

AlN 세라믹의 hot pressing에 사용되는 Y₂O₃ 및 Al₂O₃ 소결조제의 효과

공만식 · 홍현선[†] · 이성규* · 서민혜 · 정항철
고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터

Effects of Y₂O₃ and Al₂O₃ Addition on the Properties of Hot Pressed AlN Ceramics

Man Sik Kong, Hyun Seon Hong[†], Sung Kyu Lee*, Min Hye Seo and Hang Chul Jung

Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering, Yongim, 449-863

*Division of Chemical and Materials Engineering, Ajou University, Suwon, 443-749

(2007년 8월 20일 받음, 2007년 10월 10일 최종수정본 받음)

Abstract AlN plates were fabricated by hot pressing at 1700-1900°C using yttria and alumina (3 and 10 μm particle size) powders as additives and characterized: density, thermal conductivity, transverse rupture strength, and grain size measurement by SEM and EDS. Density values of 3.31-3.34 g/cm³ are largely attributed to hot pressing of powder mixtures in carbon mold under N₂ atmosphere which caused effective degree of oxygen removal from yttrium-aluminate phase expected to form at 1100°C. The grain size of hot pressed AlN was almost homogeneous, with size approximately from 3.2 to 4.0 μm after hot pressing. Al₂O₃ powder of 3 μm particle size resulted in better transverse rupture strength and finer grain size compared to 10 μm Al₂O₃ powder. The thermal conductivity of AlN ranged between 83-92.7 W/m·K and decreased with Al₂O₃ addition. Fine grain size is preferred for better mechanical properties and thermal conductivity.

Key words AlN (Aluminum Nitride), Hot pressing, Sintering, Thermal conductivity, Transverse Rupture Strength.

1. 서 론

질화알루미늄(AlN)은 열전도도, 전기 저항, 내열 충격성이 높고 내식성이 우수하고 열팽창 계수, 유전상수는 낮으므로 다양한 응용분야에서 유망한 소재로 각광받고 있다. 예를 들어 보면 전자 산업 분야에서는 알루미늄 기판의 대체재료, 집적회로 패키지, 히트 싱크, 반도체 공정의 부품, 전력 트랜지스터 베이스, 마이크로웨이브 장치 부품으로, 야금 분야에서는 용융금속의 도가니 재료, 갈륨 아세나이드 단결정 성장용 도가니 재료 등으로 이용될 수 있다. 그밖에 높은 열전도도를 요구하는 내화물 재료나 로의 부품 등으로도 유망하다.¹⁻⁷⁾

일반적으로 질화알루미늄(AlN)은 공유결합특성이 강하기 때문에 소결조제를 사용하지 않으면 소결 공정에 의한 치밀화가 어려운 재료이다. 따라서 치밀한 소결체 조직을 얻기 위해서는 소결조제를 0.1-10 wt% 정도 첨가해야 한다. 소결조제는 소결체의 밀도를 증가시키는 기능 이외에도 열전도도를 향상시키는 핵심적인 기능이 있는데, 첨가한 소결조제가 AlN 표면에 형성되어 있는 알루미늄 산화막과 반응하여 액상을 형성함으로써 알루미늄이 AlN의 격자 내에 고용되는 것을 억제해 주므로 이

로 인한 불순물 원소의 고용 및 격자결함의 증가와 입계 산란을 줄이고 열전도도를 크게 향상시킬 수 있다. 이처럼 AlN 소결 부품의 치밀화와 열전도도 향상에 중요한 역할을 하는 소결조제로는 이트리아, 세리아 등의 희토류 원소와 CaO와 같은 알칼리토금속이 이용되고 있다.^{2,3,5,8,9)}

