

## 침전법으로 제조한 Alumina 분말의 특성(II) : 열처리에 따른 Alumina 분말의 특성

홍기곤 · 이홍림

연세대학교 공과대학 요업공학과

(1988년 2월 4일 접수)

### Properties of Alumina Powder Prepared by Precipitation Method(II): Properties of Alumina Powder on Heat-Treatment

Gi-Gon Hong and Hong-Lim Lee

Dept. of Ceramic Engineering, Yonsei University

(Received February 4, 1988)

#### 요약

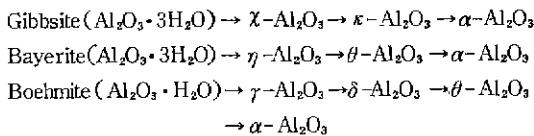
침전법에 의해서 pH가 7, 9, 10, 11인 조건에서 생성된 알루미늄 수산화물을 출발물질로 하여 열처리에 따른 알루미나 분말의 특성을 연구하였다. 600°C에서 2시간 동안 열처리하였을 때 비정질 알루미늄 수산화물의 결정수가 탈수된 후에 생성된 최초의 상은 비정질 알루미나였으며 비정질 알루미나의 비표면적은 감소하였다. 비정질 알루미늄 수산화물을 제외한 나머지 알루미늄 수산화물로 부터 결정수의 탈수는 비표면적을 증가시켰으며 AlOOH 형태의 수산화물의 존재비가 클수록 전이 알루미나 존재영역까지는 비표면적이 더 크게 나타났다.  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로의 전이속도는 동일온도에서 pH=7 > pH=10 > pH=9 > pH=11의 순서로 일어났으며, 생성된  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 분말의 morphology는 알루미늄 수산화물의 외형을 남긴 혼골입자(skeleton particle)였다. 또한, 열처리 온도의 증가와  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로의 전이가 일어남에 따라 비표면적의 감소와 더불어 입자성장이 일어났다.

#### ABSTRACT

The starting materials were aluminum hydroxide prepared by precipitation method at the conditions of pH values; 7, 9, 10 and 11. The properties of alumina powder on heat-treatment were studied. After dehydrating structural water from amorphous aluminum hydroxide, the first formed phase was amorphous alumina and its specific surface area was decreased. The specific surface area was increased by dehydration of structural water from aluminum hydroxides except amorphous aluminum hydroxide. The specific surface area was increased with increase of the ratio of AlOOH to Al(OH)<sub>3</sub> in the region of transition aluminas. The rate of transition from aluminum hydroxide to alpha alumina occurred in the order of 7, 10, 9 and 11 of pH values. The morphology of alpha alumina powders was skeleton particles remaining outer shape of aluminum hydroxide. Both the elevation of heat-treatment temperature and the transition to alpha alumina decreased specific surface area and brought about the growth of particles.

## 1. 서 론

황화물, 수산화물, 기타 다른 염류를 하소하여  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  분말을 제조할 때에 여러 종류의 준안정상인 전이알루미나(transition alumina)를 거쳐서 안정상인  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  가 생성되는데,  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  의 생성전에 거치게 되는 전이알루미나의 형태는 출발물질의 종류에 따라 다르며 알루미늄 수산화물로부터  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  가 생성되는 과정은 다음과 같다.<sup>1)</sup>



일반적으로, 전이알루미나는 매우 미세하고 비표면적이 크며 전이알루미나로부터  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이가 일어날 때에는 펄연적으로 상당한 coarsening process를 수반하여 분말의 aggregate가 생성되고 비표면적이 감소되므로 알루미나 분말의 소결성에 나쁜 영향을 미친다.<sup>2)</sup> 또한, 출발물질의 종류, 입자크기, 입자가 보유하고 있는 과잉의 물리적 에너지의 양, 활동도, 하소분위기, 불순물과 첨가제의 종류 등이 알루미나의 전이에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup>

본 연구에서는 전보에 발표한 알루미늄 수산화물<sup>3)</sup> 중에서 pH가 7, 9, 10, 11인 조건에서 제조된 알루미늄 수산화물을 출발물질로 하여 열처리 조건에 따른 알루미나 분말 특성의 변화를 고찰하였다.

