

Boehmite 수화졸과 알루미나로 제조한 다공성 알루미나 세라믹스의 기공 특성

오 경 영

동신대학교 세라믹공학과
(1996년 1월 19일 접수)

Pore Characteristics of Porous Alumina Ceramics Fabricated from Boehmite Hydrosol and Alumina Particles

Kyung Young Oh

Dept. of Ceramic Eng., Dongshin Univ.

(Received January 19, 1996)

요 약

평균 1과 40미크론의 상용 α -corundum 입자와 pseudo-boehmite 수화졸-겔 공정으로 알루미나질 다공성 세라믹스를 제조하였다. 소성 시편의 기공특성은 부피비중, 기공율, 열분석, 기공부피, 기공의 분포도, 비표면적, XRD와 SEM 관찰로 조사했다. 열처리 온도가 증가함에 따라 [OH] 방출과 α -alumina의 생성에 의해 기공의 부피 및 BET 표면적은 감소하였고 평균 기공크기는 약 800°C까지는 약 146 Å까지 증가하였다. 평균 1미크론의 알루미나 입자가 분산된 시편의 소결 밀도는 평균 40미크론의 조립입자가 혼입한 시편과 비교하여 입자의 혼입량이 증가할수록 이중 충전이론에 의해 증가하였다. 그러나 조립 입자가 약 50 v/o 이상이 혼입된 시편은 수화겔로부터 전이 생성된 알루미나 입자와 percolation 분기점이 형성되었고, 이를 기점으로 총 기공도가 증가함을 확인하였다.

ABSTRACT

Porous alumina ceramics were fabricated by pseudo-boehmite hydrosol-gel process within/without commercial α -alumina particles, average 1 and 40 micron, respectively. The pore characteristics of fired specimens were studied by the measurement of bulk density, total porosity, thermal analysis, pore volume, pore distribution, BET area, XRD, and SEM. With increasing of firing temperature, pore volume and BET surface area were decreased and the average pore size was increased to approximately 146 Å upto 800°C by de-watering of [OH] and formation of α -alumina. The fired relative density of the alumina-dispersed specimen with average 1 micron particle was increased with the amounts of dispersed particle by bimodal packing theory, which is compared to the ones of specimen including of average 40 micron particle. It was confirmed that the percolation threshold in porous ceramics with coarser particle (40 micron) has formed between the transformed-alumina from hydrogel and dispersed-alumina of above 50 vol% particle, and the total porosity was increased at the threshold point above.

Key words: Boehmite, Alumina, Pore, Hydrosol-gel process

1. 서 론

일반적으로 세라믹스는 내식저항¹⁾이 높은 것으로 잘 알려져 있어 산업용 재료로 그 용도가 확대되고 있다. 그 구체적인 실례로 화학공업의 분리 공정이나 각종 소각로 및 산업로의 고온 배기 가스의 정화 및 용융된 금속의 여과 등에 기계적 강도와 부식성 측면에서 다공성

세라믹스 재료²⁻⁶⁾가 사용되고 있다. 또 사용되는 재료 측면에서는 거의 모든 산화물과 비산화물이 사용될 수 있지만 장기적인 신뢰성과 다공질의 파괴강도 및 내부 식성을 보다 더 향상시키기 위하여 기지(matrrix)재료 및 결합제(binder)의 특성 향상에 관한 연구가 많이 수행되고 있다.

본 연구는 이러한 다공성과 내식성 재료 중에서 600°C

이상의 온도에서 장기적으로 안정하게 사용할 수 있는 고 알루미나질 고온 가스 필터를 제조하기 위한 기초 연구이다. 이를 위하여 본 연구에서는 전형적인 제조방법인 α -알루미나와 CaO, P_2O_5 등의 결합제를 사용하지 않고 값싼 수화알루미나와 α -알루미나를 사용하여 주입 이장 성형법을 사용하여 연구하였다. 결합제를 사용하여 다공체를 제조할 경우는 사용하는 산화물 결합제가 내열성 유리질로 구성되는 경우가 대부분이어서 이를 장시간 사용할 경우에 결합제의 열화로 인해 결합력이 감소되고 고온 가스 필터로서의 역할을 잃어버리게 된다. 따라서 본 연구는 미세기공을 갖는 알루미나 다공성 세라믹스의 제조를 위해 pseudo-boehmite를 사용하여 수화졸을 만들고, 또 이 졸 속에 평균입경이 각각 다른 1미크론의 미립과 40미크론의 조립의 α -알루미나 입자상 원료를 골재로 혼합하여 이를 각각 젤화시키고 열처리 온도에 따른 기공특성의 변화를 조사한 결과이다.