본 연구에서는 반도체 제조 공정에서 silicone wafer에 포토레지스트(photoresist)를 스핀 코팅 시킨 다음 이를 거치하고 가열 시켜주는데 사용하는 히터의 표면 재료로 사용할 목적으로 AlN plate를 hot press시켜 제조 하였는데 이트리아(Y₂O₃)와 알루미늄(Al₂O₃)을 소결조제로 사용하였다. 이트리아는 소결 시 약 1100°C에서부터 yttrium-aluminate 상을 형성한다. 히터 표면 재료의 열전도도를 높이려면 yttrium-aluminate 상에 존재하고 있는 산소의 활동도를 낮추어야 하는데 산소의 농도를 낮추려면 가능한 한 이트리아의 농도를 증가시켜 주어야 한다. 그러나 이트리아의 농도에는 최대값이 존재하는데 그 이유는 이트리아의 농도가 증가함에 따라서 열전도도가 아주 낮은 제 2상이 형성되기 때문이다.⁹⁾ 지금까지의 문헌 조사 결과에 의하면 AlN 소결 공정을 최적화 시켜서 적절한 조밀화를 이루려면 AlN상의 형성을 억제할 필요가 있다. 구체적으로 질소 분위기에서 AlN-Al₂O₃-Y₂O₃ 삼성분계를 액상 소결하여 Al₂O₃를 AlN으로 변환 시키든지 비교적 저온인 1680°C 정도의 소결 온도에서 조밀화를 이루고 Al₂O₃의 입도를 조절하여 액상 소결 효과를 극대

[†]Corresponding author

E-Mail : hshong@iae.re.kr (H. S. Hong)

화시킬 필요가 있다. 일반적으로 소결 온도를 1750°C 정도로 낮추면 AlN의 생성 속도를 현저하게 낮출 수 있다.¹⁰⁾ 또한 액상 소결에 의한 AlN으로부터의 산소 제거 효율은 입도에 반비례하므로 Al₂O₃ 입자의 크기가 감소함에 따라서 AlN 소결체의 조밀화가 더 잘 이루어진다는 사실이 알려져 있으므로¹¹⁾ 10 μm, 3 μm Al₂O₃ 분말을 사용하여 AlN-Al₂O₃-Y₂O₃ 삼성분계 소결체의 미세구조, 입경, 3점 굽힘 강도, 밀도, 열전도도 등의 제반 물성이 소결 조제로 사용된 Y₂O₃, Al₂O₃의 조성 및 입도가 AlN 소결체의 특성에 미치는 영향을 관찰하였다.

본 연구에서 AlN 성형체를 제조하기 위해서 hot press 공정을 수행하였다. 특히 가압소결 시에는 바인더, 분산제, 가소제, 온도, 압력조건, 분위기 조건 등의 적정 제어 요소가 필수적이며, 최종 소결제품의 기계적 강도 및 열전도 특성에 영향을 미친다. 본 연구에서는 이러한 hot press 공정 조건들 중 소결 조제의 조성 및 입도가 AlN 소결체의 특성에 미치는 영향을 관찰하였다.

아울러 hot press 소결체의 밀도, 열전도도와 3점 굽힘강도 값을 문헌에 발표된 결과와 비교하였으며, 특히 가장 중요한 열전도도 값을 유한요소법으로 얻은 이론치⁸⁾와 비교하여 설명하였다.

2. 실험 방법

2.1. AlN hot press 소결체의 제조

AlN hot press 소결체의 제조방법을 Fig. 1에 나타내었다. 소결조제로 사용한 원료 분말인 AlN, Y₂O₃ 및 Al₂O₃의 주요 특성은 Table 1에, 각 원료 분말의 미세구조는 별도로 Fig. 2에 나타내었다. 원료분말의 전체 조성은 Table 2에 나타내었다. AlN 원료 분말(1.13 μm)과 Y₂O₃ 분말(3-5 μm)은 시약 등급(reagent grade)이었고 불순물의 농도는 별도로 분석하여 Table 1에 수록 하였다. Fig. 3에 나와 있는 소결체의 XRD 결과를 보면 다른 불순물에 의한 화합물 형성은 관찰되지 않았다. 500 ml Jar에 AlN 분말 275 g, Y₂O₃ 분말 13.75 g(5 wt%), Al₂O₃ 분말 2.75 g(1 wt%), Al₂O₃ ball 1,238 g, NH₄OH 5.5 ml, EtOH (99.5%) 550 ml를 넣고 24 시간 동안 ball

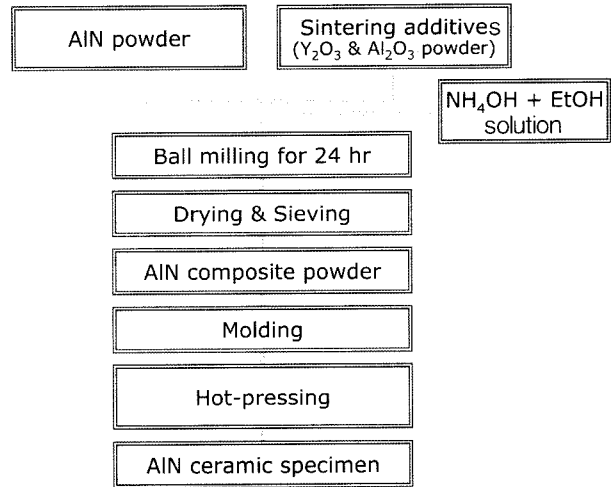


Fig. 1. Experimental procedure of the hot pressed AlN ceramics.