## 2. 실험 및 측정방법

### 2-1. 출발물질

전보에 발표한 알루미늄 수산화물<sup>3)</sup> 중에서 pH가 7인 경우에 생성되는 비정질 알루미늄 수산화물, pH가 9인 경우의 Pseudo-boehmite, pH가 10인 경우의 Pseudo-boehmite +  $\text{Al(OH)}_3$ , 형태의 알루미늄 수산화물, pH가 11인 경우에 있어서 생성되는  $\text{Al(OH)}_3$  형태의 Bayerite + Gibbsite + Hydragillite + Nordstrandite를 출발물질로 하였다.

### 2-2. 열처리 조건

알루미늄 수산화물에 존재하는 결정수 및 흡착수를 완전히 탈수시켜 전이알루미나를 생성시키고 측정온도에 이르기 전에 알루미나의 전이에 미치는 가열온도 구배를 감소시키기 위하여 25 °C/min의 일정한 속도로 승온시켜 600 °C에서 2시간 동안 유지시킨 후에, 열처리 온도와 시간에 따른 알루미나 분말특성을 조사하

기 위하여 다시 25 °C/min의 일정한 속도로 700 ~ 1200 °C까지 승온시켜 열처리를 하였으며, 냉각 과정 중에 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위하여 공기중으로 급냉하였다.

### 2-3. 분석 및 측정방법

#### 2-3-1. X-선 회절분석

열처리 온도와 시간에 따른 알루미나의 존재상을 관찰하기 위하여 X-선 회절분석기(D-Max. 3, Rigaku, Japan)를 사용하여 회절각( $2\theta$ ) 10° ~ 70° 범위에서 다음과 같은 조건으로 X-선 회절분석을 하였다.

Target : CuK $\alpha$ , Filter : Ni, Power : 30 KV - 10 mA, Scanning Speed : 8 °(2θ)/min, Full Scale : 2000 cps, Time constant : 0.5 sec

#### 2-3-2. 비표면적 측정

열처리 온도와 시간에 따른 알루미나 분말의 비표면적 변화와 1100 ~ 1200 °C의 온도범위에서  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  분말을 얻기 위한 최적 하소조건을 측정하기 위하여 Micromeritics 사 제품의 Surface Area Analyzer 848을 사용하여 120 °C에서 측정용 분말을 진조사케 수분을 제거한 후, -196 °C에서 N<sub>2</sub> gas를 흡착시켜 비표면적을 구하였다.

#### 2-3-3. 입자크기 및 morphology 관찰

열처리 후에 생성된  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 입경 및 형태를 관찰하기 위하여 분산매로서 에탄올을 사용하여 초음파세척기로 분산시킨 후 TEM 관찰을 하였다.

#### 2-3-4. IR 분광분석

pH가 7인 조건에서 생성된 비정질 알루미늄 수산화물을 600 °C와 700 °C에서 열처리한 후에 존재하는 알루미나의 화학종을 관찰하기 위하여 Infrared Spectrophotometer IR-435 (Shimadzu, Jpn)를 사용하여 적외선 분광분석을 하였다. 측정범위는 400 ~ 4000 cm<sup>-1</sup>의 파수였으며, KBr 법으로 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 결정수 탈수 후의 비표면적 변화

알루미늄 수산화물 중에 있는 결정수를 탈수시키기 위하여 600 °C에서 2시간 동안 열처리한 후의 비표면적 변화를 Table. 1에 나타내었다. 전체적으로 볼 때 pH가 7인 경우를 제외하고는 결정수의 탈수가 일어나면 비표면적이 증가함을 알 수 있으며 열처리 전후에 있어서 비표면적의 상대적 증가량은  $\text{AlOOH}$  형태의 알루미늄 수산화물 보다는  $\text{Al(OH)}_3$  형태의 알루미늄 수산화물에 있어서 더 크게 나타났는데, 이것은 결정 구조중의 OH<sup>-</sup> 기의 양의 차이에 의한 것이라 생

