우수한 초고온 특성을 갖는 SiC계 복합재료 개발
Development of SiC-based composites with excellent thermal properties

*이세훈[1+], 구지안[1], W. Fahrenholtz[2]
* S.H. Lee[+], J.A. Gu, W. Fahrenholtz

[1] 재료연구소 세라믹 연구본부, [2] Missuri Science and Technology
[+] E-mail: seahoon1@kims.re.kr

Keywords: PIP, SiC, Thermal stability.

1. 서론

GE에서 항공기 엔진용 가스터빈의 고온 부품으로 적용한 SiC_f/SiC 세라믹 섬유강화 복합재료 (CMC, ceramic matrix composites)는 LSI (liquid silicon infiltration) 공정으로 제조되고 있는데 이 공정은 값싸고 빠르게 대형의 복잡형상 시편 제조가 가능하고 제조된 시편의 상온 특성 및 1200℃ 이하인 고온특성이 우수한 특성을 나타내나 1200℃ 이상의 고온에서 기계적 물성이 급격히 감소하는 문제가 있다. 본 연구에서는 LSI 공정에 비하여 고온 안정성이 우수한 PIP (precursor impregnation & pyrolysis) 공정으로 제조된 SiC계 복합체의 제조 및 고온 물성을 다루겠다.

2. 초고농도 슬러리 건조 및 SPS 열분해

분산성이 매우 좋은 평균입경 170nm 크기의 SiC 분말을 제조하였고 제조된 분말의 분산특성을 최적화 하여 66-70vol%의 초 고농도로 제조된 SiC 슬러리를 성공적으로 제조하였다. 실험에 사용된 평균 입경 170nm 크기의 SiC 분말만을 사용할 경우 최대 66vol%, 여기에 분산 특성 향상을 위하여 평균입경 10㎛ 크기의 SiC 분말을 25vol% 첨가 할 경우 최대 70vol%의 초고농도 슬러리 제조가 가능하였다. 66vol% 슬러리의 경우 shear rate 400rpm일 때 230mPa·s의 점도를 나타내었으며 70vol% 슬러리의 경우 이보다 높은 1246mPa·s 점도값을 나타내었다. 슬러리 제조, 성형 및 건조 조건의 최적화로 70×50×5mm 크기의 SiC 성형체를 균열 없이 얻을 수 있었으며, 70vol% 슬러리를 건조하여 얻은 SiC 성형체의 상대밀도는 75% 내외였는데 이는 슬러리 제조 시 일부 분산매의 증발로 실제 고형분이 증가하였으며 슬러리의 건조 도중 부분적인 건조수축이 상대밀도를 더욱 높힌것으로 판단된다.

PIP 공정을 위하여 액상의 SiC 전구체를 건조된 SiC 분말 성형체 내부에 함침시킨 후 방전플라즈마 소결법 (SPS, Spark plasma sintering)을 전구체 열분해에 적용하였다. 기존의 일반적 가열로 대비 승온 및 냉각속도가 빠른 SPS 공정을 적용하여 열분해 소요시간을 기존 대비 1/3 이하로 절감할 수 있었다. 초고농도 SiC 슬러리 (70vol%) 적용 및 SPS pyrolysis 공정 수행을 통하여 4회 PIP 후 상대밀도 88%의 비교적 높은 밀도를 갖는 SiC 입자 강화 SiC 복합재료를 열분해 시간 총 2.5일만에 제조하였다.

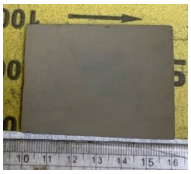

Fig. 1. Morphology of SiC green body.

3. 제조된 소재의 특성

4회 PIP 후 경도 19.6 GPa의 SiC 소재를 제조할 수 있었으며 이를 2000℃에서 1시간 열처리 한 후 경도는 24 GPa로 증가하여 매우 우수한 열적 안정성 및 기계적 특성을 나타내었다. 4점 굽힘강도의 경우 제조 후 4점 굽힘강도 204MPa에서 2000℃ In-Situ 굽힘강도 측정 시 265MPa로 약 30% 증가하였다. SEM 관찰 결과 2000℃ 열처리 시 시편에 존재하던 미세기공들이 많이 사라지고 대신 조대한 기공들이 새롭게 형성되었는데, 이는 고온에서의 부분적인 소결에 의한 기공 제거 및 조대화에 기인한다.

4. 결론 및 향후과제

초고농도 SiC 슬러리 적용 및 SPS 열분해 공정 도입으로 제조된 시편은 비교적 높은 상대밀도 및 경도값을 나타내었으며 2000℃ 열처리 후에도 우수한 강도 및 경도 특성을 유지하였다.

후기
본 연구는 한국연구재단의 개인기초연구 사업 (과제번호 2021R1A2C201063011, 과제명: 적층 제조 공정 적용 고내삭마 초고온 세라믹 복합재료 제조)에 의하여 수행되었음.