지금까지 보고된 보문⁷⁾에 의하면 boehmite 수화졸로부터 얻어진 다결정 알루미나의 구조는 열처리 과정 중에 수화물의 이탈 및 알루미나의 전이로 인하여 수많은 기공을 갖는 vermicular 구조로 보고되고 있다. 그러나 이 기공을 이용한 다공체의 제조에 관한 연구는 별로 이루어지지 않았고, 특히 boehmite 졸 속에 임의로 입자상의 알루미나를 첨가하여 알루미나 다결정체를 제조하는 연구는 전무한 상태이다. 본 연구에서 입자상의 알루미나를 첨가하는 또 하나의 이유는 boehmite 수화젤은 소성수축율이 매우 크기 때문에 열처리후 잘게 부스러지는 경향이 있어 대부분의 시편이 일정한 형상을 유지하기가 어렵다는 것이다. 따라서 형상의 변화를 최대한 줄이고 형태의 안정성이 있는 제품을 제조하기 위하여 첨가한 알루미나의 함량에 따른 미세 기공의 특성 변화를 조사하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 실험방법

2.1. 시편제조

본 연구에서 사용한 출발원료는 독일 Condea Chemie사에서 제조 시편하는 Disperal 상품명의 pseudo-boehmite인 수화알루미나(AIO(OH))를 주원료로 사용하였다. 이 원료를 사용하여 수화졸의 제조방법은 전보⁷⁾에서 보고한 바와같이 0.1N의 질산 수용액속에 20 wt%에 해당하는 분말을 혼합 교반하였고 최종 수화졸의 pH가 3~3.5가 되도록 peptization 하여 제조하였다.

이 수화졸에 혼입한 상용의 알루미나 골재 입자는 모두 α -corundum의 결정상으로 이루어지고 입자의 평균크기

Table 1. Powder Characteristics of Raw Materials

Characteristics	α -Al ₂ O ₃		AIO(OH)
	Fine grog	Coarse grog	
Average particle size (μ m)	1	40	
Specific surface area (m ² /g)			>160
Impurities (wt%)		(G.R. grade)	
SiO ₂	0.012		0.25
Fe ₂ O ₃	0.01		0.02
Na ₂ O	0.35		0.005
CaO	—		Carbon 0.5
Manufacturer [Trade Name]	Nippon Light Metal Co., Ltd [A-32]	Shinyo Pure Chem. (Japan)	Codea Chemie GMBH, GM. [Disperal]

만 다른 두 종류의 원료를 선택하여 첨가하였다. 그중의 하나는 평균입경이 1미크론인 일본 경금속(주)의 A-32 이고, 또 하나는 평균입경이 40미크론인 Shinyo Pure Chem.에서 제조한 α -Al₂O₃를 원료를 사용하였다. 본 연구에서는 평균입경 1미크론의 입자를 "미세입자"로, 평균입경 40미크론의 입자를 "조립입자"로 표기하였다. Table 1에 본 연구에서 사용한 제반 원료의 특성을 나타내었다. 수화졸에 혼입한 각각의 골재량은 colloidal sol 속의 분산된 고체입자가 겔로 변화하고, 또 일정온도에서 열처리후 모두 α -corundum로 완전히 전이하여 생성될 것으로 예상되는 일정량의 알루미나에 대하여 최대 77 v/o까지 첨가하였다.

시편의 제조방법 중에서 먼저 골재를 함유하지 않은 시편의 제조는 직경 12 mm, 길이 70 mm의 성형 시편을 얻을 수 있는 석고형틀 속에 주입하여 얻었고, 또 골재를 함유하는 시편의 제조는 분산 처리한 수화졸에 일정량의 골재를 각각 혼입한 후, 초기의 수화졸속에 함유하고 있는 수분의 양이 1/3로 증발될 때까지 70~80°C로 가열, 교반한 후 이를 별도의 석고형틀에 주입하여 제조하였다. 이때 제조한 슬러리의 유동은 thixotropic한 특성을 나타내어 기계적인 진동으로 유동도를 향상시켜 주입하였다. 이때 사용한 형틀은 약 30 mm의 두께를 갖는 석고판

위에 여과지를 놓고 그 위에 직경 30 mm, 높이 약 30 mm의 PVC 파이프를 위치한 모양으로 구성하였다. 이 형틀에 골재를 함유한 졸을 주입하여 약 1일 정도 정치한 상태로 겔화시켰고, 그 후 탈형과 건조과정을 거쳐 최종 건조겔 시편을 얻었다.

다공성 시편의 열처리하는 수화젤이 겔화하여 나타나는 전이형 알루미나의 기공특성에 대한 골재의 영향을 조사하기 위하여 540°C에서부터 최고 1400°C까지 최대 5 시간동안 공기중에서 소성하였다.

2.2. 특성조사

얻어진 다공성 시편에 대한 물리적 특성조사는 증류 수속에서 Archimedes의 원리를 이용하고 KSL3114에 준하여 겔보기비중, 부피비중, 겔보기공율 및 흡수율을 측정하였다. 특히 각각 다른 온도에서 소성한 시편의 상대밀도와 총기공율은 알루미나의 진비중을 3.98 g/cm³로 간주하여 산출하였다.

또한 전이형 알루미나의 열분해 특성과 그들의 결정상은 각각 일본 Mac Science사의 열분석 측정장비와 Rigaku사의 X-선 회절분석장치로 조사하였다. 또 이들의 미세구조는 일본 Jeol사의 주사형 전자현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였다.