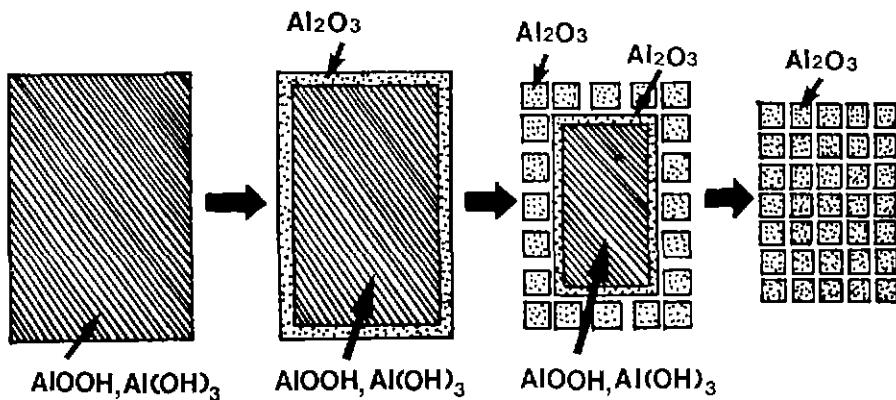


Fig. 1. The schematic representation of the increase of specific surface area with dehydration process in the precipitation method ( $\text{pH} > 7$ ).

각된다.

이러한 결정수의 탈수에 의하여 비표면적이 증가되는 기구를 그림으로 Fig. 1에 나타내었다. 알루미늄 수산화물로부터 결정수의 탈수가 일어나면 분해시의 체적변화 때문에 모염과 생성물의 계면부근에 strain이 발생하고 생성물에 인장응력이 가해진다. 즉, 생성물이 어떤 정도의 크기로 되면 계면부근에 균열이 생겨 응력이 완화되며 이러한 균열발생에 의하여 분해 생성물이 미세하게 부서지므로 비표면적이 증가하게 된다. 이는 Fig. 2의 pH가 11인 조건에서 제조된 알루미늄 수산화물의 열처리 전후에 있어서 입자크기의 변화를 나타낸 (a)와 (b)에서 살펴보면, 열처리 전에 비하여 결정수가 탈수된 후에 입자가 미세하게 부서져 있는 것을 관찰할 수 있으므로 Fig. 1에 나타낸 비표면적 증진기구의 설명을 뒷받침해 주고 있다. 일반적으로 열분해 생성들은 결함이나 strain이 많고, 미세하여 비표면적이 크고, 과잉의 물리적 에너지(exce-

ss physical energy)를 갖고 있으므로, 분해생성물을 계속 가열하면 생성물 입자끼리 약하게 결합하여 2차 입자를 형성하고, 그때의 2차입자는 모염결정의 외형을 넘긴 형골입자(skeleton particle)를 이룬 것이 많지만 입자성장이나 소결이 진행되면 형골입자의 모양은 소실되는 것으로 알려져 있다.

한편, pH가 7인 경우에는 결정수의 탈수가 일어난 후에 오히려 비표면적이 감소된 결과를 나타내고 있다.  $300 \sim 500^\circ\text{C}$ 에서 열처리를 한 경우에도  $600^\circ\text{C}$ 에서 나타난 비표면적과 거의 유사한 값을 얻었는데 결정수의 탈수 직후에 비표면적의 증가가 일어나리라 생각되지만 그와 동시에 비표면적의 혼격한 감소가 일어났기 때문이다. 왜냐하면, 다른 pH 조건에 비하여  $\text{OH}^-$  기의 양이 적어 비표면적의 상대적 증가량이 적으며 알루미늄 수산화물이 완전한 결정구조의 형태를 갖추지 못하여 Table. 2에서 알 수 있듯이 결정수의 탈수후에 전이알루미나의 생성에 앞서서 비정질 알루미나를 생성시키기 때문이다. 비정질 알루미나는 3차원적 망복구조를 하고 있으며 결정질 구조가 언제나 큰 결합에너지치를 가지고 있기 때문에 비정질 상태보다는 오히려 결정질 상태로 있으려는 경향이 있으므로<sup>5)</sup> 쇄밀증진되기 위하여 응집현상과 입자성장을 동시에 일으키고 기공을 감소시켜 비표면적이 감소하게 되리라 생각되며 이는 pH가 7인 조건에서 제조된 알루미늄 수산화물의 열처리 전후에 있어서 입자크기의 변화를 나타낸 Fig. 2의 (c)와 (d)에서 관찰할 수 있다.

