oxalic acid와 citric acid를 사용하였으며, 수산화알루미늄은 초기 입도가 서로 다른 2 종류의 시료를 사용하였다. 수산화알루미늄의 미립화를 위해 ball mill을 사용하여 미분쇄 실험을 수행하였으며, 용출조건에 따른 미량원소의 용출특성을 조사하였다. 실험결과 0.1~1.0 mole/l 농도범위에서 oxalic acid에 의한 원소 용출율이 citric acid보다 높은 것으로 나타났으며, 유기산 농도가 증가할수록 또한 반응온도가 증가할수록 원소의 용출율은 증가하였다. 미분쇄 공정시 순수한 불에 의한 Na의 용출율은 약 45%에 달해 aluminum hydroxide에 함유된 Na 성분의 상당 부분은 수용성 화합물인 것으로 확인되었다.

주제어 : 수산화알루미늄, 유기산, 용출, 고순도

Abstract

The removal of minor elements such as Na, Ca and Fe has been performed from domestic aluminum hydroxide of 99.7% purity with organic acids. Oxalic and citric acid were used as the leaching agent, respectively and aluminum hydroxides of different particle size were also employed for the purification with organic acid leaching. Fine grinding of aluminum hydroxide has been tested using ball mills and leaching characteristics of each element have also been examined in terms of leaching parameters such as temperature, acid concentration, and solid density. As a result, it was found that oxalic acid showed higher leaching efficiency than citric acid in the concentration range of 0.1 to 1.0 mole/l and leaching amount of each element was also increased with the acid concentration and reaction temperature. It was observed that about 45% of Na was leached out during ball milling process which implied that the majority of Na contained in aluminum hydroxide was water soluble compound.

Key words : aluminum hydroxide, organic acid, leaching, high purity

1. 서 론

수산화알루미늄과 이를 소성한 알루미늄은 수돗물 정수처리제, 각종 폐수처리제, 제지의 사이징제, 파인세라믹, 난연제, 내화물의 원료로 사용되는 기초 소재중의 하나로서,¹⁻⁴⁾ 우리나라도 산업 신장으로 인하여 해마다

사용량이 꾸준히 늘고 있는 추세이다.

국내에서는 전남 영암군 소재의 KC(주)에서 연간 약 140,000 톤의 생산능력을 가지고 알루미늄의 주요 원료인 보오크사이트로부터 Bayer Process를 통하여 수산화알루미늄을 생산 및 공급하고 있다. 주지하는 바와 같이 Bayer Process는 보오크사이트 등의 원료를 가성 소다 및 소다회와 고온 고압으로 반응시켜 sodium aluminate 용액으로 만든 다음 이를 농축하여 aluminum

[†] 2008년 6월 20일 접수, 2008년 9월 18일 수리

*E-mail: hylee@kist.re.kr

hydroxide 결정을 침전시키는 공정으로 구성되어 있기 때문에 이 과정에서 생성된 수산화알루미늄은 불가피하게 알칼리 성분인 Na가 혼입되게 마련이다.

현재 일반 공업용 등급의 수산화알루미늄(순도 99.7%)은 Na 함량이 0.2% 내외로써 주요 불순물이며, 이외에 미량의 Fe, Ca 및 Si 등이 혼입되어 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 최근 IT 산업의 발달과 산업 고도화로 인하여 점차 고순도의 알루미늄 제품이 요구되고 있으며, 실제로 청색 LED, SAW(탄성표면파) device용 기판, 반도체 SOS 기판 및 고순도 촉매 용도 등으로의 알루미늄(Al_2O_3)은 99.99% 이상의 순도를 요하는 등 향후 이와 같은 고순도 수산화알루미늄 혹은 알루미늄의 수요가 급증할 것으로 예상되고 있다.

고순도 수산화알루미늄 혹은 알루미늄의 제조 방법은 크게 Bayer Process로부터 얻은 수산화알루미늄을 산 및 알칼리 분해하여 정제하는 방법과 고순도(순도 99.99% 이상) 금속 알루미늄을 원료로 사용하여 제조하는 방법으로 나눌 수 있는데, 상업적으로는 후자의 방법을 사용하여 제조하고 있다.⁵⁾ 이와 같이 산 및 알칼리 분해를 사용한 정제방법이 상업적으로 채택되지 못하고 있는 이유는 우선 정제 공정이 제대로 확립되어 있지 않고, 또한 황산 혹은 염산 등의 강산을 사용할 경우 야기되는 환경오염 및 장치부식의 문제점이 있기 때문이다. 그러나, 후자의 방법과 같이 고순도 금속 알루미늄을 원료로 사용하는 제조법은 우선 사용하는 원료가 매우 고가일 뿐 만 아니라 금속 알루미늄을 산화시키기 위한 반응 기술의 까다로운 면이 단점으로 지적되고 있다. 최근에는 각종 원료 소재의 정제를 위해 환경오염 문제를 야기하는 무기산 대신에 유기산을 사용하여 불순물을 제거하는 연구도 많이 수행되고 있다.⁶⁻¹²⁾