일정온도에서 최대 5시간동안 소성한 후 제반시편에 대한 기공의 분포도, 기공크기, 기공의 부피 및 BET 표면적 특성은 미국 Micromeritics에서 제조하고 질소가스의 흡, 탈착법을 응용한 ASAP-2000의 장비로 조사하였다. 또한 골재가 함유된 시편의 기공특성은 동일한 회사에서 제조하고 수은 압입법을 응용한 Poresizer 9320의 mercury porosimeter로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수화젤의 다공특성

지금까지 보고된 결과에 의하면 boehmite 수화젤로부터 얻어진 알루미나 다결정체의 구조는 열처리 동안 수화물의 이탈 및 알루미나의 전이로 인하여 수많은 기공을 갖는 vermicular 구조로 보고되고 있다. 본 연구에서는 이 기공의 특성을 수화젤의 열처리 온도에 따라 어떻게 변화되는지를 조사하였다.

Table 2는 골재를 함유하지 않은 수화젤을 540~1400°C의 온도구간에서 각각 2시간 동안 열처리한 시편의 상대밀도를 포함하여 기공과 관련된 제반 물리적 특성의 결과를 나타낸 것이다. 여기서 540°C로 소성한 겔의 상대밀도가 약 40%로 조사된 이유는 Fig. 1에 도시한 수

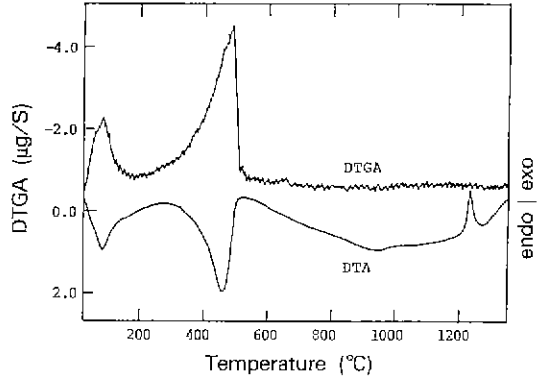


Fig. 1. Thermal analysis results of boehmite hydrogel.

Table 2. Pore Characteristics of Hydrogels Fired at Each Temperatures for 2 hrs

Temperature (°C)	Shrinkage (%)	Relative Density (%)	Pore Volume (cc/g)	Average Pore Diameter (Å)	BET Surface Area (m ² /g)
540		40.6	433	94.4	169.7
600				102.2	
800		41.8	452	146.3	123.6
1000		48.6	287	142.5	80.5
1150	16.7	59.4			
1200	19.6	64.5	0.05		6.15
1250	25.7	79.7	0.004	105.9	1.28
1300	31.4	98.9	0.006		2.74
1400	31.1	98.6	0.009	81.0	3.19

화젤의 DTGA(differential thermal gravitational analysis)의 결과에서도 알 수 있는 바와같이 100°C 이하에서 부착수분의 증발, 또 460°C 부근에서 대부분의 [OH]가 방출되는 특성이 거의 끝나는 온도로 생각되는 500°C보다는 약간 높은 온도에서 얻을 수 있는 시료이기 때문이다. 지금까지의 연구보문^{7,8)}에 나타난 바에 의하면 boehmite 수화젤을 열처리하면 수화젤의 소성 과정에서 시편에 수많은 미세균열이 생성되고, 또 약 3~8 mm의 불규칙적인 알갱이로 깨어져 일정형태를 갖는 시편은 얻기가 어려웠다. 그러나 본 연구실에서는 성형된 수화젤 시편을 자연건조로 약 3개월의 시간이 경과 후에 깨어지지 않는 시편을 얻을 수 있었다. 따라서 이러한 [OH]이탈의 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같이 최대 31.4%의 소성 선수축율을 나타내었다. 즉 이들 시편에 대한 소

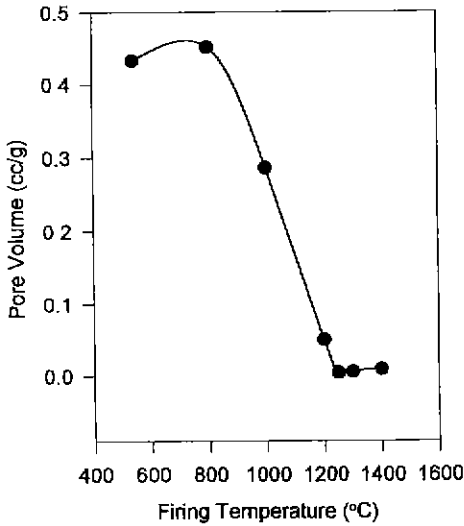


Fig. 2. Pore volume property of hydrogels fired at each temperature.

성수축율은 1200°C까지는 약 20% 정도 수축을 나타내다가 본 연구에서 98.6%의 최대밀도를 나타내는 1300°C의 소성수축율은 최대 31.4%의 수축율을 나타냈다.

또한 본 연구에서 수화젤에 결정성장 및 촉진용이 결정핵을 seeding 하지 않았기 때문에 α -corundum의 생성을 나타내는 발열 피크가 전보⁷⁾에서 보고하고 있는 seed를 함유하고 있는 겔보다는 더 높은 온도(약 1235°C)에서 일어났다. 이와같은 결과로 치밀화를 예상할 수 있는 소성온도는 1300°C 이상이 되어야만 약 98% 이상의 치밀한 조직을 얻을 수가 있었다.