### 3-2. 열처리 온도와 시간에 따른 알루미나 분말의 특성.

각 pH 조건에 있어서 열처리 온도에 따른 알루미나의 상전이 과정을 Table. 2에 나타내었으며 Fig. 3, 4,

Table 1. The Change of Specific Surface Area by Heat-Treatment at  $600^\circ\text{C}$  for 2h as a Function of pH.

pH	Specific Surface Area ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	
	As - Precipitated Powder Ref. 3)	Powder Heat-Treated at $600^\circ\text{C}$ for 2h
7	345	162
9	337	368
10	277	325
11	110	244

5에 각각 1100, 1150, 1200°C에서 열처리 시간에 따른 알루미나의 상전이 과정을 나타내었다. 또한, Fig. 6에 열처리 온도에 따른 비표면적의 변화를 나타내었다. pH가 7인 비정질 알루미늄 수산화물은 비정질

$\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \gamma-\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \delta-\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \theta-\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha-\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 전이하였으며 pH가 9인 Pseudo-boehmite는  $\gamma-\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \delta-\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \theta-\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha-\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 전이하였다. 전이과정으로 미루어 보아 pH가 7인 비정질 알

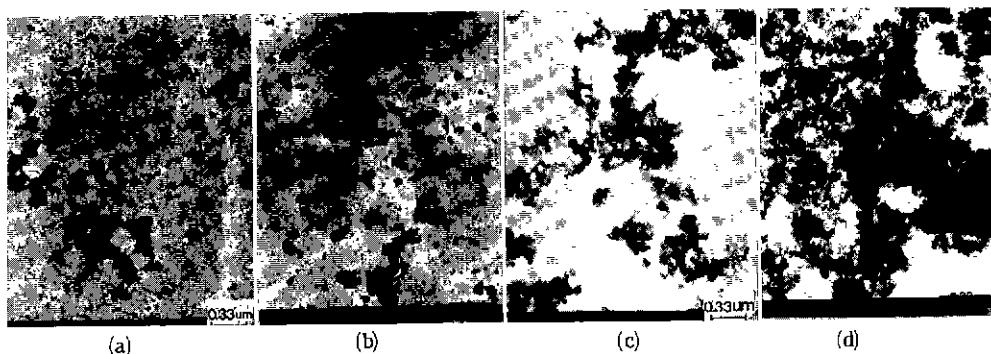


Fig. 2. TEM photographs representing the change of particle size before and after heat-treatment.

- (a) pH = 11, as-precipitated powder.
- (b) pH = 11, powder heat-treated at 600 °C for 2 h.
- (c) pH = 7, as-precipitated powder.
- (d) pH = 7, powder heat-treated at 600 °C for 2 h.

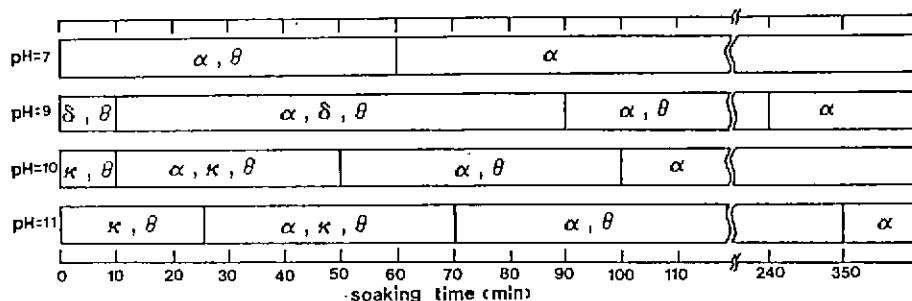


Fig. 3. Transition sequence of aluminas as function of pH and soaking time at 1100 °C.

