

# SiO<sub>2</sub> 콜로이달에 의한 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 복합 세라믹스의 상온굽힘강도 및 균열치유 현상

남기우<sup>†</sup> · 김종순<sup>\*</sup> · 이희방<sup>\*\*</sup>

(2008년 12월 24일 접수, 2009년 6월 5일 수정, 2009년 6월 5일 심사완료)

## Room Temperature Strength and Crack Healing Morphology of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Composite Ceramics with SiO<sub>2</sub> Colloidal

K. W. Nam, J. S. Kim and H. B. Lee

**Key Words:** Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Composite Ceramics(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 복합 세라믹스), SiO<sub>2</sub> Colloidal(SiO<sub>2</sub> 콜로이달), Hybride Binder(하이브리드 바인더), In-Situ(현장), Crack-Healing(균열치유), Morphology(형태)

### Abstract

Strength characteristics of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> composite ceramics has been studied as functions of heat-treatment temperature and additive SiO<sub>2</sub>. SiO<sub>2</sub> colloidal could significantly increase the bending strength. Crack healing temperature decreased 300 K by additive TiO<sub>2</sub>. Bending strength of specimen added SiO<sub>2</sub> is higher than that of non-added SiO<sub>2</sub>. Moreover, bending strength of specimen with SiO<sub>2</sub> colloidal coating is much higher that of non-coated specimen. In in-situ observation, crack-healed specimen at 1,573 K shows phenomenon like a fog on the surface. By SPM, both crack-healed specimen, non-coating and coating of SiO<sub>2</sub> colloidal, at 1,273 K were healed completely but both of 1,573 K exist crack. This was made by evaporation of SiO<sub>2</sub> at high temperature. Crack-healing materials of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> composite ceramics is crystallized Y<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Y<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> and SiO<sub>2</sub>. A large amount of Si and O, and little C were detected by EPMA. Si and O increase but C decreases according to heat treatment temperature. Specimens with additive SiO<sub>2</sub> were more detected Si and O than that of non-additive SiO<sub>2</sub>. Specimen with SiO<sub>2</sub> colloidal coatings were much more detected O.

### 1. 서론

질화규소 등 일부의 세라믹스는 균열 치유 능력을 가지고 있다.<sup>(1~8)</sup> 이런 능력을 공학 설계에서 구조부재에 적용할 수 있다면 큰 잇점이 있다. (1) 구조용 세라믹스의 신뢰성 향상, (2) 세라믹스 가공 단가의 감소, (3) 유지보수 비용의 감소와 수명 연장. 세라믹스의 균열 치유는 공기중에서 열처리함으로서 형성된 SiO<sub>2</sub>의 산화물이 관여하

는 것으로 알려져 있다.<sup>(8~11)</sup> 저자는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,<sup>(12,13)</sup> Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub><sup>(14~18)</sup> 및 SiC<sup>(11,19)</sup> 세라믹스를 사용하여 균열 치유 특성을 평가하였다. 또한 세라믹스 소결에 SiO<sub>2</sub> 파우더 또는 SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 합성하여 강도향상 특성을 조사하였다.<sup>(15,16,18,19)</sup> 더구나 표면에 SiO<sub>2</sub>콜로이달을 코팅한 것은 강도가 더욱 상승하였다.<sup>(15)</sup> 이와 같은 소결조제를 첨가하여 강도 향상 및 표면상태의 연구는 저자 등이 실시한 것<sup>(15)</sup> 외는 찾아 볼 수 없다.

따라서 본 연구는 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC 복합 세라믹스의 실온 굽힘 강도와 균열치유거동에 미치는 나노 입자분산 SiO<sub>2</sub> 콜로이달의 첨가 및 표면 코팅의 영향을 조사하였다.

