

Al₂O₃ 기판 재료의 K_{IC} 증가를 위한 재료 설계 (Design of Al₂O₃ substrate for the increasing fracture toughness)

임영수, S.Tariolle*, P.Goeuriot*, 김대준**, 최승철
아주대학교 재료공학과, *Eclou Nationale Supérieure des mines de Saint-Etienne,
**한국과학기술원

Abstract

Al₂O₃ 기판재료의 K_{IC} 증가를 위한 재료설계를 시도하였다. 먼저 Al₂O₃ 기판을 구성하는 Al₂O₃ 다층구조물에 적절한 다공성 중간층을 삽입하는 샌드위치 구조물을 제조하였다. 제조된 Al₂O₃ 구조물의 미세구조를 관찰하였고, Vickers 경도와 three-point bending test를 통해서 단일조성 구조물과 샌드위치 구조물의 경도와 인성 측정치를 비교하였다. 다공층을 삽입한 Al₂O₃ 샌드위치 구조물의 Single-Edge Notched Beam이 단일 조성의 구조물에 비해 파괴강도와 인성이 향상되는 결과를 얻었다.

1. Introduction

초경량, 초소형, 초스피드로 가는 마이크로전자 패키징 산업에서 기판재료에 요구되는 특성은 고 열전도도, 저유전율, 제어된 열팽창계수, 고절연성과 높은 열적 안정성과 기계적 강도이다. Al₂O₃ 는 AlN 등의 신소재의 등장에도 불구하고, 가장 많이 쓰이는 IC 세라믹 기판재료이다. 이러한 기판재료에서 파괴인성(K_{IC}) 값을 증가시키기 위한 재료설계를 시도하였다. 세라믹재료에서 인위적인 다공층이 도입된 다층구조물은 단일 조성의 구조물의 단점을 보완할 수 있는 대안으로 제안되고 있다. 이 기계적 물성 향상의 메커니즘은 다공층에서 crack deflection이 일어나 파괴에너지를 흡수함으로써 파괴인성이 증가한다는 것이다. 최근 Clegg et al. 은 SiC 재료에서 다공성 중간층의 삽입된 다층 구조물에서 crack deflection을 증명한 바 있다[1]. 그에 의하면, 균일한 경계면에서 파괴에너지 Ri, crack deflection이 일어날 조건은,

$$\frac{R_i}{R_o} < 0.57$$

이고,

$$\frac{R_i}{R_o} = \left(\frac{K_o}{K_{ma}} \right)^2$$

이다.

K_{MA} : the stress intensity factor at the crack tip

K_O : the stress intensity factor at the crack tip
if the flaw were not present

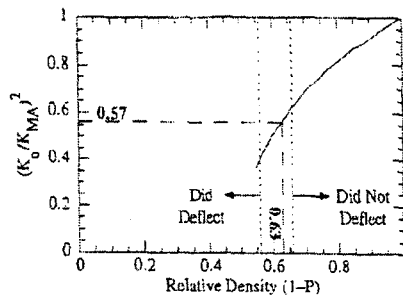


Fig. 1. Showing how the value of K_0/K_{MA} varies with the relative density, $(1-P)$.
Where the porosity is over 37% the crack deflection took place.

2. Experimental

Al_2O_3 후막에 기공을 도입하기 위해서 녹말을 사용하였다. 녹말 50vol% 와 $Al_2O_3(0.5\mu m)$ 50vol% 를 tubular mixer 로 2시간 섞은 후에 $42*22\text{ mm}^2$ 직사각형 모양으로 성형하였다.(그림 2) 바깥에 두 층은 $Al_2O_3(0.5\mu m)$ 100vol% 이고, 가운데층은 녹말 50vol% + $Al_2O_3(0.5\mu m)$ 50vol% 이다. 각 층마다 압력은 각각 다르고 두께는 1mm이다.

함유된 녹말을 열분해시키기 위해서 $0.5^\circ C/min$ 로 가열해서 260, 320, 와 $450^\circ C$ 에서 2시간씩 유지하고, $2^\circ C/min$ 로 온도를 올려서 $1600^\circ C$ 에서 2시간 유지하여서 소결하였다.

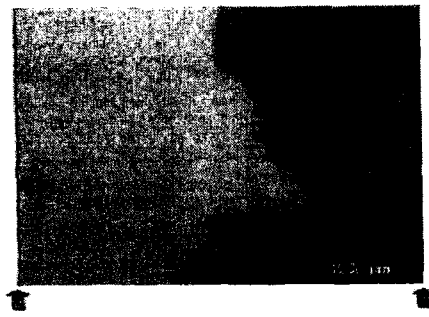
소결이 끝난 시편은 인성을 측정하기 위해서 Single-Edge Notched Beam(SENB) 형태로 제작되었다. 제작된 빔은 three-point bending test를 하였다[2].



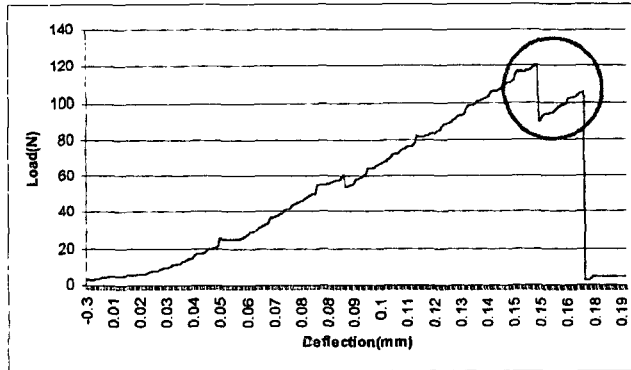
Fig. 2. A Al_2O_3 substrate the first and third layers are dense and the second is porous.

3. Results and Discussion

샌드위치 구조의 Al_2O_3 는 일축성형에 의해서 제작되었다. 기계적 성질과 파괴특성은 경도와 bending test로 이루어졌다. 마이크로경도는 15GPa이었고, apparent fracture toughness는 순수한 재료일 때, 5.3에서 $7.2\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 로 다공성 중간층 삼입에 의하여 증가했다. 그림 3은 파괴된 시편의 측면과 그래프를 보여주고 있다. 빨간색으로 표시된 부분에서 crack deflection이 일어난 것을 관찰할 수가 있다.



(a)



(b)

Fig. 3(a).Overall view of the side surface of three layered specimen after testing
(b)Showing the variation in load with deflection for notched beam

References

- [1] K. S. Blanks, A. Kristoffersson, E. Carlstrom, and W.J. Clegg, Crack Deflection in Ceramic Laminates Using Porous Interlayers, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 18, 1945(1998)
- [2] R.Damani, R.Gstrein, and R.Danzer, Critical notch-root radius effect in SENB-S fracture toughness testing. *J. Eur. Ceram. Soc.*, 16, 695(1996)