따라서, 본 연구에서는 일반 공업용 수산화알루미늄을 대상 원료로 하여 유기산인 oxalic acid와 citric acid를 사용한 용출실험을 통해 주요 불순물인 Na와 함께 미량원소로 함유된 Fe 및 Ca의 용출 특성을 파악하여 향후 고순도 수산화알루미늄 혹은 알루미늄 제조를 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

2. 시료 및 실험 방법

2.1. 수산화알루미늄 시료 및 화학분석

본 실험에서 사용한 원료물질은 국내 수산화알루미늄 및 알루미늄 제조업체에서 생산된 공업용 규격의 수산화알루미늄 2 종류로써(DH-50 및 KH-17R), 이에 대한

화학분석 및 입도측정(Particle size analyzer, Model: Beckman Coulter LS PSA) 결과는 각각 Table 1과 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 이들 수산화알루미늄에 함유된 불순물중 가장 함량이 높은 성분은 Na로써 이는 원료인 bauxite를 Bayer process를 통해 처리하는 과정에서 불가피하게 투입되는 NaOH 혹은 Na_2CO_3 로 인하여 Na 성분이 혼입되었기 때문이다. 수산화알루미늄에 혼입되어 있는 Na 성분의 존재형태는 아직까지 확실하지는 않으나 대부분 수산화알루미늄 입자 표면에 부착된 수용성 성분과 일부 복합염 혹은 산화물 형태인 것으로 추정되고 있다. 한편, Na 이외의 불순물로써 미량의 Fe, Si, Ca 등이 원료물질에 함유되어 있음을 알 수 있었다. Table 1에서 보는 것처럼 주요 불순물인 Na 함량이 0.18~0.20 wt.%, 그 외에 미량원소로써 Fe 및 Ca 함량이 0.01 wt.% order로 나타나고 있다.

Table 1. Minor elements analysis of aluminum hydroxide (wt.%)

	Na	Fe	Ca	Si
DH-50	0.18	0.012	0.016	<0.01
KH-17R	0.20	0.013	0.016	<0.01

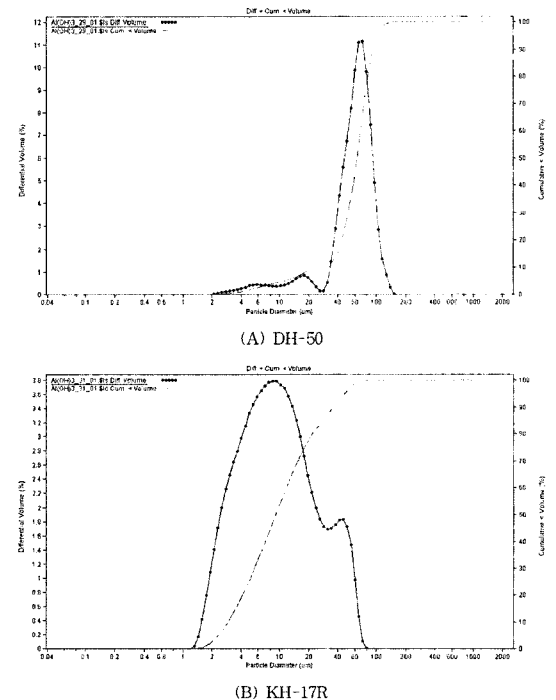


Fig. 1. Particle size distribution of aluminum hydroxide used in the work.

한편, Fig. 1은 수산화알루미늄 시료의 입도분포를 측정한 결과를 보여주는 것으로서, DH-50 및 KH-17R의 입도분포 특성을 나타내고 있다.

이들 입도분포 특성을 살펴보면, DH-50의 경우 10 μ m 미만의 입자는 매우 적으며, 대부분 30~150 μ m 범위에 분포하고 있음을 알 수 있었다. 반면, KH-17R의 경우 수 μ m 입도의 수산화알루미늄 입자가 상당히 많은 부분을 차지하고 있었으며, 입도분포는 bimodal 형태의 분포를 보여 주었다.

2.2. 실험 방법

수산화알루미늄의 유기산에 의한 용출실험은 온도 제어기가 부착된 heating mantle에 1 L 비이커를 삽입한 다음 oxalic acid($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, M.W. 126.07, EP grade, Yakuri Pure Chemicals, Co.) 혹은 citric acid ($H_6C_6O_7 \cdot H_2O$, M.W. 210.14, EP Grade, Yakuri Pure Chemicals, Co.)를 소정 농도로 조절한 침출액 500 ml를 채우고 대상 원료인 수산화알루미늄 분말을 25 g 첨가하여 용출실험을 실시하였다. 이때 비이커 내부에 Impeller를 장착하여 회전속도를 700 rpm으로 고정하고 온도 제어기를 통하여 용액의 온도를 소정 온도로 유지하도록 하였다. 반응이 시작된 후 일정 시간 간격으로 시료를 채취하여 원심분리기(Eppendorf, Centrifuge 5416)를 통하여 고형분을 제거하고 상등액중의 금속 이온농도 분석(ICP Spectrophotometer, Perkin Elmer, OPTIMA 5300DV) 및 pH 측정(pH Meter, Fisher Scientific, Accumet Model 20)을 실시하였다.