† 책임저자, 회원, 부경대학교 신소재공학부

E-mail : namkw@pknu.ac.kr

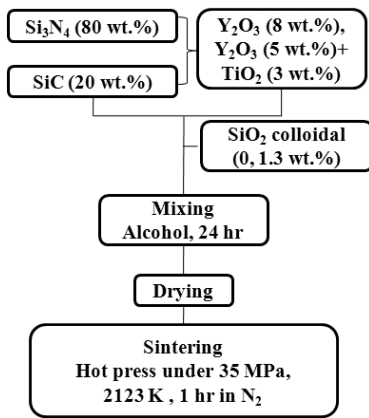
TEL : (051)629-6358 FAX : (051)629-6353

\* (주)엔지텍

\*\* 부경대학교 대학원

**Table 1** Batch composition of specimen (wt.%)

	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	SiC	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> colloidal	SiO <sub>2</sub> colloidal coating on crack
SS	80	20	8.0	0.0	0.0	Yes
SST-1			5.0	3.0	0.0	No
SST-2			5.0	3.0	0.0	Yes
SSTS			5.0	3.0	1.3	Yes

**Fig. 1** Sintering flow chart

## 2. 재료 및 실험방법

본 실험에 사용한 분말은 0.2  $\mu\text{m}$  Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, 0.27  $\mu\text{m}$  SiC 및 소결보조제 (33 nm Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 일반시판용 아나타제 TiO<sub>2</sub>, 나노입자 분산 SiO<sub>2</sub> 12 % 콜로이드)이다. 분말의 조성은 Table 1에 나타낸다. 균열 치유에 영향을 미치는 SiO<sub>2</sub> 12 % 콜로이드는 소결보조제로 0.0, 1.3 wt.%를 사용하였다. 그리고 균열부에 SiO<sub>2</sub> 12 % 콜로이드의 코팅이 치유에 미치는 특성을 조사하였다. SiO<sub>2</sub> 콜로이드는 소결시 500 °C 이상에서 SiO<sub>2</sub> 산화물을 형성한다. 복합 세라믹스의 소결 흐름도를 Fig. 1에 나타낸다. 소결체는 3.0 × 4.0 × 22 mm 크기의 시험편으로 가공하여 경면연마 한 후, 모따기를 하였다. 3점 굽힘 시험은 실온에서 실시하였으며, 스패(span)는 16 mm이며, 크로스헤드 속도는 0.5 mm/min으로 실시하였다.

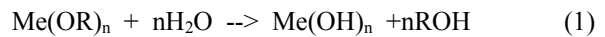
예균열의 도입은 비커스 경도기를 이용하여 24.5 N의 하중으로 시험편 표면의 중앙부에 길이 약 100  $\mu\text{m}$ 의 균열을 만들었다. 최적의 균열치유

조건을 알아보기 위한 치유 조건은 773 ~ 1,573 K의 온도조건하에서 1시간동안 대기 중에서 열처리를 실시하였다. 그리고 SiO<sub>2</sub> 콜로이드의 치유 영향을 알아보기 위하여 균열부에 코팅 한 후, 같은 조건에서 열처리 하였다. 균열 치유 현상의 관찰은 in-situ에서 1,273과 1,573 K, 1시간 공기중에서 실시하였다. 그리고 SPM(scanning prob microscope)을 사용하여 표면 균열 치유 상태와 표면 거칠기를 조사하였다. 소결체의 조성을 파악하기 위하여 FESEM과 EPMA 분석하였다.

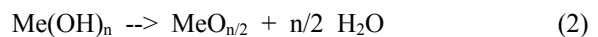
## 3. 유/무기 하이브리드 바인더

유/무기 하이브리드 바인더 졸(sol)은 일반적으로 1  $\mu\text{m}$  정도 이하의 고체미립자가 액체에 균일하게 분산되어 있는 계라 할 수 있다. 입자간의 상호작용이 약할 때 또는 보다 적극적으로 입자 사이에 정전반발력과 같은 척력이 작용하고 있을 때, 졸은 안정하다. 그러나 입자의 성장과 하전상태의 변화 등 때문에 분산 입자 사이에 강한 인력상호작용이 작용하게 되어 계 전체의 강목구조가 발달하게 되면 계는 유동성을 잃고 겔로 변화한다. 유/무기 하이브리드 바인더의 준비과정으로는 미립자의 응집체인 침전을 전해질 등에 넣어 분산시키는 방법과 분자 또는 이온을 적당한 크기의 입자까지 성장시키는 방법이 알려져 있지만, 금속 알콕사이드(alkoxide)의 가수분해에 의해서도 졸을 만들 수 있다.

금속 알콕사이드를 Me(OR)<sub>n</sub>으로 나타내면, 이 화합물은 식(1)의 반응과 같이 가수분해하여 생성된 Me(OH)<sub>n</sub>은 식(2)와 같이 반응을 일으킨다.



여기서, Me는 Si, Ti, Na, Ba 등의 금속, R은 CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> 등의 알킬기, n은 금속의 산화수이다.