한편 Fig. 2에서 4까지는 수화젤의 열처리 온도에 대한 기공의 부피, 평균기공의 직경 및 BET 표면적의 변화 특성을 각각 도시하였다. 그 중에서 Fig. 2에 도시한 소성온도 변화에 대한 기공의 부피변화 특성은 Table 2에 나타낸 바와 같이 약 800°C까지는 기공의 부피가 약간 증가하다가 800°C 이상이 되면 오히려 감소하여 1200°C 이상이 되면 거의 변화가 없었다. 이 경향은 전술한 바와 같이 수화젤 속에 존재하는 [OH]의 방출에 의한 기공의 증가가 예상되고, 그 이상이 되면 900~1000°C에서 α -alumina가 생성되고 또한 소성온도가 증가함에 따라 이들 사이에서 소결의 초기단계에 진입하기 때문에 기공의 부피가 감소하는 것으로 사료된다. 이 결과는 또한 Fig. 4에 도시한 BET 표면적의 변화특성과도 일치하는 경향을 나타내었다. 즉 열처리 온도가 증가함에 따라 표면적과 기공 부피의 변화 경향은 알루미늄의 전형적인 소결현상과 동일한 경향으로 나타나고 있다^{11,13-15)}.

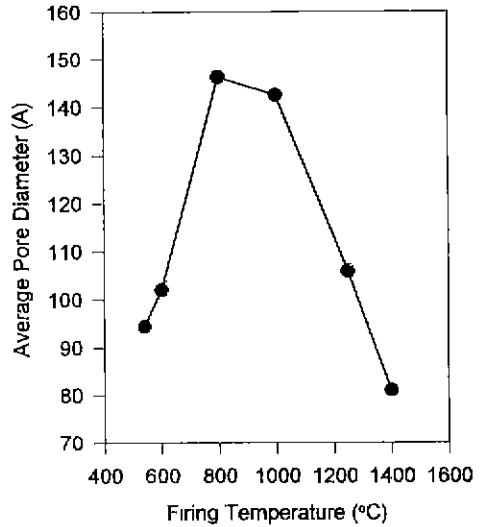


Fig. 3. Average pore diameter variation of hydrogels fired at each temperature.

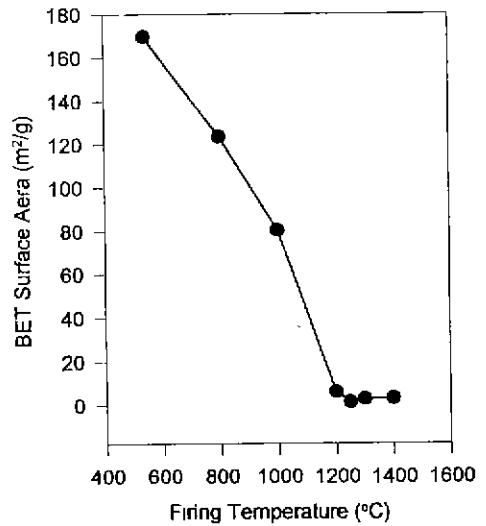


Fig. 4. Characteristics of surface area of hydrogels fired at each temperature.

한편 Fig. 3에 도시한 평균 기공크기의 변화는 800°C까지는 증가하다가 그 이상의 온도로 소성하게 되면 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. Burggraaf 등⁸⁾의 주된 연구 결과를 참고하면 colloidal sol로부터 알루미늄 다공성 기관위에 제조한 다층 세라믹 membrane의 기공크기는 약 900~1000°C의 온도에서 소성했을 때 수화젤이 γ -alumina로 변화됨에 따라 매우 크게 증가하였다고 보고하고 있다. 본 연구의 결과도 Burggraaf 등⁸⁾의

연구결과와 잘 일치하고 있음을 확인하였다. 또 이와같은 membrane의 기공크기 변화 경향은 기관위에 제조한 수화겔이 전이온도 이전에 수화알루미나의 [OH] 이탈로 매우 크게 증가한 후 다시 γ -alumina에서 α -alumina로 전이 및 입자성장으로 인하여 기공의 크기가 상대적으로 감소하는 특성과도 잘 일치하고 있었다. 또 Fig. 5에 나타난 x-선 회절 분석결과와 900~1050°C 부근에서 α -alu-

mina의 생성을 확인한 전보⁷⁾에 보고한 내용은 전술한 내용을 뒷받침하였다. 즉 전이 과정에서 수화알루미나의 [OH] 이탈로 생성된 기공 주위에서 전이가 종료한 α -alumina 입자사이에서 neck의 형성과 boehmite 수화겔이 heterogeneous nucleation과 입자 성장의 영향으로 vermicular 구조를 나타낸 기공이 점점 작아지기 때문으로 생각된다⁸⁾.

이상과 같은 연구결과를 가지고 다공성 알루미나 요업체에 boehmite 수화겔의 응용을 검토하기 위하여, 또 소성된 시편의 상대밀도가 45~55% 정도의 값을 갖는 다공체를 제조하기 위하여 수화겔속에 조립과 미립의 알루미나 입자를 별도로 혼합시킨 시편을 제조하고 수화겔의 전이가 종료하는 온도까지 열처리하였다.