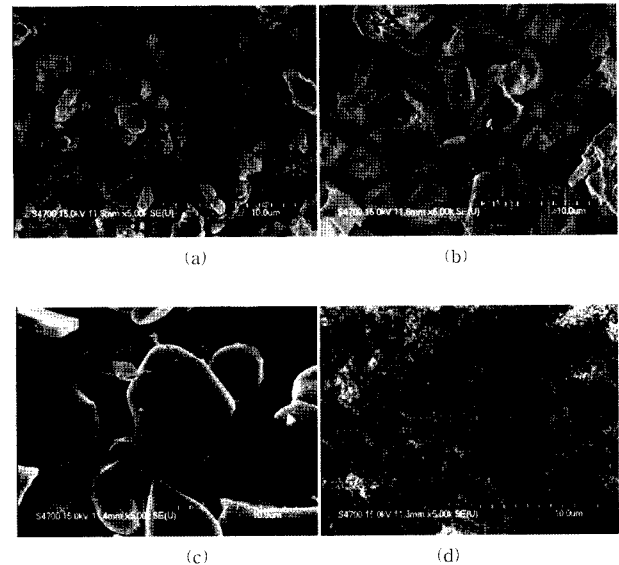


Fig. 2. FE-SEM microstructures of raw ceramic powders: (a) 1.13 μm AlN; (b) 3.2 μm Y₂O₃; (c) 10 μm Al₂O₃; (d) 3 μm Al₂O₃.

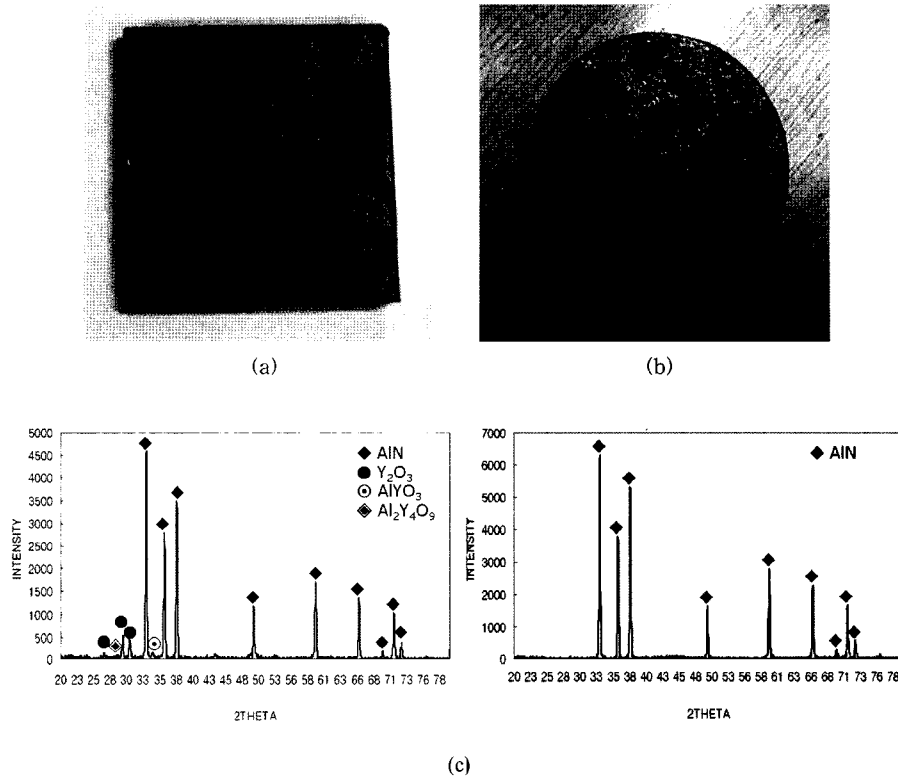
milling 하여 AlN 슬러리를 제조하였다. NH₄OH는 ball milling media의 pH를 적절히 유지하여 분말 상호간 응

Table 1. Characterization of Raw Powders.