Me(OH)<sub>n</sub>이 식(2)에 의하여 중축합하여, 용액중에 -Me-O-Me-O-의 결합이 형성된 골격을 가지는 산화물 미립자가 생성된다. Fig. 2에 유/무기 하이브리드 바인더 공정의 기본 개념을 나타낸다.

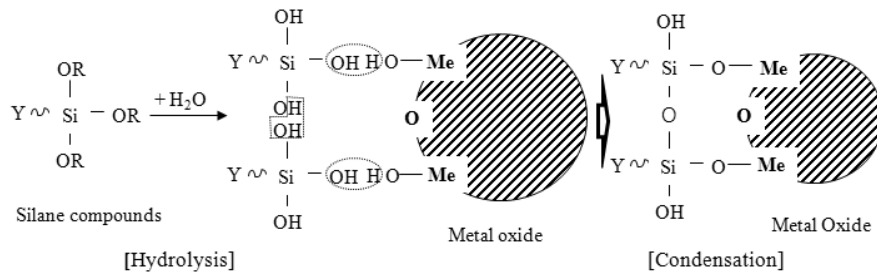


Fig. 2 Principle concept of hybride binder process

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 균열 치유제의 굽힘 강도

Fig. 3은 첨가제의 종류에 따라서 치유온도와 굽힘강도의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 ●는 SS 시험편, ⊕는 SST-1 시험편, ○는 SST-2 시험편, ●는 SSTs 시험편을 나타낸다. 평활재 평균 굽힘강도는 각각 568 (SS), 595 (SST) 및 935 (SSTS) MPa를 나타낸다. SSTS 강도가 높은 것은 균열치유 물질이 SiO<sub>2</sub>이므로, SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 첨가하므로써 강도가 훨씬 향상 되었다고 판단한다. SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 코팅한 SS 균열 치유제는 최적 조건이 1,573 K이고, 소결보조재로 TiO<sub>2</sub>를 사용하고, SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 코팅한 SST-2 균열치유제는 1,273 K가 최적 조건을 나타낸다. 또한, 소결보조재로 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub> 콜로이달 1.3 wt.%를 사용하고, SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 코팅한 SST-2 균열치유제는 1,273 K가 최적 조건을 나타낸다. 이것으로부터 소결보조재로 TiO<sub>2</sub>를 첨가함으로써 최적 균열 치유 온도가 300 K 감소하였고, SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 첨가제로 사용한 SSTs가 SST-2보다 1,273 K에서 강도가 높다.

한편 SiO<sub>2</sub> 콜로이달의 코팅에 따라서 균열 치유제의 강도가 다른 것을 알 수 있다. SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 코팅하지 않은 SST-1 균열치유제의 최고 강도는 SST 평활재와 비슷한 강도값은 나타낸다. 그러나 SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 코팅한 SST-2 균열치유제는 SST 평활재에 비하여 약 140 % 상승하였다. 더구나 첨가제로 SiO<sub>2</sub> 콜로이달 1.3 wt.%를 사용하고 SiO<sub>2</sub> 콜로이달을 코팅한 SSTs 균열치유제는 SST 평활재에 비하여 약 160 % 증가하였다. 그림에서 \*는 균열 치유부 이외에서 파단한 것을 의미한다.

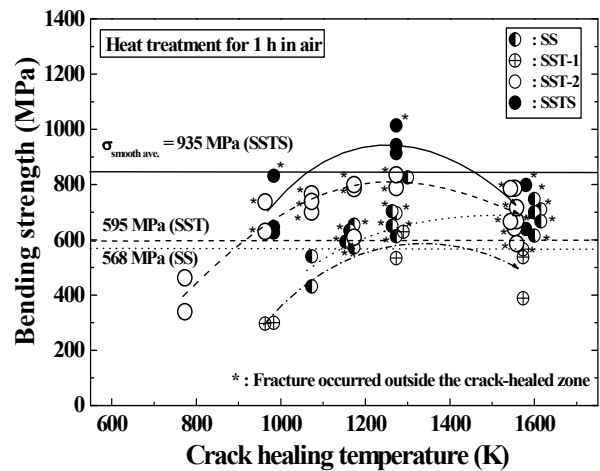


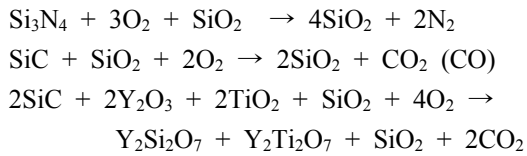
Fig. 3 Relationship of bending strength and crack healing temperature according of the kinds of specimen