한편, 본 실험에서는 수산화알루미늄의 입도에 따른 미량원소의 용출 특성을 조사하기 위하여 Ball Mill을 사용하여 최대 48시간까지 미분쇄 실험을 실시하였으며, 이때 증류수에 직접 oxalic acid를 첨가하는 방법으로 미분쇄와 용출 공정을 동시 수행하기도 하였다. Ball Mill 실험은 증류수 500 ml에 수산화알루미늄 25~50 g을 첨가하고 직경 10 mm ϕ 및 20 mm ϕ zirconia ball을 각각 1,500 g씩 충전하여 700 rpm의 회전속도로 습식 분쇄를 실시하였다. 또한, 분쇄 시간별로 각각의 분쇄 산물을 채취하여 입도분석(Particle size analyzer, Model: Beckman Coulter LS PSA) 및 SEM 측정(Model: FEI XL 30 ESEM)을 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 유기산에 의한 미량원소 용출 특성

Fig. 2는 KH-17R 원료를 oxalic acid 0.1 mole/l 용

액으로 고체농도 50 g/l(5%)로 하여 상온에서 용출하였을 때 각각의 원소에 대한 용출특성을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 용출시간이 경과함에 따라 각각 원소들의 용출율은 증가하고는 있으나, 증가폭이 그다지 크지는 않은 것으로 나타나고 있으며, 120분 용출 후 Al은 2% 미만의 용출량을 보였다. 또한, 전반적으로 미량원소들의 용출율은 낮아 120분 용출시 Ca와 Na만이 15% 이상의 용출율을 보이고 Fe는 5% 이하로 매우 낮은 값을 나타내고 있다. KH-17R의 초기 함량이 Na 2,000 ppm, Fe 130 ppm, Ca 160 ppm임을 감안하면 미량원소들의 용출 제거량은 다소 낮은 것으로 파악되었다.

Fig. 3은 oxalic acid 농도를 0.2 mole/l로 증가시켜 KH-17R의 용출실험을 실시한 결과를 도시한 것이다.

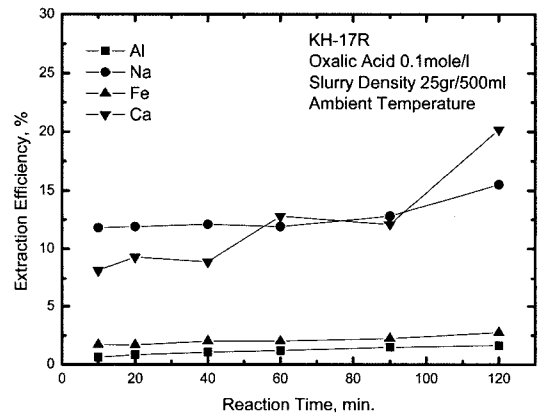


Fig. 2. Variation of extraction efficiency with reaction time for KH-17R at 0.1 mole/l oxalic acid.

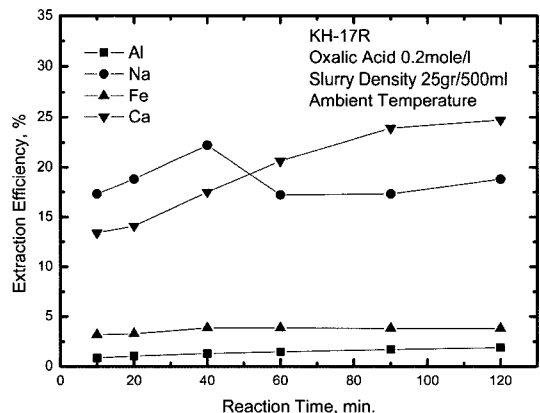


Fig. 3. Variation of extraction efficiency with reaction time for KH-17R at 0.2 mole/l oxalic acid.

그림에서 보는 것처럼 Al 과 Fe의 용출율은 5% 미만으로 oxalic acid 0.1 mole/l의 경우와 큰 차이가 없었으나, Na와 Ca는 대체로 15% 이상의 용출율을 보이고 있다. 특히, Ca의 경우는 120분 반응시 25%에 근접한 용출율을 보여 oxalic acid 농도가 증가함에 따라 제거량이 상당히 증가하였다. 유기산에 의한 용출에 있어서 원소별로 용출율이 차이가 나는 이유는 우선 Bayer process로 얻은 수산화알루미늄 입자내에 혼입된 미량원소들이 존재하는 형태와 분포 특성이 서로 다르기 때문으로 해석되고 있으며, 특히 주요 불순물인 Na의 경우 수용성 화합물 형태로 존재하는 부분이 많을 것으로 예상되기도 한다.