Table 2. The Phases Formed on Heat-Treatment at Various Temperatures for 2h as a Function of pH.

pH \ Temp (°C)	600	700	800	900	1000
7	Amorphous	Amorphous	$\gamma$	$\gamma \cdot \delta$	$\alpha \cdot \delta \cdot \theta$
9	$\gamma$	$\gamma$	$\gamma$	$\gamma \cdot \delta$	$\delta \cdot \theta$
10	$\gamma \cdot x \cdot \eta$	$\gamma \cdot x \cdot \eta$	$\gamma \cdot x \cdot \eta$	$\kappa \cdot \delta \cdot \theta$	$\kappa \cdot \theta$
11	$\eta \cdot x$	$\eta \cdot x$	$\eta \cdot x$	$\kappa \cdot \theta$	$\kappa \cdot \theta$

\* Heat-treatment with a constant rate of 25 °C/min after soaking at 600 °C for 2h, followed by air quenching.

\* Amorphous : Amorphous-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

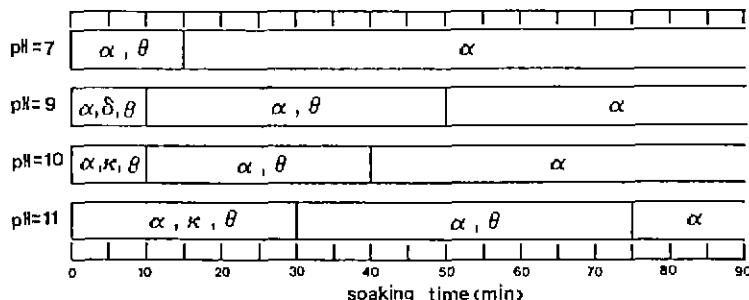


Fig. 4. Transition sequence of aluminas as function of pH and soaking time at 1150 °C.

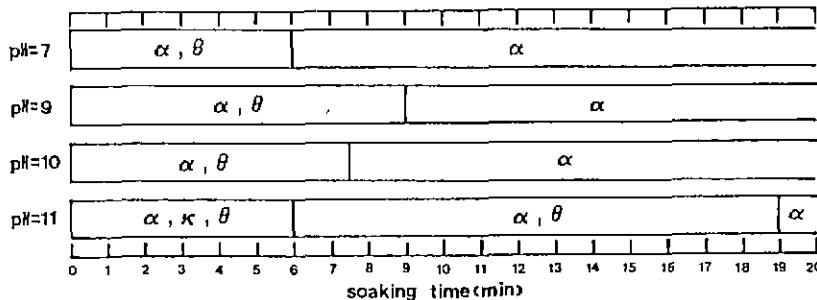


Fig. 5. Transition sequence of aluminas as function of pH and soaking time at 1200 °C.

루미늄 수산화물의 구조는 Pseudo-boehmite 의 구조와 유사하리라 생각된다. 또한 pH가 10, 11인 조건에서 생성된 알루미늄 수산화물은 일반적으로 알려진 알루미늄 수산화물로부터  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이과정<sup>1)</sup>을 거쳐서  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 전이하였다.

Table. 2에 나타낸 비정질의 상태를 확인하기 위하여 IR 분광분석한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. (a)는 비정질 알루미늄 수산화물의 IR 분석결과인  $\nu$  3400  $\text{cm}^{-1}$ 의 파장과 1630  $\text{cm}^{-1}$ 의 파장부근에 각각 분자수(molecular water)의 흡수에 의한 H-O-Al bending vibration과 O-H stretching vibration을 나타내고 있으며 1100  $\text{cm}^{-1}$ 과 600  $\text{cm}^{-1}$ 의 파장부근에 boehmite와 유사한 구조수(structural water)에 의한 AlOH bending vibration<sup>6)</sup>을 나타내고 있다. (b)와 (c)는 각각 600 °C와 700 °C에서 비정질 알루미늄 수산화물을 2시간동안 열처리한 후의 IR 분석결과인데 구조수에 의한 AlOH peak는 현격히 감소한 반면에 900  $\text{cm}^{-1}$  ~ 500  $\text{cm}^{-1}$ 의 파장범위에서 Al-O bond peak를 나타내고 있으며 (d)의  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 유사한 경향을 나타내고 있으므로 (b)와 (c)는 비정질 알루미나라 생각된다.