#### 3.2 균열 치유 표면 in-situ 관찰

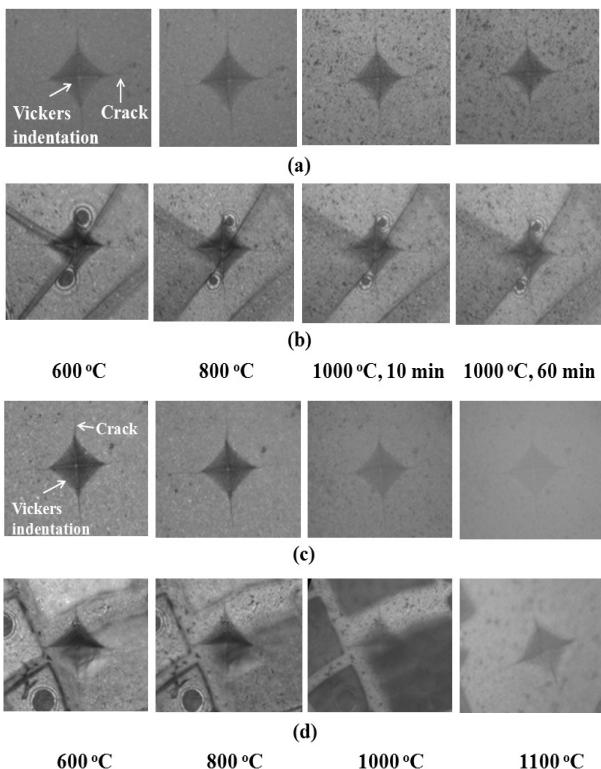
Fig. 4는 SST 시험편을 1,273 K와 1,573 K에서 1시간 동안 in-situ 균열 치유 현상을 나타낸다. (a)와 (b)는 1,273 K, (c)와 (d)는 1,573 K에서 관찰한 것이다. (a)와 (c)는 SiO<sub>2</sub> 콜로이달 비코팅재이고, (b)와 (d)는 SiO<sub>2</sub> 콜로이달 코팅재이다. in-situ 관찰에서 1,273 K의 (a)와 (b)는 1시간 경과 후에도 표면에 균열이 남아있는 것처럼 보인다. 1,573 K의 (c)와 (d)는 1,273 K를 넘어가면서 안개와 같은 현상이 나타나서 in-situ 관찰이 어려웠다.

이러한 원인을 관찰하기 위하여 SPM을 사용하여, in-situ 관찰 시험편의 표면 균열 치유 상태와 표면 거칠기를 조사하였다. 그 결과를 Fig. 5에 나타낸다. 1,273 K에서 1시간 in-situ 관찰한 SiO<sub>2</sub> 콜로이달의 비코팅재 (a)와 코팅재 (b)는 균열 치유가 완전하게 되었으나, 비코팅재 (a)는 코팅재 (b)보다 표면이 약간 거칠다는 것을 알 수 있다. 한편, 1,573 K에서 1시간 in-situ 관찰한 SiO<sub>2</sub> 콜로

이달의 비코팅재 (c)와 코팅재 (d)는 (a)와 (b)에 비하여 균열이 남아있는 것을 알 수 있으며, 표면 거칠기도 거친 것을 알 수 있다. 이와 같은 균열이 강도 저하를 가져온 것이다. 저자들은 균열치유는 EPMA 분석에서 Si 산화물이라 판단하였다.<sup>(8,12)</sup> Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 복합 세라믹스의 균열치유 반응은 아래와 같다.<sup>(16,17)</sup>

