

**SiC계 복합체의 특성에 미치는 Boride의 영향**

신용덕\*, 주진영\*\*, 전재덕\*, 소병문\*\*\*, 이동운\*\*\*\*  
 \*원광대학교 전기공학과, \*\*한보니스코, \*\*\*익산대학, \*\*\*\*중부대학교

**Effects of Boride on Properties of SiC Composites**

Yong-Deok Shin\*, Jing-Young Ju\*\*, Jae-Duck Jeon\*, Byung-Moon So\*\*\*\*, Dong-Yoon Lee\*\*\*\*.  
 \* Wonkwang Univ., \*\* HanBo NISCO, \*\*\* IkSan College, \*\*\*\* Joongbu Univ.

**Abstract** -The composites were fabricated, respectively, using 61vol.% SiC-39vol.% TiB<sub>2</sub> and using 61vol.% SiC-39vol.% ZrB<sub>2</sub> powders with the liquid forming additives of 12wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by hot pressing annealing at 1650°C for 4 hours. Reactions between SiC and transition metal TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub> were not observed in this microstructure. The result of phase analysis of composites by XRD revealed SiC(6H, 3C), TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub> and YAG(Al<sub>5</sub>Y<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) crystal phase on the SiC-TiB<sub>2</sub>, and SiC-ZrB<sub>2</sub> composites. The β α-SiC phase transformation was occurred on the SiC-TiB<sub>2</sub>, SiC-ZrB<sub>2</sub> composites. The relative density, the flexural strength and Young's modulus showed respectively value of 98.57%, 226.06Mpa and 86.37×10<sup>3</sup>Mpa in SiC-ZrB<sub>2</sub> composites.

ZrB<sub>2</sub> 와 TiB<sub>2</sub>를 혼합하고, 소결 성을 높이기 위하여 소결 첨가제로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 첨가하여 1650°C에서 HP(Hot Pressing)하였다.  
 또, β-SiC에 TiB<sub>2</sub>와 ZrB<sub>2</sub>를 각각 혼합한 도전성 복합체의 제 특성을 평가할 목적으로 상대밀도, 격임강도, Young's modulus, XRD분석 및 파단면의 미세구조를 관찰 하였다.

**1. 서 론**

SiC 세라믹은 일반적으로 열전도성, 열 충격 저항성, 강도와 내산화성이 우수하지만[1], 1000°C 이하에서는 전기저항률이 負(-)저항 온도계수이기 때문에 온도 상승과 함께 전류를 억제할 수가 없어 과열이 발생한다[2]. 소결은 소결조제로써 boron, aluminum이나 carbon을 사용하여 고상 소결법으로 약 1950~2100°C에서 제조되지만 소결온도가 너무 높다는 단점을 가지고 있다[3]. 이러한 단점을 개선하기 위하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 희토류 산화물을 첨가하여 상대적으로 낮은 온도 즉 1850~2000°C에서 액상소결방식이 현재 많이 연구되고 있다[4-5]. 천연 금속의 붕화물인 TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>는 일반적으로 2800°C의 고용점, 높은 경도 및 금속적인 도전성을 지녔지만, 공유결합으로 인한 확산계수와 낮은 가공성 등의 부족점으로 문제가 된다[6]. 이러한 액상소결조제는 입자의 경계에서 물질의 확산을 가속화시키면서, 크랙의 진행과정을 방해하여 파괴인성과 상대밀도 증진을 가져오기도 하지만 강한 휘발성분으로 인해 낮은 밀도 값을 보이기 때문에 경도, 격임강도등의 기계적 특성에 악영향을 미치는 경우가 발생한다[7]. 이러한 방법을 통하여 SiC와 TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>의 장점을 그대로 이용하여 복합화 하므로써 도전성, 내산화성, 기계적 강도 등 저온(1000°C이하) 및 고온용 도전재료로써 필요한 특성을 지닐 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 보다 더 낮은 고온 가압소결법으로 도전성 세라믹 재료를 개발 할 목적으로 β-SiC에

**2. 실험 과정**

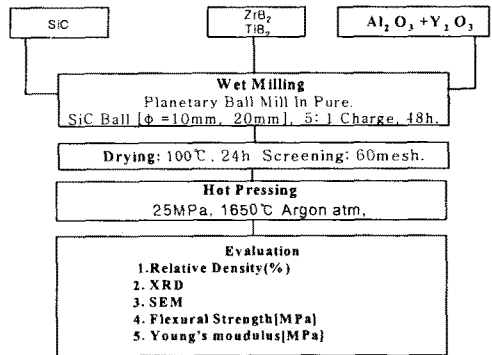


그림 1. 실험절차  
 Fig. 1 Experimental process

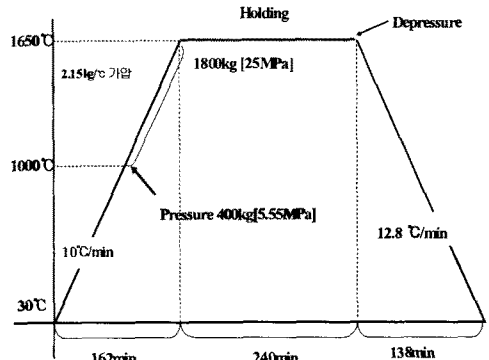


그림 2. 시편제조를 위한 승온 및 냉각 프로그램  
 Fig. 2 Heating & cooling schedule for the preparation of samples

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 상분석 및 미세구조

그림 3에 나타난바와 같이 상대밀도는 SZ에서 98.57%로 ST보다 16.88% 높게 나타나고 있다. ST, SZ 복합체에서는  $\beta \rightarrow \alpha$ -SiC 상전이가 동일하게 일어나고 있다.