3.2. 골재의 혼합영향

boehmite 수화겔은 열처리 과정에서 소성수축율이 너무 크기 때문에 소성후 깨어지는 단점이 있었다. 따라서 수화겔의 전이과정에서 균열의 생성을 억제하면서 알루미나질 다공체를 제조할 수 있는 기지의 재료로 사용하기 위하여 별도의 입자상 알루미나 원료를 혼합하였다. 그 결과 최종적으로 수화겔이 α -alumina로 전이될 때까지 모든 연구 공정중에서 제조한 모든 시편의 파괴를 방지할 수 있었다. 즉 본 연구에서 사용한 두 종류의 골재 크기로, 또한 골재 혼합 범위내에서 모두 소성 수축율의 과다로 인해 깨어지는 시편은 없었다.

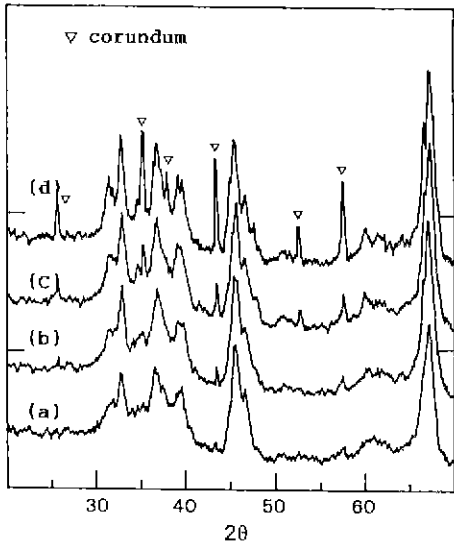


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of hydrogels fired at 900~1000°C for 2 h.

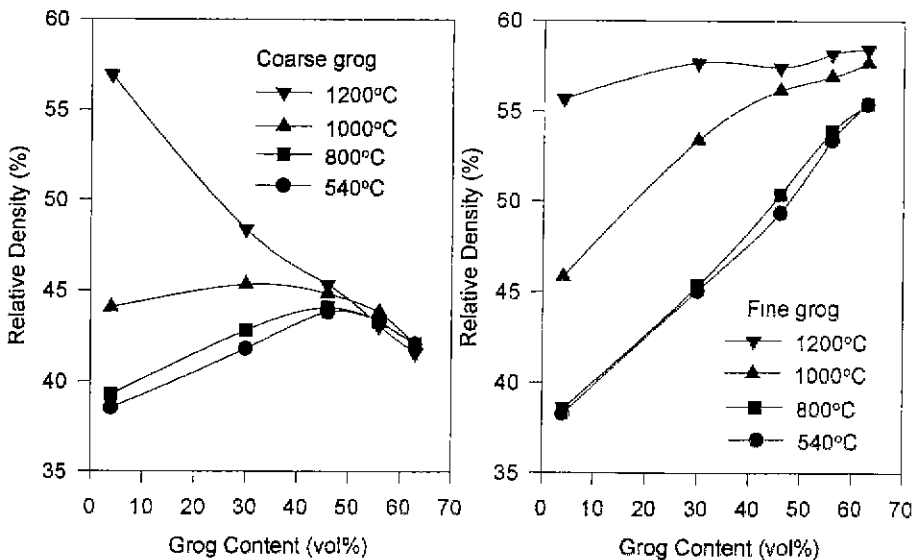


Fig. 6. Relative density of hydrogels with α -corundum particles, fired at 540~1200°C. (Fine and coarse grogs are average 1 and 40 micron in size, respectively)

Fig. 6은 수화겔속에 미립과 조립의 골재가 4~63 v/o의 범위에서 각각 첨가된 시편을 540~1200°C의 온도 범위에서 5시간 동안 소성한 후 조사한 상대밀도의 변화를 도시한 것이다. 이 결과는 입자크기가 다른 두가지의 골재를 각각 혼합하였을 경우 열처리 온도가 증가함에 따라 상대밀도의 경향이 매우 상반되게 나타났다. 평균 1미크론의 미세한 입자가 첨가된 시편의 상대밀도는 기하학적인 충전율의 증가에 의해 소성온도 범위내에서 증가하였다. 그러나 1200°C에서 소성한 시편의 경우는 앞서 설명한 바와같이 수화겔의 상전이가 거의 종료되고 있는 상태이기 때문에 상대밀도의 변화는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 조립의 골재가 첨가된 경우 1000°C 이하의 온도에서 약 50 v/o까지 첨가된 경우 상대밀도가 증가하다가 50 v/o 이상이 혼입되면 다시 감소하였다. 그중에 1200°C에서 소성한 시편은 미세입자가 첨가된 경우와 반대로 상대밀도가 감소하였다. 이 결과는 두종류의 평균입경이 다른 입자가 각각 첨가된 시편의 총 기공율의 변화 특성에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 6에 나타난 바와 같이 결과적으로 1미크론의 미세입자가 첨가된 시편의 경우 첨가량이 증가할수록 기공율은 약 45% 정도로 감소하여 이는 이중 충전이론(bimodal packing theory)이 적용함을 알 수 있었다. 즉 분산된 1미크론의 거친 입자와 콜로이드로부터 전이하는 미세한 알루미나 사이에서 입자의 크기비가 매우 크