Fig. 3, 4, 5에서 살펴보면  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 생성속도는

pH = 7 > pH = 10 > pH = 9 > pH = 11의 순서로 일어난다는 사실을 알 수 있다. pH가 7인 조건에서 생성된 비정질 알루미늄 수산화물이 다른 조건에서 생성된 알루미늄 수산화물 보다  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  생성속도가 빠른 것은 결정수의 틸수후에 비정질 알루미나가 생성될 때 급격한 비표면적의 감소를 나타내므로 기공이 감소되어 전이알루미나의 존재영역을 감소시키며, 특히  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이를 방해하는 pore-network 구조를 갖는  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ <sup>7, 8)</sup>의 존재영역을 감소시켰기 때문이다. pH가 10인 조건에서 생성된 알루미늄 수산화물이 pH가 9인 조건에서 생성된 Pseudo-boehmite 보다 입자가 크고 비표면적이 작음에도 불구하고  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이속도가 빠른 것은 Table. 2에서 알 수 있듯이 Bayerite로 부터 생성되는  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 생성온도가 Pseudo-boehmite로 부터 생성되는  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 생성온도보다 더 낮으므로 Bayerite로 부터 생성된  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 가 seed 작용을 하여 Pseudo-boehmite로 부터 생성되는  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 생성온도를 낮추었으며, 또한 일반적으로  $\kappa$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 부터  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이온도가  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 부터  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이온도보다 낮기 때문에  $\kappa$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 로 부터 먼저 생성된  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 가 seed 작용을 하여  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  생성온도를

촉진시켰기 때문으로 생각된다. 또한, pH 가 9 인 조건에서 생성된 Pseudo-boehmite 가 pH 가 11 인 조건에서 생성된 알루미늄 수산화물보다  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이속도가 빠른 것은 Table. 1 과 Fig. 6 에서 알 수 있듯이 비표면적 차이에 의한 분말활성의 차이에 의한 것으로 생각된다.

Fig. 6.에 나타낸 열처리 온도에 따른 비 표면적의

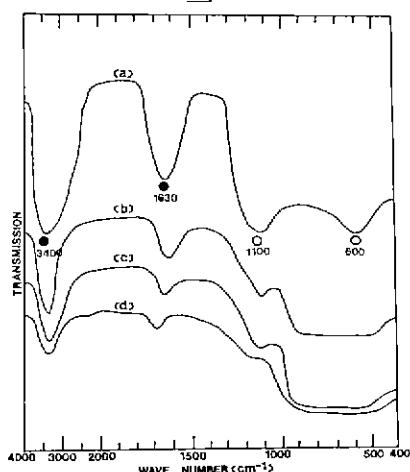


Fig. 6. IR-spectra of amorphous aluminum hydrate as a function of heat-treatment temperature.  
 (a) as-precipitated  
 (b) heat-treated at 600 °C for 2 h.  
 (c) heat-treated at 700 °C for 2 h.  
 (d) heat-treated at 800 °C for 2 h.

변화를 살펴보면  $\text{AlOOH}$  형태의 알루미늄 수산화물의 존재비가 증가할수록 비표면적이 크게 나타나며 열처리 온도가 증가함에 따라 비표면적이 감소하는 경향을 나타내고 있다. Boehmite로 부터 결정수가 털수되

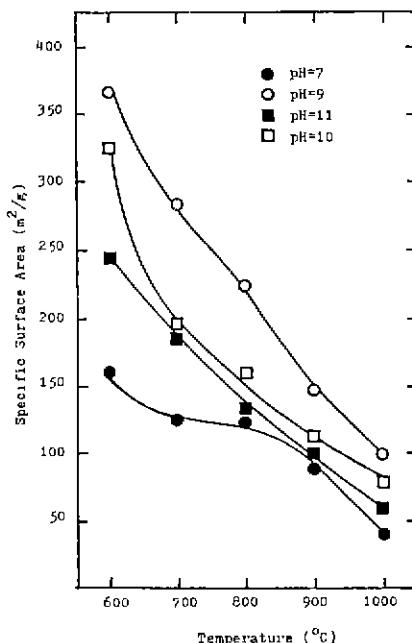


Fig. 7. The change of specific surface area by heat-treatment as a function of pH.