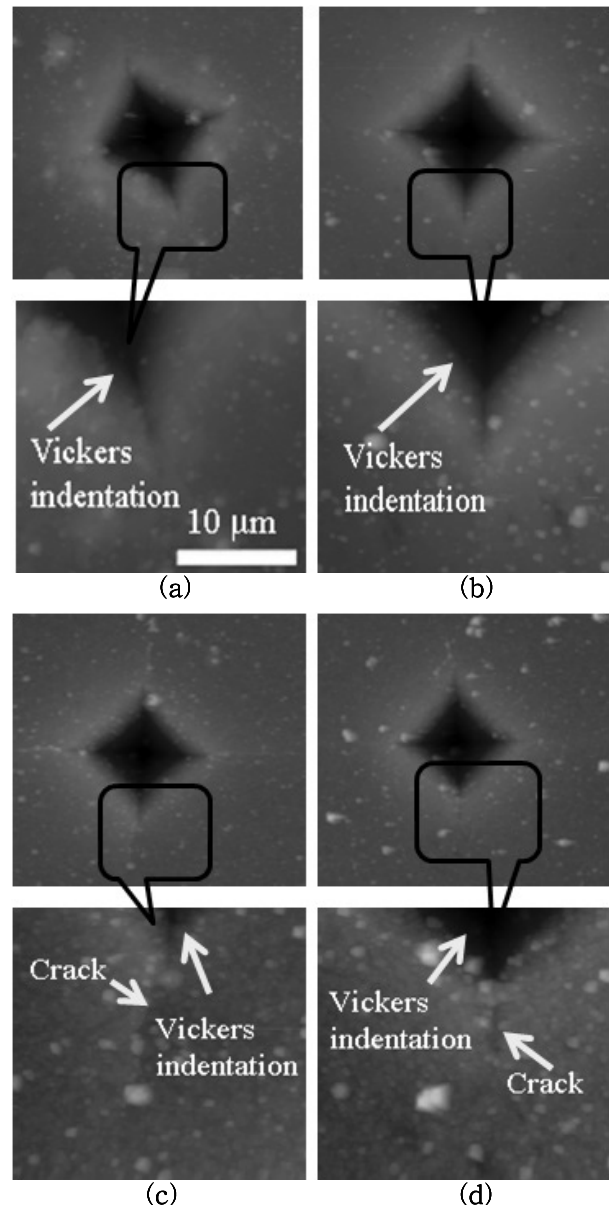


여기서 Y<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>과 Y<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>은 결정상이고, 아나타제형 TiO<sub>2</sub>는 773 °C 이상에서 루틸형인 결정상이 된다. SiO<sub>2</sub>는 유리상과 결정상의 2가지 상태가 있으며, 결정상 SiO<sub>2</sub> 양은 균열치유 온도에 의존한다. 따라서 Si를 함유하는 세라믹스는 유리상 SiO<sub>2</sub>가 강도회복에 기여한다. 즉, 1,573 K에서 in-situ 관찰한 Fig. 5(c), (d)의 균열은 유리상 SiO<sub>2</sub>의 기화에 의하여 만들어진 것이다.<sup>(8)</sup>



**Fig. 4** Crack healing process of in-situ observation using SST specimen; (a) and (b) at 1,273 K, (c) and (d) at 1,573 K; (a) and (c) without SiO<sub>2</sub> colloidal coating, (b) and (d) with SiO<sub>2</sub> colloidal coating

열처리에 의하여 형성된 시험편 표면의 산화물은 FESEM을 사용하여 조사하였다. Fig. 6은 SST-2 시험편으로 1273 K, 1시간 공기중에서 열처리한 것이다. 시험편 표면은 Ti, Si 및 Y가 O와 같이 검출되어, 위식의 Y<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Y<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 및 SiO<sub>2</sub>의 결정상이 형성되어 강도 향상에 기여하였음을 알 수 있다.



**Fig. 5** crack healing appearance and surface roughness by SPM

- (a) without SiO<sub>2</sub> colloidal coating at 1,273 K
- (b) with SiO<sub>2</sub> colloidal coating at 1,273 K
- (c) without SiO<sub>2</sub> colloidal coating at 1,573 K
- (d) with SiO<sub>2</sub> colloidal coating at 1, 573 K