기 때문에 일어나는 것으로 사료된다⁹⁾. 그러나 조립의 입자가 첨가된 경우는 Fig. 7에 도시한 바와 같이 약 50 v/o의 첨가량을 기점으로 기공율의 변곡점을 확인할 수 있는데 이는 본 연구의 내용에서 조립의 골재 혼입량이 약 50 v/o를 기점으로 percolation 분기점으로 이해된다¹⁰⁾. 즉 이 분기점 이상으로 입자가 첨가될 경우 전이하는 알루미나가 생성되면서 부피의 감소로 기공도가 증가한다고 사료된다. 따라서 본 연구의 내용을 제 품화하기 위하여는 미세 골재가 첨가된 시편보다는 조립의 입자가 분산된 시편을 중심으로 연구가 진행되어야 할 것으로 생각되었다

한편 Fig. 8은 56%와 63%의 조립의 골재가 각각 첨가된 겔을 800~1200°C의 온도범위에서 소성한 시편의 파단면을 전자현미경으로 관찰한 사진이다. 그 결과 800°C에서 소성한 시편은 이미 전이한 수화겔의 응집체를 확인할 수 있었고 소성온도가 증가함에 따라 이들의 [OH]의 분해와 전이를 통하여 미세한 입자의 알루미나로 생성됨을 확인할 수 있었다. 분산된 조립의 골재와 함께 이루어진 기공의 크기는 소성온도의 상승과 함께 증가하고 있음도 확인할 수 있었다. 이 결과는 Fig. 9에 도시한 기공의 분포도 곡선으로도 알 수 있다. 그러나 1000°C에서 소성한 시편의 기공의 분포도에서 기공의 크기는 6.04, 4.50, 1.20, 0.09 및 0.01미크론의 다양한 크기의 기공을 나타냈다. 이와 같이 기공의 크기가 상당히 불균일하게 나타나는 이유는 제조한 슬러리가 thi-

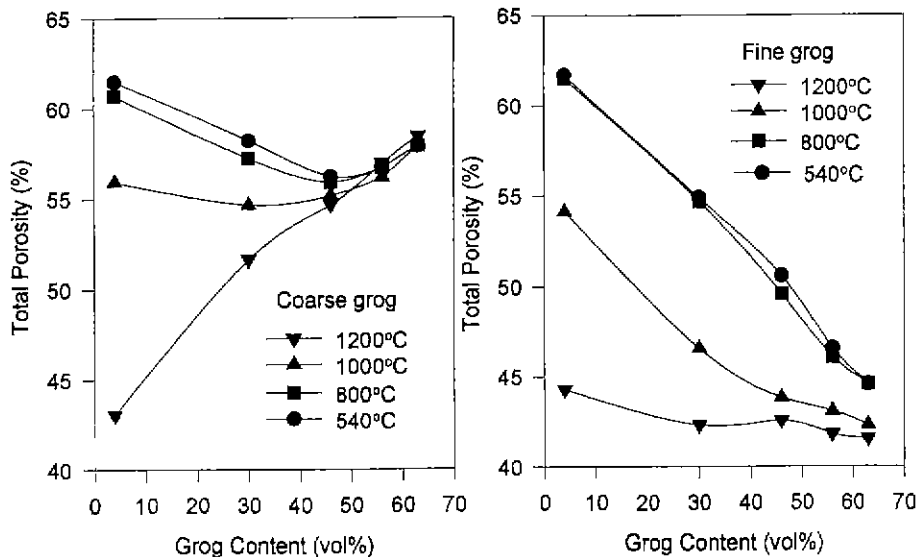


Fig. 7. Total porosity variation of hydrogels with α -corundum particles, fired at 540~1200°C. (Fine and coarse grogs are average 1 and 40 micron in size, respectively)