Fig. 4는 oxalic acid 농도 범위 0.1~1.0 mole/l에서 KH-17R에 대한 미량원소 용출 특성을 보여주고 있다. 그림에서 보면, 용출시간 120분, 고체농도 50g/l일 때 유기산 농도가 증가함에 따라 각 원소의 용출율이 증가하는 모습을 알 수 있으며, Ca 및 Fe의 증가율이 Na와 Al에 비해 높은 것으로 나타나고 있다. Al은 oxalic acid 1.0 mole/l까지의 농도에서 2.5% 미만의 용출을 보여 Al 손실을 최대한 억제할 수 있음을 알 수 있었다. Na 성분은 oxalic acid 농도변화에 따른 용출을 변화가 그리 크지 않은 것으로 관찰되었는데, 이것은 입자 표면의 수용성 Na 화합물이 상당 부분을 차지하기 때문인 것으로 풀이되었다.

Table 2는 oxalic acid를 사용한 수산화알루미늄의 용출시 반응시간에 따른 수용액 pH 변화를 나타내고 있다.

Table 2에서 보는 바와 같이 oxalic acid를 첨가하기 전의 수용액 pH는 pH 8 이상의 약알칼리성을 보이나, oxalic acid가 용해되면서 급격히 산성으로 전환되는 것으로 관찰되었다.

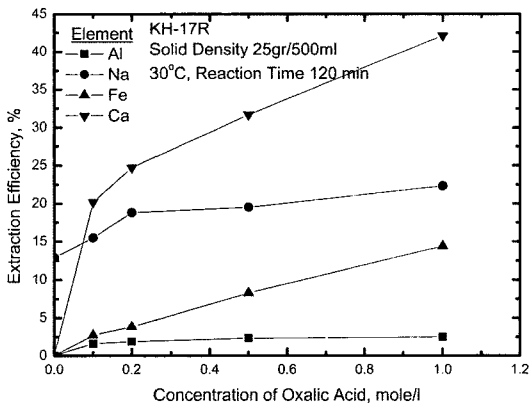


Fig. 4. Effect of concentration of oxalic acid on extraction efficiency.

Fig. 5는 반응온도에 따른 각 원소의 용출율 변화를 도시한 것으로써, 반응온도가 증가할수록 용출율은 증가하고 있으며 Ca의 증가폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 그러나, Na 및 Fe의 경우에는 Ca에 비해서 반응온도 상승에 따른 용출율 증가폭이 그리 크지 않았으며 따라서 이들 원소의 용출량을 증가시키기 위해 반응온도를 올리는 것은 효과적이지 않음을 알 수 있었다.

마찬가지로 Fig. 6은 oxalic acid 농도 1.0 mole/l의 경우 반응온도에 따른 Al 및 미량원소들의 용출율 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 oxalic acid 0.5 mole/l에서와 마찬가지로 반응온도가 증가함에 따라서 각 원소의 용출율은 증가하는 모습을 보여주고 있으나, 미량원소인 Na, Fe, Ca의 용출율 증가폭에 비해서 오히려 Al의 증가폭이 더욱 큰 것으로 관찰되었다. 따라서, 앞에서 설명한 것처럼 미량원소의 용출을 증가시키기 위해서 반응온도를 상승시키는 것은 바람직하지 않다는 사실을 확인할 수 있었다.

Table 2. Variation of aqueous pH with reaction time

Reaction Time, min.	Sample Code: KH-17R	
	0.5 mole/l**	1.0 mole/l**
0*	8.49	8.92
20	0.65	0.43
40	0.62	0.40
60	0.59	0.38
90	0.55	0.36
120	0.52	0.36

*Initial slurry pH, **Concentration of oxalic acid

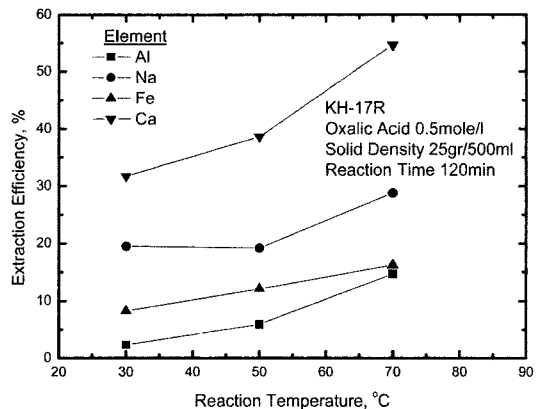


Fig. 5. Effect of reaction temperature on extraction efficiency at 0.5 mole/l oxalic acid.