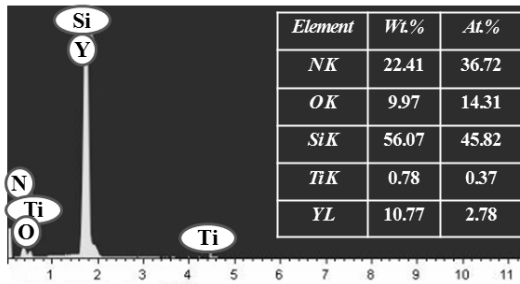


Fig. 6 Results of FESEM for SST-2

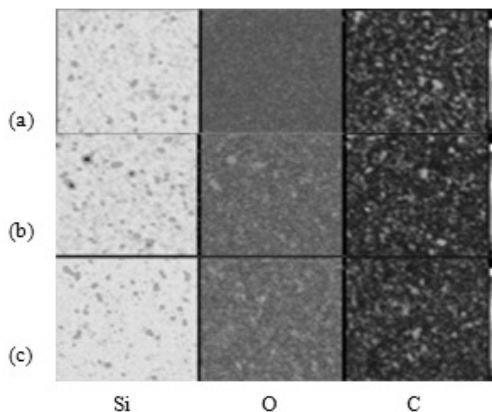


Fig. 7 Elemental mapping by EPMA (SSTS). (a) smooth specimen, (b) crack healing at 1,273 K, 1 hr in air, (c) crack healing coated  $\text{SiO}_2$  colloidal at 1,273 K, 1hr in air

균열 치유 물질을 조사하기 위하여, EPMA에 의한 시험편 표면의 Si, C 및 O의 이미지를 Fig. 7에 나타낸다.<sup>(11)</sup> Fig. 7의 오른쪽의 막대에서 청색 방향은 적은 성분을 나타내고, 빨간색 방향은 많은 성분을 나타낸다. Fig. 7은  $\text{SiO}_2$  콜로이달을 합성한 SSTS 시험편으로 (a), (b) 및 (c)에서 많은 Si와 O가 검출되었다. 더구나  $\text{SiO}_2$  콜로이달을 코팅한 (c)에서 더 많은 O가 검출되었다. 이것으로부터  $\text{SiO}_2$  콜로이달이 균열치유에 작용한다고 판단된다.

#### 4. 결론

$\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiC}$  복합 세라믹스의 굽힘 강도와 균열치유거동에 미치는 나노 입자분산  $\text{SiO}_2$  콜로이달의 첨가 및 표면 코팅의 영향을 조사하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 소결보조재  $\text{TiO}_2$ 는 균열 치유 온도를 300 K 감소시켰고,  $\text{SiO}_2$  콜로이달을 첨가한 시험편의

강도가 높았다. 더구나  $\text{SiO}_2$  콜로이달을 코팅한 시험편의 강도가 미코팅재보다 훨씬 높았다.

(2) in-situ 관찰에서 1,573 K에서 치유한 시험편은 표면에 안개와 같은 현상이 나타났다. SPM 관찰에서 1,273 K 치유재는  $\text{SiO}_2$  콜로이달의 비코팅재와 코팅재는 균열 치유가 완전하게 되었으나, 1,573 K 치유재는  $\text{SiO}_2$  콜로이달의 비코팅재와 코팅재는 균열이 남아있었다. 이것은 고온에서  $\text{SiO}_2$ 의 기화에 의하여 만들어진 것이다.

(3)  $\text{Si}_3\text{N}_4$  복합 세라믹스의 균열치유 반응에 의한 치유물질은  $\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Y}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  및  $\text{SiO}_2$  결정상이다.

(4) EPMA의 균열 치유 물질 조사에서 많은 Si와 O, 적은 C가 검출되었다. 열처리 온도가 증가함에 따라서 Si와 O가 증가하고 C는 감소하였다. SSTS 시험편이 SS와 SST 시험편보다 많은 Si와 O가 검출되었으며,  $\text{SiO}_2$  콜로이달을 코팅한 시험편이 더 많은 O가 검출되었다.

#### 참고문헌

- (1) Petrovic, J. J. and Jacobson, L. A., 1976, "Controlled Surface Flaws in Hot-Pressed SiC," *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 59, pp. 34~37.
- (2) Gupta, T. K., 1976, "Crack Healing and Strengthening of Thermally Shocked Alumina," *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol.59, pp. 259~62.
- (3) Choi, S. R. and Tikare, V., 1992, "Crack Healing Behaviour of Hot Pressed Silicon Nitride Due to Oxidation," *Scr. Metall. Mater.*, Vol. 26, pp. 1263~68.
- (4) Moffatt, J. E., Plumbridge, W. J. and Hermann, R., 1996, "High Temperature Crack Annealing Effect on Fracture Toughness of Alumina and Alumina-SiC Composite," *Br. Ceram. Trans.*, Vol. 95, pp. 23~29.
- (5) Chu, M. C., Sato, S., Kobayashi, Y. and Ando, K., 1995, "Damage Healing and Strengthening Behaviour in Intelligent Mullite/SiC Ceramics," *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, Vol. 18, pp. 1019~29.
- (6) Chu, M. C., Sato, S., Kobayashi, Y. and Ando, K., 1994, "Study on Strengthening of Mullite by Dispersion of Carbide Ceramics Particles," (in