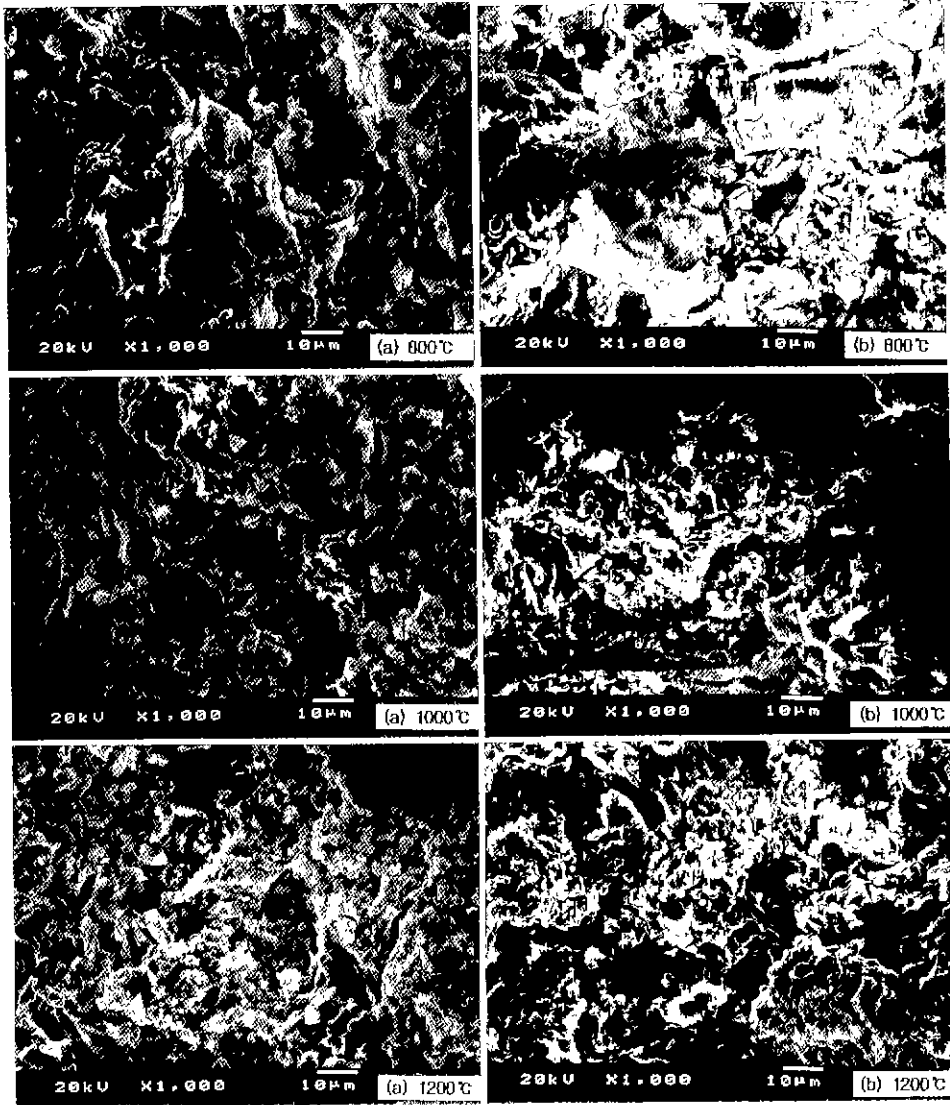


Fig. 8. Scanning electron micrographs of porous alumina ceramics manufactured from boehmite hydrogel fired at 800~1200°C for 5 h, with coarse grog of (a) 56 vol/o and (b) 63 vol/o in amounts, respectively.

xotropic 한 유동 특성을 나타냄에 따라 슬러지의 분산 상태가 일정치 않은 것으로 생각되며 또 수화젤이 α -alumina로 전이하는 과정에서 나타나는 다공특성에 기인하는 것으로 생각된다. 따라서 이 다공성 재료를 분 연구에서 목표하고 있는 고온가스필터를 제조할 수 있는 재료로 직접 적용하기는 어려울 것으로 생각되나 앞으로 입자의 분산 기법과 이를 통한 기공의 분포도가 좁고 필티의 포집효율과 공기투과율이 장시간 사용후에도 변화가 없는 새로운 공정 개발을 연구할 계획이다.

그러나 $\text{AlO}(\text{OH})$ 의 수화젤로부터 제조된 시료는 매우

작은 결정을 갖지만 최근에 이 작은 결정은 알루미나의 소결 효과를 증진시키지 못한다고 보고되고 있어서¹⁴⁾ 본 연구자의 생각으로는 전자현미경의 관찰결과 boehmite의 수화졸-젤 공정법으로 다공체를 제조하기 위하여는 소결과정에서 소결이 시작되어 입자와 입자사이, 즉 전이에 의해 생성된 알루미나와 분산된 알루미나 입자사이에서 neck가 형성되기 시작한 시점, 즉 소결 초기단계에서 소성하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이와 같이 제조하면 전이한 알루미나 용액체의 내부에서 형성된 기공의 특성을 본래가 지고 있는 젤의 다공특성을

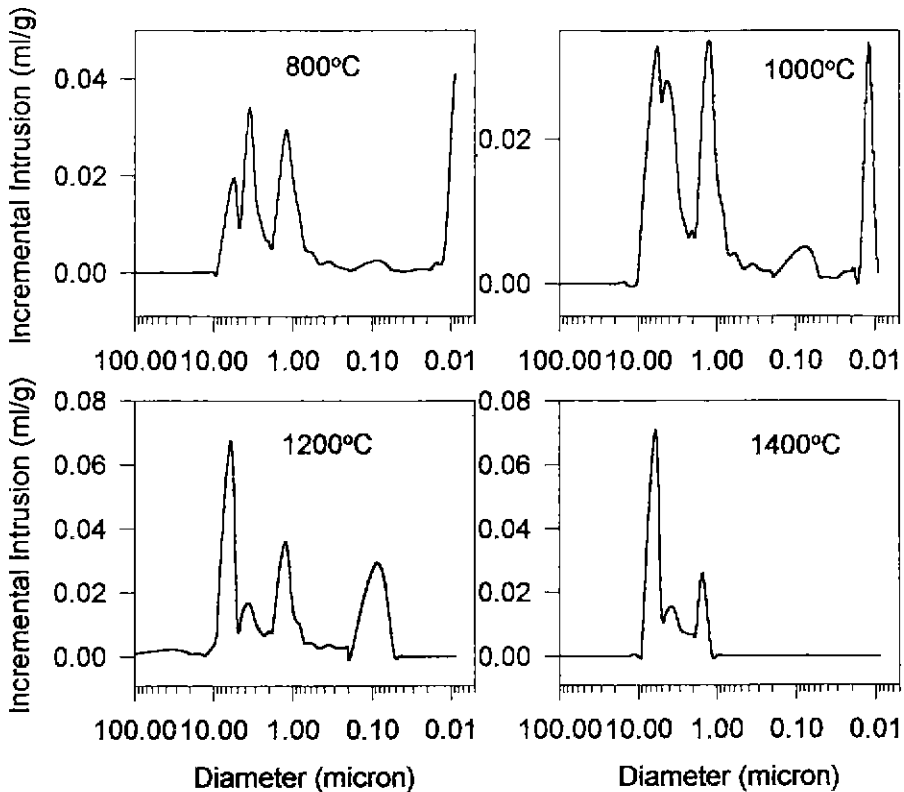


Fig. 9. Pore distribution of porous alumina ceramics with 63 vol/o coarse grog, fired at 1000°C and 1200°C for 5 h, respectively.