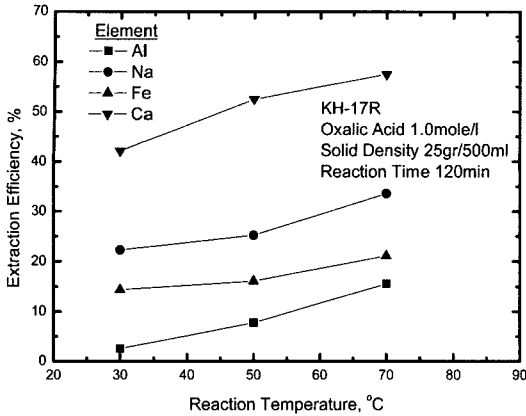


Fig. 6. Effect of reaction temperature on extraction efficiency at 1.0 mole/l oxalic acid.

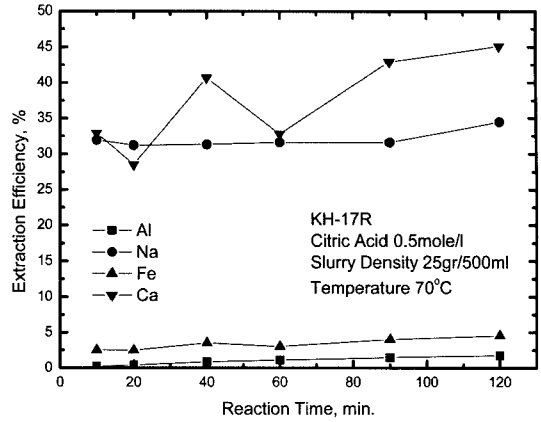


Fig. 8. Variation of extraction efficiency with reaction time for KH-17R at 70.

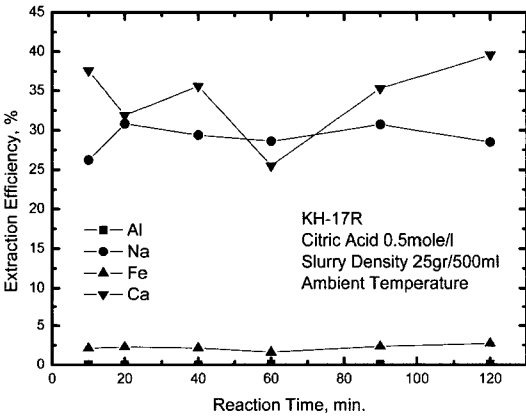


Fig. 7. Variation of extraction efficiency with reaction time for KH-17R at 0.5 mole/l citric acid.

한편, Fig. 7은 유기산인 citric acid를 사용하여 KH-17R을 대상으로 용출실험을 실시한 결과로써, oxalic acid의 경우와 비교하여 보면 각 원소의 용출율이 다소 낮은 것으로 나타났다. 즉, Ca 및 Na의 경우 30% 내외의 용출율에 그치고 있으며, Fe 및 Al 용출율은 매우 낮아 5% 미만의 소량만 용출되었음을 알 수 있었다.

또한, Fig. 8은 마찬가지로 citric acid를 사용하여 KH-17R을 대상으로 반응온도 70°C에서 용출한 결과를 보여주고 있으며, 앞의 결과와 비교해 볼 때 각 원소의 용출량이 약간 증가하는 것을 제외하고는 큰 차이가 없었다. 이와 같이 citric acid를 사용하는 경우 oxalic acid에 비해 전체적으로 미량원소의 용출율이 저하되는 것을 알 수 있는데, 이것은 Table 3에 나타난 것처럼 수용액중 산도(acidity)에 있어서 citric acid가 oxalic acid에 비해 낮기 때문으로 사료된다. 즉, 25°C의 수용

Table 3. Variation of aqueous pH with reaction time for 0.5 mole/l citric acid.

Reaction Time, min.	Sample Code: KH-17R	
	Ambient Temperature**	70**
0*	9.24	9.02
20	1.62	1.68
40	1.59	1.62
60	1.57	1.60
90	1.54	1.60
120	1.53	1.59

*Initial slurry pH, **Reaction temperature

액에서 oxalic acid와 citric acid의 이온화 상수를 살펴 보면 우선 oxalic acid((CO₂H)₂)의 경우 1차 이온화 평형상수 $K_1 = 6.5 \times 10^{-2}$ (pKa = 1.2)이고 2차 이온화 평형상수 $K_2 = 6.1 \times 10^{-5}$ (pKa = 4.2)임에 비해 citric acid(C(OH)(CH₂CO₂H)₂CO₂H)는 1차 이온화 평형상수 $K_1 = 7.4 \times 10^{-4}$ (pKa = 3.13), 2차 이온화 평형상수 $K_2 = 1.7 \times 10^{-5}$ (pKa = 4.76), 3차 이온화 평형상수 $K_3 = 4.0 \times 10^{-7}$ (pKa = 6.40)의 값을 가지고 있어 oxalic acid보다는 낮은 산도를 나타낸다. 따라서, 앞에서 보는 바와 같이 수산화알루미늄의 용출에 있어서 전반적으로 낮은 용출율을 보이는 것으로 판단된다.