- Jpn.), *Jpn. Soc. Mech. Eng.*, Vol. 60, pp. 2829~34.
- (7) Zhang, Y. Z., Edwards, L. and Plumbridge, W. J., 1998, "Crack Healing in a Silicon Nitride Ceramics," *J. Am. Ceram. Soc.*, Vol. 81, pp. 34~37.
- (8) Ando, K., Ikeda, T., Sato, S., Yao, F. and Kobayashi, Y., 1998, "A Preliminary Study on Crack Healing Behaviour of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC Composite Ceramics," *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, Vol. 21, pp. 119~22.
- (9) Ando, K., Shirai, Y., Nakatani, M., Kobayashi, Y. and Sato, S., 2002, "(Crack-Healing Proof Test): A New Methodology to Guarantee the Structural Integrity of a Ceramics Component," *J. Eur. Ceram. Soc.*, Vol. 22, pp. 121~28.
- (10) Ando, K., Houjyou, K., Chu, M. C., Takeshita, S., Takahashi, K., Sakamoto, S. and Sato, S., 2002, "Crack-Healing Behavior of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC Ceramics under Stress and Fatigue Strength at the Healed Temperature," *J. Eur. Ceram. Soc.*, Vol. 22, pp. 1339~46.
- (11) Lee, S. K., Ishida, W., Lee, S. Y., Nam, K. W. and Ando, K., 2005, "Crack-Healing Behavior and Resultant Strength Properties of Silicon Carbide Ceramic," *J. Eur. Ceram. Soc.*, Vol. 25, pp. 569~576.
- (12) Nam, K. W., Kim, H. S., Son, C. S., Kim, S. K. and Ahn S. H., 2007, "Cracked-Healing and Elevated Temperature Bending Strength of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite Ceramics by an amount of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>," *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 31, No. 11, pp. 1108~1114.
- (13) Kim, H. S., Kim, M. K., Kim, J. W., Ahn, S. H. and Nam, K. W., 2007, "Strength of Crack Healed-Specimen and Elastic Wave Characteristics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiC Composite Ceramics," *Transactions of the KSME(A)*, Vol. 31, No. 4, pp. 425~431.
- (14) Ki Woo Nam, Mi Kyung Kim, Hae Sook Kim, Jin Wook Kim and Seok Hwan Ahn, 2006, "Bending Strength of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Monolithic and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC Composite Ceramics and Elastic Wave Characteristics by Wavelet Analysis," *International Journal of Modern Physics B*, Vol. 20, No. 25-27, pp. 4279~4284.
- (15) Nam, K. W., Kim, M. K., Park, S. W., Ahn, S. H. and Kim, J. S., 2007, "Crack Healing Behavior and Bending Strength of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC Composite Ceramics by SiO<sub>2</sub> Colloidal," *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 471, pp. 102~105.
- (16) Kim, M. K., Kang, S. B., Ahn, S. H. and Nam, K. W., 2007, "Strength and Surface Morphology of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Composite Ceramics Coated with SiO<sub>2</sub> Gel," *Solid State Phenomena*, Vols. 124-126, pp. 719~722.
- (17) Kim, M. K., Park, S. W., Son, C. S., Ahn, S. H. and Nam, K. W., 2006, "Crack Healing and Bending Strength of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC Composite Ceramics by Additive Powder TiO<sub>2</sub>," *Proceeding of The KSME 2006 Fall Annual Meeting*, pp. 149~152.
- (18) Park, S. W., Kim, M. K., Ahn, S. H. and Nam, K. W., 2006, "Bending Strength of Crack Healed Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC Composite Ceramics by SiO<sub>2</sub> Colloidal," 2006 Annual Conference & International Workshops of the 20th Anniversary of the Korean Society of Ocean Engineers, pp. 166~168.
- (19) Nam, K. W., Park, S. W. and Ahn, S. H., 2008, "Crack-healing Behavior and Strength Properties of SiC Ceramics According to Additives SiO<sub>2</sub>," *Proceeding of Korea Ocean Science Technique Council 2007 Joint Meeting*, p. 2430.