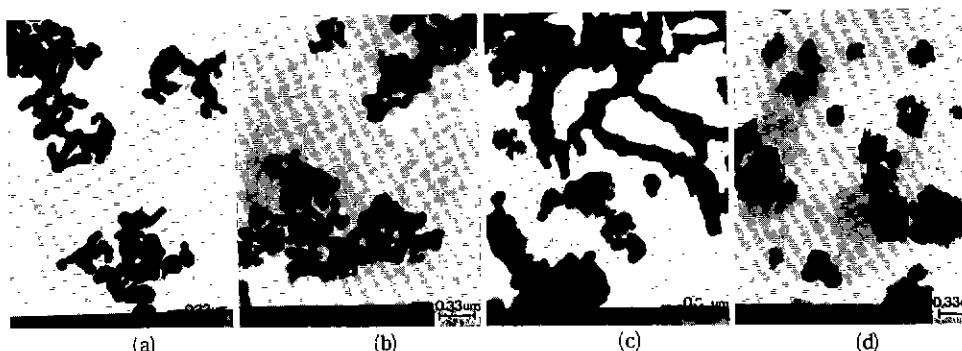


Fig. 8. TEM photographs representing morphology of alpha alumina powder heat-treated at 1200 °C as a function of pH and soaking time.  
 (a) pH: 7, soaking time: 7 min.  
 (b) pH: 9, soaking time: 10 min.  
 (c) pH: 10, soaking time: 9 min.  
 (d) pH: 11, soaking time: 20 min.

면 탈수에 의하여 미세하고 얇은 층의 기공이 광범위하게 형성되어 비표면적이 증가하며  $\delta$ ,  $\theta$ 로 전이하면서 기공이 커지고 그 수가 감소하므로 비표면적이 감소한다는 Wilson<sup>7~8)</sup>의 보고와 잘 일치하고 있으며 전체적으로 볼 때 열처리 온도가 증가함에 따라 비표면적이 감소함을 알 수 있다.

### 3-3. pH 변화에 따른 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 분말의 특성.

각 pH에 있어서 1200 °C에서  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이가 완결된 유지시간에 있어서의  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  분말의 morphology를 Fig. 8에 나타내었으며 1100 ~ 1200 °C의 온도범위에 있어서  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 로의 전이가 완결된 유지시간에 있어서의 비표면적 변화를 Table. 3에 나타내

**Table 3.** The Change of Specific Surface Area of Alpha Alumina Powder as Function of pH and Heat-Treatment Temperature.

pH	Temperature (°C)	Soaking Time (min)	Specific Surface Area ( $\text{m}^2/\text{g}$ )
7	1100	70	16.5
	1150	20	9.7
	1200	8	17.4
9	1100	245	15.4
	1150	60	17.4
	1200	11	12.1
10	1100	110	12.1
	1150	50	11.1
	1200	8	11.2
11	1100	360	19.7
	1150	85	15.0
	1200	20	12.8

**Table 4.** The Change of Particle Size as a Function of pH.

pH	Particle Size				Soaking Time at 1200 °C (min)
	As-Precipitated Powder, Ref. 3)		$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ Powder Heat-Treated at 1200 °C		
7	8 - 34 nm		0.07 - 0.33 $\mu\text{m}$		7
9	4 - 17 nm		0.07 - 0.40 $\mu\text{m}$		10
10	needle-like	long axis: 0.6 - 1.0 $\mu\text{m}$ short axis: 0.07 - 0.17 $\mu\text{m}$	needle-like	long axis: 0.7 - 1.65 $\mu\text{m}$ short axis: 0.13 - 0.33 $\mu\text{m}$	9
	flate-like	0.03 - 0.33 $\mu\text{m}$	flate-like	0.2 - 0.8 $\mu\text{m}$	
11	0.03 - 0.33 $\mu\text{m}$		0.17 - 0.7 $\mu\text{m}$		20

었다. 또한, pH 변화에 따른 알루미늄 수산화물의 열처리 전후에 있어서의 평균입경의 변화를 Table. 4에 나타내었다.