3.2. 수산화알루미늄 미분쇄 및 미량원소 용출

Fig. 9는 DH-50을 대상으로 분쇄시간별로 수산화알루미늄의 입도분포를 측정된 결과를 보여주는 것으로써,

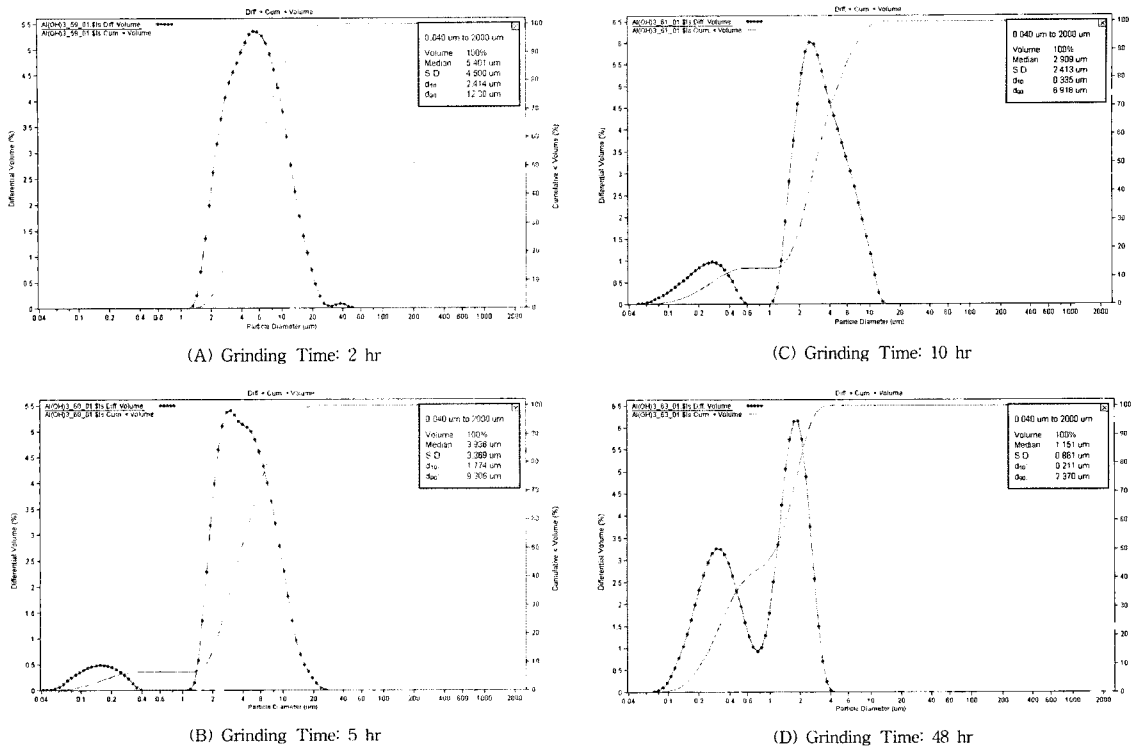


Fig. 9. Variation of particle size distribution with grinding time.

그림에서 보는 것처럼 분쇄시간이 경과할수록 평균입자 크기가 작아지는 현상을 확연히 관찰할 수 있었다. 즉, 2 시간 경과후 평균입자는 초기 50 µm에서 5.4 µm로 감소함과 동시에 최대 입자는 대략 50 µm 정도로 나타나고 있으며, 5시간 경과후에는 평균입자 3.9 µm 최대 입자 약 30 µm 정도이다. 또한, 0.4 µm 미만의 매우 작은 입자들이 생성된 것을 알 수 있다. 특히, 입도분포 모양에 있어서도 bimodal distribution의 형태로 전환되는 모습을 보여 주었다.

마찬가지로 분쇄시간이 10시간 경과하면 평균입자크기가 2.9 µm까지 감소하고 최대 입자 크기는 15 µm으로 줄어들며, 48시간 분쇄하면 평균입자 1.2 µm의 수산화알루미늄 분말을 얻을 수 있게 된다. 이상과 같은 원료물질의 미분쇄 실험을 통하여 Ball Mill을 이용한 수산화알루미늄의 미립화가 매우 용이하다는 사실을 알 수 있었다. 즉, 48시간의 분쇄 공정을 통하여 초기 입도 50 µm의 수산화알루미늄을 1.2 µm까지 약 1/50 정도로 미립화가 가능하다. 또한, 유기기 산에 의한 미량원소 용출시 수산화알루미늄의 입도는 매우 중요한 변수로 작용함은 물론 가능한 한 원료물질의 입자크기를 작게하는 것이

유리하다는 사실을 감안하면 용출 공정에 앞서 미리 미분쇄 공정을 거치는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

Fig. 10은 미분쇄를 통해 얻은 수산화알루미늄의 SEM 사진을 보여주고 있으며, 판상 형태의 입자가 쪼개져 작은 입자가 된 모양을 관찰할 수 있다. 분쇄시간 10시간 까지는 쪼개진 작은 입자와 함께 큰 입자가 같이 섞여 있는 모습을 볼 수 있으나 48시간 분쇄된 후에는 판상 모양의 큰 입자가 거의 보이지 않고 있다. 또한, 입도분포 측정결과와 마찬가지로 분쇄시간이 경과함에 따라 입자 크기가 작아지는 양상을 SEM 사진을 통해서도 확연히 관찰할 수 있었다.