Properties	AlN	Y ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
Shape	spherical	needle-like	spherical	
Particle size (μm)	1.13	3.2	10.0	3.0
Impurity Level	0.83% O			0.04 ppm Na
	206 ppm C	2.1 ppm Fe		0.02 ppm Fe
	226 ppm Ca	16 ppm Ca		0.06 ppm Si
	43 ppm Si			0.1 ppm Mg
	12 ppm Fe			

Table 2. Composition of AlN powder mixtures.

Sample name	AlN (wt%)	Y ₂ O ₃ (wt%)	Al ₂ O ₃ (wt%)
5Y	95	5	
5Y-1A10	94	5	1 (10 μm Al ₂ O ₃)
5Y-1A03	94	5	1 (3 μm Al ₂ O ₃)



	AlN	Y ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	AlYO ₃	Al ₂ Y ₄ O ₉
Strong peaks	33.22	29.36	43.36	34.20	29.50
(2θ)	37.92	30.92	35.14	23.70	26.60
	36.04	27.00	57.52	49.00	30.60
Element	weight%		atomic%		
N K	35.82		53.44		
Al K	58.36		45.19		
Y L	5.83		1.37		
Totals	100.00		100.00		

Fig. 3. (a), (b): Hot pressed AlN ceramics, (c) XRD pattern and strong peaks of hot pressed AlN ceramics.

집을 방지하고 분산 시킬 목적으로 첨가(defloculant)하였다.¹²⁾ 제조된 슬러리는 heating mantle를 이용하여 혼합하면서 건조하였으며, 110°C의 건조기에서 3시간 동안 완전 건조시켰다. 건조시킨 분말은 분쇄한 후 500 mesh의 sieve를 이용하여 균일한 크기로 체가름을 하였다.

체가름 과정을 마친 AlN-Y₂O₃ 분말은 100×100 mm 흑연볼드예, AlN-Al₂O₃-Y₂O₃ 분말은 φ 4"(ID) 흑연볼드예에 장입하고 이를 고온가압소결로(Hot press, Kovaco

KHP-350)에 장착한 뒤 모든 분말 혼합체를 상온에서 30 kgf/cm²으로 1차 가압을 하였다. 1차 가압이 완료된 후, rotary pump를 이용하여 로 내부의 압력이 10⁻⁵ torr가 될 때까지 배기 시킨 후 질소가스를 약 101 kPa까지 채운 뒤 20분간 질소가스로 purge 하였다. 이때 로 안으로 흘러들어가는 질소가스의 유량은 20 ml/min이 되도록 조절하였다. Purge가 완료된 후 소결온도까지 15°C/min의 속도로 승온시켜 3시간 동안 유지한 후 2시간 동안

상온까지 냉각하였다. 가압은 1,500°C에서 분당 75 kgf/cm² 정도의 속도로 서서히 가압하였고, AlN-Y₂O₃의 최종 소결 시에는 1,900°C에서, AlN-Al₂O₃-Y₂O₃의 최종 소결 시에는 1700°C와 1750°C에서 30 kgf/cm²의 압력으로 3시간 동안 가압 상태를 유지하였다. 그리고 12시간 동안 냉각시킨 후 Fig. 3(a), (b)와 같은 형상의 최종 AlN 소결체를 완성하였다.

2.2. AlN 소결체의 특성분석

Hot pressing 과정을 거쳐 제조된 AlN 소결체는 KS L 1604 규격(φ12.4 mm×2.4 mm)에 따라 laser flash방법을 써서 열전도도를 측정하였으며, 3점 굽힘 강도 (Transverse Rupture Strength, TRS)는 KS L 1591 규격(3 mm×4 mm ×34 mm)에 따라 분석하였다. 또한 본 연구에서는 AlN 소결체의 미세구조를 파악하기 위해 FE-SEM을 이용하여 시편의 파단면을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. AlN 소결체의 물리적 특성분석