이용할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 boehmite 수화물을 겔화시키고 열처리 온도의 변화에 대한 vermicular 구조의 기공 특성의 변화를 조사하였고, 또 이 겔 속에 평균 1과 40미크론의 α -corundum 입자의 각각 분산시켜 열처리함에 따라 나타나는 다공성 알루미나 세라믹스의 기공특성을 조사하였다.

수화겔에 대한 열처리 온도가 증가함에 따라 수화물의 방출, 또한 그에 따른 α -alumina의 생성에 의해 입자의 접촉면적이 넓어져서 상대적으로 기공의 부피, 기공의 BET 표면적은 감소하였다. 그러나 평균기공의 크기는 약 800°C까지는 증가하다가 α -alumina가 생성되기 시작하는 온도이상에서는 급격히 감소함을 확인하였다.

겔 속에 별도의 알루미나 입자를 혼입시킨 겔을 열처리함에 따른 기공의 변화는 평균 1미크론 입자의 혼입량이 증가할수록 상대적으로 평균 40미크론의 조립입

자가 혼입한 시편보다도 상대밀도는 증가하였다. 그러나 조립 입자의 혼입에서 약 50 v/o의 혼입량을 기점으로 수화겔로부터 전이 생성된 알루미나 입자와 percolation 분기점을 형성하고 이를 기점으로 기공도가 증가함을 확인하였다.

4. 감사의 글

본 연구는 1994년도 동신대학교 학술연구비에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. L.M. Sheppard, "Corrosion Resistant Ceramics: Corrosion-Resistant Ceramics for Severe Environments," *Ceram. Bull.*, **70**(7), 1145-58 (1991).
2. M.A. Alvin, T.E. Lippert, and J.E. Lane, "Assessment of Porous Ceramic Materials for Hot Gas Filtration Application," *Ceram. Bull.*, **70**(9), 1491-98 (1991).
3. J.P.K. Seville, R. Clitt, C.J. Withers, and W. Keidel,

- "Rigid Ceramic Media for Filtering Hot Gases," *Filtration and Separation*, **26**(7-8), 265-71 (1989).
4. C. Weber, "Advances in Hot Gas Filtration Technology," *Filtration and Separation*, **25**(2), 100 (1988).
 5. C.J. Withers *et al.*, "Improvement in the Performance of Ceramic Media for Filtration of Hot Gases," *Filtration and Separation*, **27**, 32-37 (1990).
 6. D. Koch *et al.*, "Effects of Dust Properties on Gas Cleaning using Rigid Ceramic Filters," *Filtration and Separation*, **29**, 337-41 (1992).
 7. K.Y. Oh and C.J. Jung, "Microstructure and Phase Transformation of α -Alumina Seeded Boehmite Gel," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **30**(7), 598-606 (1993).
 8. Y.S. Lin, K.J. de Vries, and A.J. Burggraaf, "Thermal Stability and its Improvement of the Alumina Membrane Top-Layer Prepared by Sol-Gel Methods," *J Mater. Sci.*, **26**, 715-20 (1991).
 9. A.Y. Chen and J.D. Cawley, "Extrusion of α -Al₂O₃-Boehmite Mixtures," *J. Am Ceram. Soc.*, **75**(3), 575-79 (1992).
 10. H.W. Lww, B.G. Yoon, and H. Song, "Fabrication of Porous Ceramics and Multi-layered Ceramics Containing Porous Layer; I. Pore Structure," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **31**(9), 1044-52 (1994).
 11. P.A. Badkar, J.E. Bailey, and H.A. Barker, "Sintering Behavior of Boehmite Gel," in *Sintering and Related Phenomena*; pp. 311-22. Material Science Research, Vol. 6, Edited by G.C. Kuczynski; Plenum Press, New York, 1973.
 12. F.W. Dynys, "Alpha-alumina Formation in Alumina Sols," Ph. D. Thesis, Case Western Reserve University, Cleveland, OH, 1985.
 13. D.I. Matkin, W. Munro, and T.M. Valentine, "The Fabrication of α -Alumina Using Reactive Hot-Pressing," *J Mater. Sci.*, **6**, 974-80 (1971).
 14. S.J. Wilson, "The Hydration of Boehmite," *J. Solid State Chem.*, **30**, 247-55 (1979).
 15. M. Kumagai and G.L. Messing, "Controlled Transformation and Sintering of a Boehmite Sol-Gel By α -Alumina Seeding," *J. Am. Ceram. Soc.*, **68**(9), 500-505 (1985).