Fig. 11은 이와 같이 Ball Mill을 통한 미분쇄와 1 mole/l 농도의 유기산에 의한 용출을 동시에 수행하였을 때의 반응시간에 따른 각 원소의 용출율을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 분쇄시간 24시간의 경우 Fe와 Na는 80% 가량의 용출율을 보이고 Ca는 90% 이상 용출되는 것으로 나타났다. 이것은 분쇄시간이 경과하면서 수산화알루미늄 입도가 작아지고 유기산에 의한 용출은 계속되면서 용출율이 꾸준히 증가하기 때문이다. 그러나, 이 반면 Al 용출을 또한 마찬가지로 증가



(A) Grinding Time: 2 hr



(B) Grinding Time: 10 hr



(C) Grinding Time: 48 hr

Fig. 10. SEM photos of ground aluminum hydroxide.

하여 60% 이상이 용해됨을 알 수 있었다. 따라서, Al 용출을 억제하기 위해서는 유기산 농도를 보다 낮추어 미분쇄를 하여야 하나 이때 다른 미량원소의 용출율이 너무 낮아지지 않도록 제어하는 것이 필요하리라고 본다.

한편, Fig. 12는 미분쇄 공정시 유기산을 첨가하지 않은 상태에서의 Na 용출율을 나타낸 것으로써, 수산화알루미늄

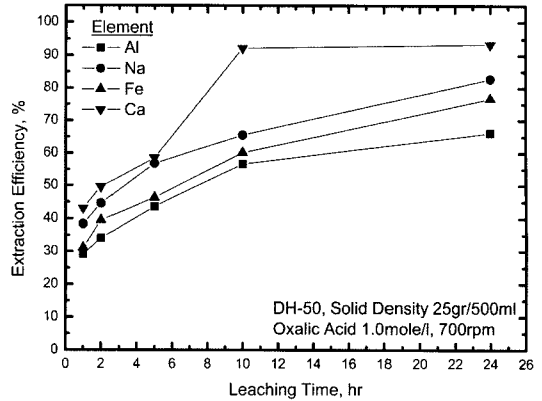


Fig. 11. Variation of extraction efficiency with time for DH-50.

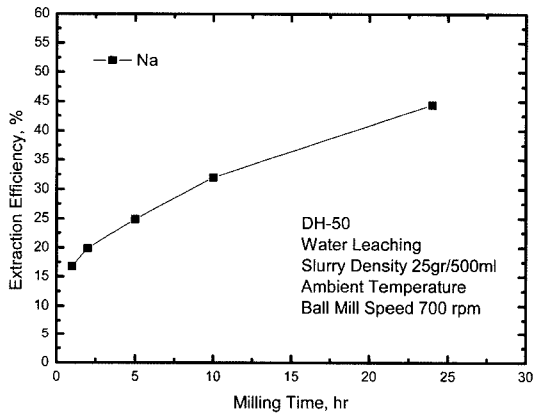


Fig. 12. Effect of milling time on extraction of Na for water leaching of DH-50.

의 주요 불순물인 Na 성분의 제거효과를 보여주고 있다. 이 결과에 의하면, 순수한 물을 사용하여 용출하는 경우 24시간 미분쇄와 용출을 하였을 때 Na 용출율은 약 45%에 이르고 있음을 알 수 있었다. 또한, Na 이외의 미량원소인 Fe, Ca 등의 용출은 거의 없는 것으로 관찰되었으며 수산화알루미늄 불순물로서 Na 함량이 1,800~2,000 ppm으로 가장 높은 것을 감안하면 이와 같이 미분쇄 공정만으로도 상당량의 Na 성분을 제거할 수 있음을 확인하였다.

4. 결 론

국산 99.7% 순도의 aluminum hydroxide를 대상 원료로 사용하여 유기산에 의한 미량원소 용출실험을 수행한 결과 다음의 결론을 얻었다.

- (1) oxalic acid 농도 범위 0.1~1.0 mole/l에서 KH-

17R을 대상으로 용출시간 120분, 고체농도 50 g/l로 하여 용출하는 경우 oxalic acid 농도가 증가함에 따라 각 원소의 용출율은 증가하였으며, 이때 Ca 및 Fe의 증가율이 Na와 Al에 비해 높은 것으로 나타났다. Al은 oxalic acid 1.0 mole/l까지의 농도에서 2.5% 미만의 용출을 보여 Al 손실이 크지않음을 알 수 있었다.