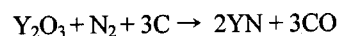
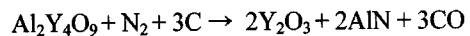
AlN 분말에 소결조제로 Y₂O₃ 및 Al₂O₃를 첨가한 후, hot pressing하여 제조한 AlN 소결체의 물리적 특성을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. AlN은 비금속 고체로서 열전도도가 높은 것으로 알려져 있는데, 이는 공유 결합 물질이고 높은 용융점, diamondd 입방 결정구조를 가지고 있기 때문이다. AlN은 대부분 산소의 첨가로 인해 AlN 격자에 기공 형성하게 되어 열전도도가 감소되는 특성을 보이게 되는데, 본 연구에서 Y₂O₃를 5 wt% 첨가한 AlN의 소결체의 열전도도는 92.7 W/m·K로 우수한 특성을 나타내었다. 이 값은 최근에 얻은 AlN의 열전도도 값 200 W/m·K⁷⁾보다는 다소 낮다고 볼 수 있으나 본 연구의 목표인 AlN 히트 플레이트의 다른 성능 목표치인 3점 굽힘 강도 등의 제반 기계적 성질과 물성도 만족시키려면 열전도도 목표치 또한 어떤 중간 값으로 조절할 필요가 있었다. 3점 굽힘 강도는 46.16 kg/mm²로 분석되었는데, 이는 알루미늄의 3점 굽힘 강도 (~30 kg/mm²)보다 큰 것으로 나타나 기판의 두께 감소로 인한 열저항을 적게 할 수 있어 열적으로 우수한 것으로 판단되었다. 또한 최종 소결체의 평균 입자 사이즈

는 4 μm 였으며, 약 3.3 g/cm³의 밀도를 가지고 있는 것으로 조사되었다.

AlN 분말에 소결조제로 Y₂O₃와 Al₂O₃를 함께 첨가한 시편의 경우, Y₂O₃를 단독으로 첨가한 시편에 비하여 우수한 물리적 특성을 나타냈는데, 이는 첨가한 원료분말의 입도와 조성에 따른 소결 공정의 차이에 기인한 것으로 보인다. Al₂O₃ 원료분말의 입도가 주는 효과를 보면 미세한 3 μm Al₂O₃의 첨가 시 ball milling 공정에서 원료분말의 분산성 및 균질성이 증가함에 따라 10 μm Al₂O₃를 첨가했을 때에 비해서 소결체의 치밀화가 용이하기 때문에 소결체의 물리적 특성이 우수하게 나타난 것으로 보인다.

AlN의 소결과정에서 1 wt% Al₂O₃의 첨가에 따라 액상의 형성을 가속화 시키는 것으로 보이는데, 이 과정에서 산소 및 불순물이 입계에 trap되어 결정입자 내의 고용을 억제시켜서 열전도도를 향상시킨 것으로 판단된다. 또한 소결조제로 미량 사용한 Al₂O₃의 경우, 소결 공정 중 구동력을 증가시켜서 조립 및 치밀화 현상을 유도하는 역할을 함에 따라 제 2상의 석출이나, 결합의 감소로 인하여 밀도 증가 및 기공도의 감소 현상이 발생하여 강도가 소량 증가한 것으로 판단된다.¹⁰⁾

본 연구를 통해 AlN 소결체의 소결 밀도는 AlN의 이론밀도 3.26 g/cm³ 보다 다소 높은 것으로 나타났는데²⁾, 그 이유는 카본 몰드를 이용하여 질소 분위기에서 소결함으로써 다음과 같은 반응이 일어나서 yttrium-aluminate 상이 형성된 것으로 생각된다.¹³⁾



이 경우 O의 농도가 소결체의 내부보다는 표면에서 더 높을 것이라 예상된다.

열전도도는 대체로 Al₂O₃의 첨가에 따라 감소하였으나 Al₂O₃ 원료 분말의 입도에 반비례하였다. 그 이유는 열전도가 AlN 결정립을 따라서 일어나므로 10 μm크기의 Al₂O₃ 원료 분말을 사용한 경우, 3 μm Al₂O₃ 원료 분말을 사용했을 때 보다 결정립의 성장이 다소 현저하였음을 알 수 있고 부분적으로나마 결정립 사이의 일체성이 3 μm Al₂O₃ 원료 분말을 사용했을 때 보다 감소했다고

Table 3. Mechanical and physical properties of sintered AlN ceramics.

