

## 3D Printing 기술을 이용한 경사기능재료의 제조 (Fabrication of Functionally Graded Materials using Three Dimensional Printing Technique)

부산대학교 조경목\*, 배원상

### 1. 서 론 :

경사기능재료(Functionally Graded Materials : *FGM*)는 두 종류 이상의 상이한 재료를 위치에 따라 점차적으로 부피분율을 변화시켜 복합화 하거나, 같은 재료에서 미세조직의 변화를 주어 경사성을 가지게 하는 재료를 말한다. 이런 경사기능성 재료는 부위에 따라 다양한 물성을 갖도록 설계 제작할 수 있어 열 교환기, 열 차폐, 내마멸 코팅, 전자기기, 우주선 열 제어장치, 주방기구 등 첨단공학분야에서 실생활 용품에 이르기까지 다양하게 응용되는 재료이다. 최근에 이러한 경사기능재료를 제조하기 위하여 다양한 기술이 개발되고 있는 중이다. 본 연구에서는 rapid prototype 기술의 일종인 3 dimensional printing(*3DP*) 방법을 이용하여 경사기능재료의 제조를 시도하였다. *3DP* 법은 분말형태의 원소재라면 금속, 세라믹, 고분자 재료 등 어떠한 재료라도 사용할 수 있다. 본 연구에서는 경사기능성을 부여한 zirconia toughened alumina (*ZTA*)를 *3DP* 방법을 이용하여 제조하였다. 제조된 경사기능 *ZTA* 는 미세조직 조사, X-ray 를 이용한 조성경사 확인을 통하여 *3DP* 방법을 경사기능재료 제조와 함께 실용화를 위한 가능성을 검토하였다.

### 2. 실험방법 :

본 연구에서는 *3DP* 기술을 이용하여 두께방향으로  $ZrO_2$  상이 tetragonal 에서 monoclinic 상으로 단계적으로 변하는 경사기능성 층상구조 *ZTA* 판상시편을 제조하였다.  $ZTA(Al_2O_3 + ZrO_2)$ 분말을 spray dried 법으로 준비하여 사용하였고, 총 10개 조성경사층을 *3DP* 법으로 만들었다. *3DP* 법은 ink-jet printing 과 유사한 것으로 한 층의 분말을 도포한 후 바인더 및 첨가제를 분사하고, 다시 다음 층의 분말을 계속적으로 도포하면서 다층구조를 제조하는 방법이다. *3DP* 법으로 제조된 *ZTA* 의 미세조직은 SEM을 이용하여 관찰하였으며, 시편내의  $ZrO_2$  조성경사를 확인하기 위하여 X-선 회절 분석을 이용하였다. 한편 경사기능성 *ZTA* 판상시편의 곡률 반경을 실험적으로 측정하였으며, 열·기계적 특성 분석을 위한 이론적 모델(비대칭 3층 구조/대칭 5층 구조)을 이용하여 이론적으로 계산한 곡률 반경 값과 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰 :

본 연구 결과 3DP 법을 이용하여 경사기능성 층상구조 ZTA를 성공적으로 제작할 수 있음을 확인하였다. 3DP 방법으로 제조된 경사기능성 층상구조 ZTA는  $ZrO_2$ 가  $Al_2O_3$ 내에 대체로 균일하게 분포된 양호한 미세조직을 얻었다. 경사기능성을 확인하기 위해 행한 X-선 회절 분석으로부터 경사기능성이 부여되었음을 확인하였다.

3DP 방법으로 제조한 경사기능성 ZTA 판상시편의 곡면화 변형에 의한 곡률반경을 실험적으로 측정된 값은 이론적 해석으로 계산한 값에 상당히 근접하였다. 아울러 열 이력으로 발생한 경사기능성 ZTA 시편 내의 잔류응력 분포를 이론적으로 해석하였다. 경사기능성 ZTA 판상시편 내의 잔류응력 분포의 예측 결과는 비대칭 3층 구조 경사기능성 ZTA에서는 곡면화 변형으로 인하여 내부응력이 상당히 이완되었으나, 대칭 5층 구조의 경우 곡면화 변형이 일어날 수 없어 상당히 높은 내부 잔류응력을 나타내었다. 이와 같은 실험적 측정과 열·기계적 성질의 이론적 해석을 바탕으로 경사기능성 층상구조 ZTA 제작을 위한 최적 구조설계를 위한 방안을 제시하였다. 즉 각 구성층의 조성 및 두께를 조정함으로써 요구되는 특성의 경사기능성 ZTA 구조를 설계, 제작할 수 있음을 밝혔다.

### 4. 참고문헌 :

1. B.H. Rabin and I. Shiota (Eds.), "Functionally Gradient Materials" MRS Bulletin, 14-55, (1995).
2. J. Yoo, W.S. Bae, K. Cho, S. Suresh and M.J. Cima : "Transformation Toughened Ceramic Multilayers with Compositional Gradients ", (1996), submitted to Journal of American Ceramic Society.
3. S. Suresh, A.E. Giannakopoulos and M. Olsson : "Elastoplastic Analysis of Thermal Cycling : Layered Materials with Compositional Gradients", Acta Metall. Mater., 43[4], (1995), 1335-1354.