Fig. 8에서 알 수 있듯이  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 의 morphology는 전보<sup>3)</sup>에 발표한 알루미늄 수산화물의 외형을 날긴 형틀입자(skeleton particle)라는 것을 알 수 있으며 Table. 4에서 보듯이  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 로 되면서 입자성장이 일어났음을 알 수 있다. 또한, Table. 4에 나타낸 입자크기의 분포를 갖는 입자들이 응집되어 있음을 알 수 있다.

1100 ~ 1200 °C에서  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  가 완전히 생성된 열처리 조건에서의  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  분말의 비표면적 변화를 나타낸 Table. 3에서 살펴보면, pH가 7인 경우는 1200 °C에서 8분, pH가 9인 경우는 1150 °C에서 60분, pH가 11인 경우는 1100 °C에서 360분 유지시켰을 경우가 최적의 하소조건이었으며 pH가 10인 경우는 열처리 온도에 따라 거의 비표면적의 변화가 없었음을 알 수 있다.

## 4. 결 론

1) 비정질 알루미늄 수산화물의 결정수가 탈수된 후에 생성된 최초의 상은 비정질 알루미나였다.

2) 전이 알루미나보다 먼저 생성된 비정질 알루미나는 비표면적이 감소하였다.

3) 비정질 알루미늄 수산화물을 제외한 나머지 알루미늄 수산화물은 결정수의 탈수에 의해서 비표면적이 증가하였다.

4)  $\text{AlOOH}$  형태의 수산화물의 존재비가 클수록 전이 알루미나 존재영역까지는 비표면적이 더 크게 나타났다.

- 5)  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  로의 전이속도는 같은온도에서  $\text{pH}=7 > \text{pH}=10 > \text{pH}=9 > \text{pH}=11$  의 순서로 일어났다.
- 6) 알루미늄 수산화물을 열처리하여 생성된  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  분말의 morphology 는 알루미늄 수산화물의 외형을 넘친 형골입자(skeleton particle)였다.
- 7) 열처리 온도의 증가와  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  로의 전이가 일어남에 따라 비효면적의 감소와 더불어 입자성장이 일어났다.

## REFERENCES

- Walter H. Gitzen, "Preparation of Alumina Phases", p.7-28 in Alumina as a Ceramic Material, Published in the American Ceramic Society, Inc., Columbus, Ohio (1970)
- F.W. Dynys et. al., "Alpha Alumina Formation in Alum Derived Gamma Alumina", *J. Am. Ceram. Soc.*, **65**(9) 442-448(1982)
- G.G. Hong and H.L. Lee, "Properties of Alumina Powder Prepared by precipitation Method(I): Aluminum Hydrate", to be published in Journal of Korean Ceramic Society.
- Powder Preparation from Solid, p48-53, in Preparation Process of Ceramics, The Ceramic Society of Japan(1984)
- Craig E. Clark et. al., "Amorphous Solids", in The Principles of Engineering Materials, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, p49-51 (1973)
- David E. Clark et. al., "Phase Transformations in Sol-Gel Derived Aluminas", p126-141 in Ultrastructure Processing of Ceramics, Glasses and Composites, published in A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York (1984)
- S.J. Wilson, "The Development of Porous Microstructures during the Dehydration of Boehmite", *Mineral Mag.*, **43**, 301-6 (1979)
- S.J. Wilson, "The porosity of Aluminum Oxide Phase Derived from Well-Crystallized Boehmite", *J. Coll. and Inter. Sci.*, **82**(2) 507-17 (1981)