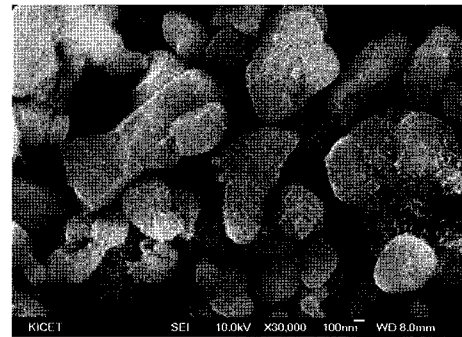
Properties	Results		
	5Y sample	5Y-1A10 sample	5Y-1A03 sample
Thermal conductivity (W/m·K)	92.7	83.0	92.0
Transverse rupture strength (kgf/mm ²)	46.2	45.0	46.1
Average grain sizes (μm)	4.0	3.6	3.2
Density (g/cm ³)	3.30	3.34	3.34

생각된다.^{3,8)}

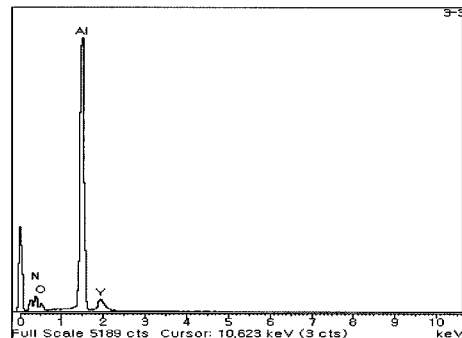
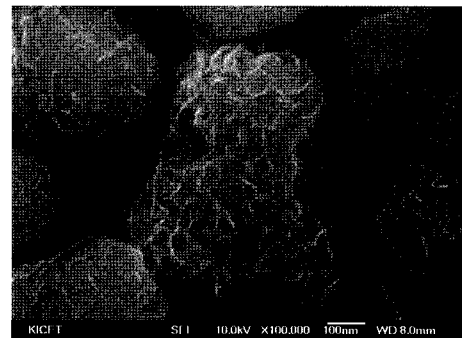
본 연구에서 얻은 소결체의 밀도와 열전도도 사이의 상관관계를 알아보기 위해서 본 실험에서 얻은 열전도도 값을 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3$ 2성분계에 대해서 이론적으로 예측된 값⁸⁾과 비교하였다. 그 결과 Y_2O_3 조성 2.8 vol%(5 wt%)에 대한 열전도도의 이론적 예측값은 대략 $190 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 인데 비해서 본 실험에서는 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3$ 분말의 소결 시 이의 약 절반인 $92.7 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 분말의 소결 시 Al_2O_3 분말의 입도에 따라 $83(10 \mu\text{m})\text{-}92(3 \mu\text{m}) \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 값을 얻었다. 여기서 추론 할 수 있는 사실은 $3 \mu\text{m}$ Al_2O_3 원료 분말 사용 시 소결체 내의 산소 제거 효율이 증가한다고 생각된다. 이는 Fig. 4에 나와 있는 것처럼 결정립의 크기가 약 $3.2 \mu\text{m}$ 정도로 미세화 된 것을 보면 알 수 있다. 여기서 두 가지 상반되는 경향성이 있음을 알게 되는데 결정립의 크기가 클수록 열전도도는 증가하지만 세라믹의 3점 굽힘 강도는 감소하고 기계적 특성은 저하된다.¹⁴⁾ 그러므로 본 세라믹의 용도에 비추어 볼 때 열전도도 보다는 기계적 특성의 개선 방향으로 실험 및 공정 변수를 개선 시켜 나가야 함을 알 수 있다. 단 Al_2O_3 의 입도가 증가할수록 열전도도와 3점 굽힘 강도는 감소했는데 그 이유는 소결 시 Al_2O_3 의 입도가 작을수록 결정립이 미세화 되었기 때문이다.