SZ와 ST복합체의 꺾임강도 측정이 끝난 시편의 파단면을 SEM을 이용하여 관찰한 그림 4의 미세구조에 나타난 바와 같이 ST가 SZ보다 기공이 많이 나타나고 있다. 이러한 현상으로도 SZ의 상대밀도가 ST보다 높게 나타나고 있는 이유를 보완 설명 할 수 있다.

그림 5의 XRD분석에서 나타난 바와 같이  $TiB_2$ 와  $ZrB_2$  입자는 SiC 기지상에 2차상으로 존재하고 SiC와 천이금속간의 반응은 일어나지 않았으며, 액상 소결조제인  $Al_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ 상은 액상 반응하여  $YAG(Al_5Y_3O_{12})$ 상이 나타나고 있다. 또 소결과정중 탄소의 산소에 대한 높은 친화력으로 SiC와  $Al_2O_3$ ,  $Y_2O_3$  간의 반응으로 인해 생성되는  $Y_2O$ ,  $Al_2O$ ,  $SiO$ ,  $CO$ 등의 휘발성분이 시편내부에서 기공으로 존재하기도 한다.

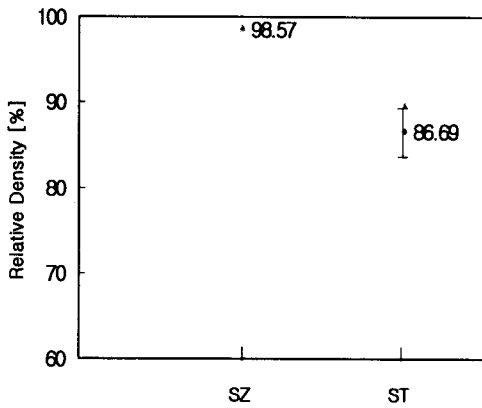
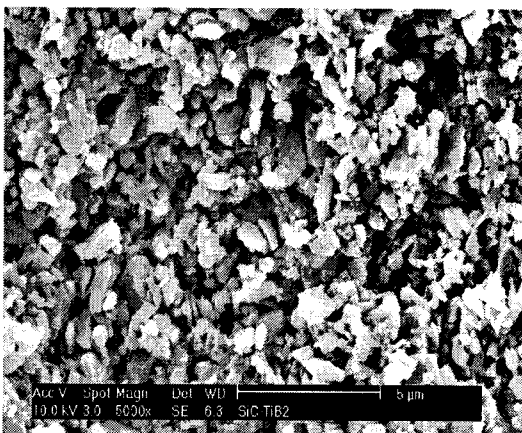
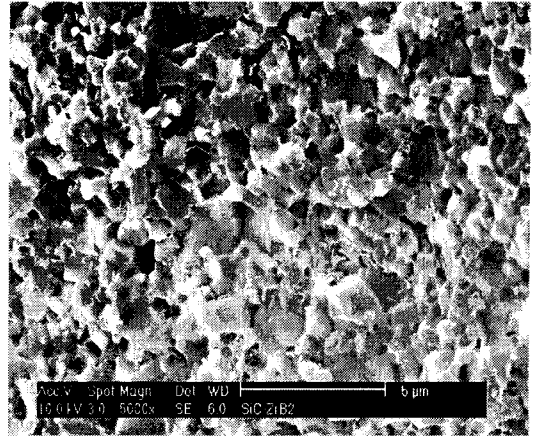