(2) 반응온도에 따른 원소별 용출을 변화를 조사한 결과 반응온도가 증가할수록 각 원소의 용출율은 증가하였으며 특히 Ca의 증가폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 그러나, Na 및 Fe의 경우에는 Ca에 비해서 반응온도 상승에 따른 용출을 증가폭이 크지 않은 것으로 나타나 이들 원소의 용출량을 증가시키기 위해 반응온도를 상승시키는 것은 효과적이지 않은 것으로 나타났다.

(3) citric acid를 사용하여 aluminum hydroxide를 처리하는 경우 동일 조건하에서 oxalic acid에 비하여 원소별 용출율이 전반적으로 낮은 것으로 나타났으며, 이것은 수용액 중 산도가 oxalic acid에 비해 낮기 때문으로 풀이되었다.

(4) DH-50을 대상으로 한 미분쇄 실험결과 Ball Mill을 이용한 aluminum hydroxide의 미립화가 매우 용이하다는 사실을 알 수 있었으며, 48시간의 분쇄 공정을 통하여 초기 입도 50 μm 의 aluminum hydroxide 시료를 평균 입도 1.2 μm 까지 약 1/50 정도로 미립화가 가능하였다.

(5) 미분쇄 공정시 순수한 물에 의한 Na 성분의 용출특성을 조사한 결과 24시간 미분쇄와 용출을 하였을 때 Na 용출율은 약 45%에 이르는 반면 Ca, Fe 및 Al 용출은 없는 것으로 나타나 aluminum hydroxide에 함유된 Na 성분의 상당 부분은 수용성 화합물인 것으로 나타났다. 그러나, 이와 같은 Na 성분의 제거에도 불구하고 99.99% 이상의 고순도 aluminum hydroxide로 정제하기 위해서는 유기산에 의한 용출만으로는 한계가 있으며, 이를 위한 보다 효과적인 정제 방법의 개발이 요구되고 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 소재원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 말씀을 드립니다.

李 華 永

- 현재 한국과학기술연구원 2차전지연구센터 책임연구원
- 당 학회지 제10권 4호 참조

참고문헌

1. Haber, J., Nattich, M., and Machej, T., 2008 : *Alkali-metal promoted rhodium-on-alumina catalysts for nitrous oxide decomposition*, Applied Catalysis, **77**, pp. 278-283.
2. Gulicovski, J. J., Cerovic, L. S., and Milonjic, S. K., 2008 : *Stability of alumina suspensions in the presence of Tiron*, Ceramics International, **34**, pp. 23-26.
3. Mao, X., Shimai, S., and Wang, S., 2008 : *Gelcasting of alumina foams consolidated by epoxy resin*, Journal of the European Ceramic Society, **28**, pp. 217-222.
4. Corrochano, J. et al., 2008 : *Whiskers of Al₂O₃ as reinforcement of a powder metallurgical 6061 aluminum matrix composite*, Materials Letters, **62**, pp. 103-105.
5. Martin, E. S. and Weaver, M. L., 1993 : *Synthesis and properties of high-purity alumina*, American Ceramic Society Bulletin, **72**, pp. 71-77.
6. Cameselle, C., Nunez, M. J., and Lema, J. M., 1997 : *Leaching of kaolin iron-oxides with organic acids*, J. Chem. Tech. Biotechnol., **70**, pp.349-354.
7. Valix, M., Usai, F., and Malik, R., 2001 : *The electro-sorption properties of nickel on Laterite gangue leached with an organic chelating acid*, Minerals Engineering, **14**, pp. 205-215.
8. Hernandez, C., Banza, A. N., and Gock, E., 2007 : *Recovery of metals from Cuban nickel tailings by leaching with organic acids followed by precipitation and magnetic separation*, Journal of Hazardous Materials, **B139**, pp. 25-30.
9. Teir, S. et al., 2007 : *Dissolution of natural serpentinite in mineral and organic acids*, Int. J. Miner. Process., **83**, pp. 36-46.
10. Ambikadevi, V. R. and Lalithambika, M., 2000 : *Effect of organic acids on ferric iron removal from iron-stained kaolinite*, Applied Clay Science, **16**, pp. 133-145.
11. Khodadoust, A. P., Reddy, K. R., and Maturi, K., 2005 : *Effect of different extraction agents on metal and organic contaminant removal from a field soil*, Journal of Hazardous Materials, **B117**, pp. 15-24.
12. 이화영, 김성규, 이성오, 오충기, 2003 : *Oxalic acid에 의한 장산지역 점토의 탈철에 관한 연구*, 한국지구시스템 공학회지, **40**, pp. 309-314.

趙 晟 伯

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
- 당 학회지 제12권 3호 참조