3.2. AlN 소결체의 미세구조 분석

AlN 분말 및 소결조제를 첨가하여 hot pressing 하기 전·후의 미세구조를 분석한 결과를 Fig. 4-5에 나타내었다. 먼저 Fig. 4(a), (b)에 나와 있는 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3$ 혼합 분말의 입자는 평균적으로 약 $1 \mu\text{m}$ 의 크기를 가지고 있었으며, 스폰지 형태를 띄고 있는 것으로 나타났다. 또한 불밀링 과정을 통해 얻어진 AlN과 Y_2O_3 혼합분말은 균일하게 합성되었음을 Fig. 4(b)의 EDX 분석을 통해 알 수 있었다. 반면 Fig. 4(c)는 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3(10 \mu\text{m})$ 를 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3$ 와 동일한 조건으로 ball milling하여 얻은 결과인데 이 경우에도 소결 조제인 Y_2O_3 및 Al_2O_3 의 함량이 낮기 때문에 혼합 분말의 형상은 크게 다르지 않았으나 평균 입자 크기는 AlN의 크기인 $1.1 \mu\text{m}$ 으로 나타났다. 그러나 일부에서는 Y_2O_3 의 첨가에 따라 $3\text{-}5 \mu\text{m}$ 크기의 침상형 Y_2O_3 분말도 관찰된다. Fig. 5는 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3$ 를 24 시간 동안 ball milling하여 얻은 5Y 분말 혼합체를 hot pressing하여 제조한 SEM-EDX($\times 100,000$) 분석 결과이다. Fig. 5의 FE-SEM-EDX 분석결과를 보면 소결조제로 주입한 Y_2O_3 가 AlN 결정립계에 고루 분포하여 소결체의 치밀화를 용이하게 하는 것을 확인하였다. 앞서 추론한 O의 농도역시 AlN 소결체 결정립 내부에서는 관찰되지 않았는데 본 실험에서 적용한 카본 몰드와 질소 분위기가 AlN 소결체에서 산소를 제거 시키는데 효과적이었음을 알 수 있다. Fig. 5의 입계 석출상의



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. SEM-EDX images of (a), (b) $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3$ mixture, and (c) $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ mixture before hot pressing.

정확한 조성과 양을 분석하지는 않았으나 Fig. 5의 소결체 EDS 결과를 보면 대체로 yttrium aluminate상으로 구성되어 있다고 생각된다.^{2,12)} Fig. 3(c)의 $\text{AlN-Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$

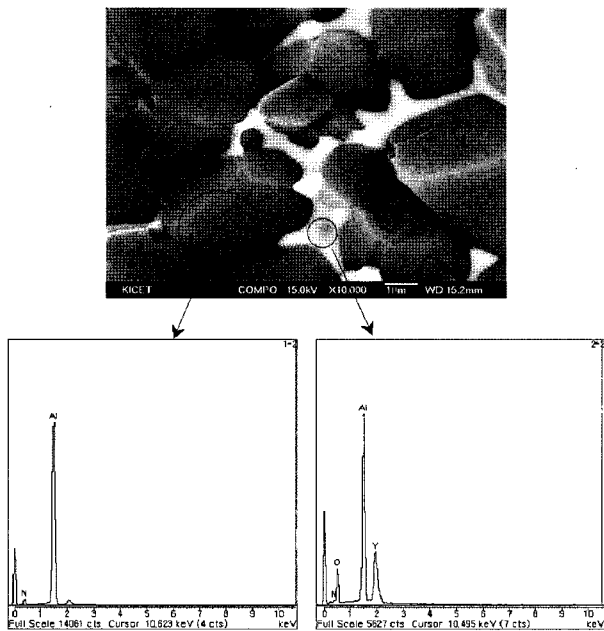


Fig. 5. FE-SEM & EDX image of 5Y AlN.



(a)



(b)

Fig. 6. Microstructures of post-TRS samples: (a) 5Y-1A10 AlN; (b) 5Y-1A03 ceramics.

(10 µm) 소결체의 XRD 분석 결과 yttrium aluminate 상은 AlYO₃와 Al₂Y₄O₉으로 나타나는데 이들은 모두 입계에 집중적으로 분포되어 있는 것으로 생각된다. 밀도는 현재로서는 분석, 측정하지 못하였으나 본 연구 결과 AlN 소결체의 밀도가 이론치보다 약간 증가해 있다는 사실에 비추어 yttrium aluminate 상의 밀도가 AlN의 이론 밀도치보다 큰 것으로 생각된다.