그림 3 ST와 SZ 복합체의 상대밀도  
Fig. 3 Relative density of ST and SZ composites



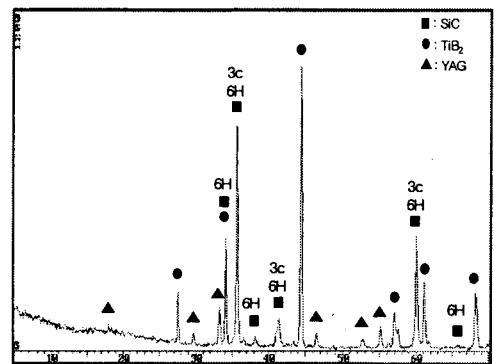
(a) ST



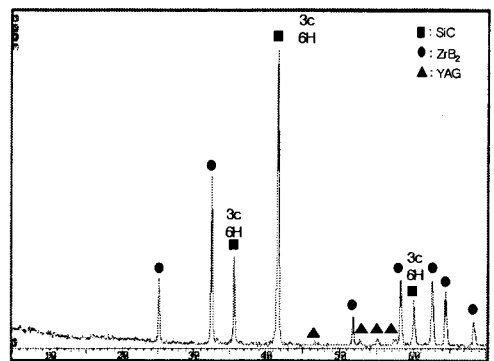
(b) SZ

그림 4. ST와 SZ 복합체의 파단면 SEM 사진

Fig. 4 SEM micrographs of the fracture surface of ST and SZ composites



(a) ST



(b) SZ

그림 5. ST와 SZ 복합체의 XRD 분석

Fig. 5 X-ray diffraction analysis of ST and SZ composites

### 3.2 기계적 특성

그림 6,7은 격임강도와 Young's modulus의 최고, 최저 및 평균값을 나타낸 것으로 각각 SZ가 ST보다 약 1.66배, 약 1.64배 이상 높게 나타나고 있다.

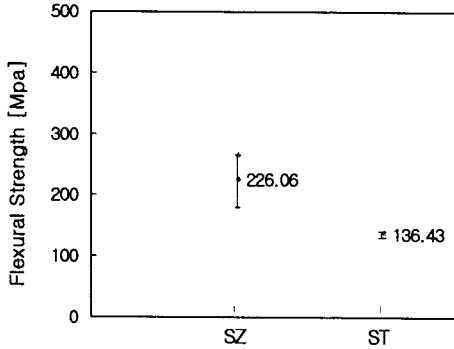


그림 6. ST와 SZ 복합체의 3점 곡 강도  
Fig. 6 Three-point flexural strength of ST and SZ composites

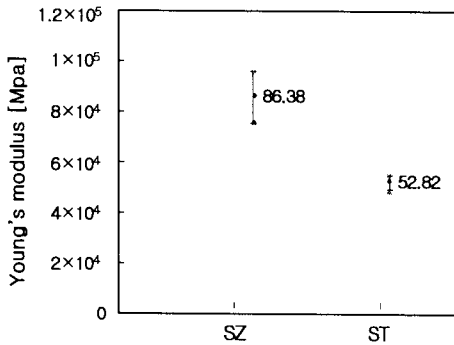


그림 7 ST와 SZ 복합체의 Young's modulus  
Fig. 7 Young's modulus of ST and SZ composites

### 4. 결 론

SiC 61vol.%에 천이금속 TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub>를 39Vol.% 혼합하고, 이 혼합물에 12wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 첨가하여 1650℃에서 4시간 가압 열처리로 소결한 복합체의 특성은 다음과 같다.

- 1) SiC와 천이금속 물질간의 반응은 나타나지 않고, 천이금속 TiB<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub> 물질이 2차상으로 존재하면서 SiC-ZrB<sub>2</sub>복합체에서 약 98.57%의 상대밀도를 나타내는 치밀한 소결체를 얻었다.
- 2) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 간의 반응으로 Y<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O 등의 휘발성분이 시편내부에서 기공으로 존재하기도 하고, YAG상이 나타나기도 한다.

3) SiC-ZrB<sub>2</sub> 복합체의 격임 강도는 226.06MPa으로 SiC-TiB<sub>2</sub>보다 약 1.66배 이상의 값을 나타내고 있다.

4) ZrB<sub>2</sub> 복합체의 Young's modulus는 SiC-TiB<sub>2</sub>의 약 1.64배 이상의 값을 나타내고 있다.

### [참 고 문 헌]

- 1) Patricia A. Hoffman, "Thermo Elastic Properties of Silicon Carbide-Titanium Diboride Particulate Composites", M. S Thesis, 1992.
- 2) Hideto Hashiguchi and Hiasshi Kimugasa "Electrical Resistivity of  $\alpha$ -SiC Ceramics Added with NiO" J. Ceram. Soc. Japan, 102[2], pp.160-'64, 1994.
- 3) N.P. Padture "In Situ-Toughened Silicon Carbide" J. Am. Ceram. Soc., 77[2], pp. 519-523, 1994
- 4) Yong-Deok Shin, Jin-Young Ju, Kwang-soo Choi, Sang-soo Oh, Je-Ho Seo "Effect of Annealing Temperature on the Properties of  $\beta$ -SiC-TiB<sub>2</sub> Electroconductive Ceramic Composites by Spray Dry", *Trans. KIEE*, Vol. 52C, No. 8, pp. 335-341, 2003.
- 5) Do-Hyeong Kim and Chong Hee Kim, "Toughening Behavior of Silicon Carbide with Additions of Yttria and Alumina", *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 735, pp. 1431-34, 1990.
- 6) Yon-Kap Park, Jun-Tae Kim and Yong-Hyuck Baik "Mechanical Properties and Electrical Discharge Machinability of  $\beta$ -Sialon-TiB<sub>2</sub> Composites" J. Mater. Sci. Korean, 5[1], pp. 19-24, 1999
- 7) Seung Hyuk Yim, Yong Deok Shin and Joon Tae Song, "The Properties of  $\beta$ -SiC-TiB<sub>2</sub> Electroconductive Ceramic Composites Densified by Liquid-Phase Sintering", *Trans. KIEE*, Vol. 49, No. 9, pp. 510-515, 2000.