Fig. 6(a), (b)는 AlN 분말에 소결조제로 Y₂O₃와 Al₂O₃를 첨가한 시편의 파단면을 FE-SEM으로 분석한 결과이다. Fig. 6(a)는 10 µm 입도의 Al₂O₃를 첨가한 경우의 소결체 표면의 미세구조를 나타내고 있는데 여기서도 Fig. 5와 유사한 소결 주체 성분의 AlN 결정립계 분포 거동을 보여주고 있다. Fig. 6 (a), (b)를 보면 파단면의 미세구조 또한 3 µm Al₂O₃ 분말을 첨가했을 때 10 µm Al₂O₃ 분말을 첨가했을 때 보다 치밀화가 우수한 것으로 판단되며, 결정립의 크기는 약 2.6 µm으로 Al₂O₃의 첨가에 따라 결정립이 미세화된 것으로 보인다. Crack의 진행 경로도 Al₂O₃의 첨가에 따라 적절한 입계 파괴와 입내 파괴가 일어났음이 관찰 되었는데 이는 Al₂O₃의 입도와 관계없이 관찰되었다. 이에 비추어 볼 때, 3 µm Al₂O₃ 분말을 첨가했을 때 10 µm Al₂O₃ 분말을 첨가했을 때 보다 결정립의 미세화와 균일성이 증가하여 소결체의 물리적 특성이 향상된 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 AlN 분말의 소결조제로 Y₂O₃, Al₂O₃를 사용하여 이들 혼합 분말의 ball milling 후 hot press 공정을 실시하여 AlN 소결체를 제조한 다음 소결체의 미세 구조 및 열전도도, 3점 굽힘 강도, 밀도, 입경 등의 제반 기계적, 물리적 특성을 연구하였다. Ball milling 후 분말 혼합물은 스폰지 형태의 morphology를 띄고 있는 것으로 관찰 되었고, 이렇게 제조한 AlN-Y₂O₃ 분말은 1,900°C에서 3시간 동안, AlN-Y₂O₃-Al₂O₃ 분말은 1700-1750°C에서 2시간 동안 hot pressing한 결과 AlN 소결체의 밀도는 3.30-3.34 g/cm³를 얻었는데 이는 이론 밀도 3.26 g/cm³보다 높은 것이다. 또한 소결체 결정립의 크기가 평균 3.2 µm에서 4 µm인 것으로 관찰되었다. SEM-EDX 분석을 통한 미세구조 분석결과 소결조제로 주입한 Y₂O₃는 AlN 결정립계에 존재하였으며, 고르게 분산되어 있는 것을 확인하였다. 또한 AlN 소결체의 열전도도는 83-92.7 W/m·K였다. 열전도도와 기계적 강도의 최적치를 얻기 위한 결정립의 크기 조건은 서로 상반되므로 두 물리적 특성 중 열전도도에 치중하는 경우, 소결 시간을 증가시키거나 소결 온도를 증가시키면 된다. 소결조제로 Al₂O₃를 추가로 첨가한 경우, Y₂O₃를 단독으로 첨가한 시편에 비해 열전도도, 3점 굽힘 강도, 입경

등의 물리적, 기계적 특성이 우수하였는데 이러한 경향은 Al_2O_3 분말의 입도가 미세할수록 현저하게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원으로 수행하는 부품소재 지원사업의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. C. Y. Hsieh, C. N. Lin, S. L. Chung, J. Cheng, D. K. Agrawal, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **27**, 343 (2007).
2. X. Xu, H. Zhuang, W. Li, S. Xu, B. Zhang, X. Fu, *Mat. Sci. Eng.*, **A342**, 104 (2003).
3. K. A. Khor, K. H. Cheng, L. G. Yu, F. Boey, *Mat. Sci. Eng.*, **A347**, 300 (2003).
4. G. A. Slack, L. J. Schowalter, D. Morelli, J. A. Freitas Jr., *J. Cryst. Growth*, **246**, 287 (2002).
5. L. Qiao, H. Zhou, H. Xue, S. Wang, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **23**, 61 (2003).
6. S. Du, Z. Liu, L. Li, Z. Gui, *Mater. Lett.*, **25** (1995) 105.
7. S. Kume, M. Yasuoka, S.-K. Lee, A. Kan, H. Ogawa, K. Watari, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **27** (2007) 2967.
8. F. Boey, A. I. Y. Tok, Y. C. Lam, S. Y. Chew, *Mat. Sci. Eng.*, **A335**, 281 (2002).
9. A. Klimera, F. Raether, J. Ruska, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **27**, 1419 (2007).
10. Y. W. Kim, H. C. Park, Y. B. Lee, K. D. Oh, R. Stevens, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **21** (2001) 2383.
11. F. Boey, L. Cao, K. A. Khor, *Acta mater.*, **49** (2001) 3117.
12. J. S. Reed, *Principles of Ceramic Processing*, Second ed., p. 513, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, (1995).
13. H. Nakano, K. Watari, K. Urabe, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **23**, 1761 (2003).
14. L. Qiao, H. Zhou, K. Chen, R. Fu, *J. Eur. Ceram. Soc.*, **23**, 1517 (2003).