

세라믹 정형 가공을 위한 성형기 개발

박철규¹, 임성한^{1#}, 홍주표², 이종길³, 윤성만⁴, 고장혁⁵

Development of Thermal Imprint System for Net-Shape Manufacturing of Multi-layer Ceramic Structure

C. K. Park, S. H. Rhim, J.P. Hong, J.K. Lee, S. M. Yoon, J. H. Ko

Abstract

In the present investigation, a high precision thermal imprint system for micro ceramic products was developed and the net-shape manufacturing of multi-layer ceramic reflector for LED (Light Emitting Diode) was conducted with a precision metal die. Workpiece used in the present investigation were the multi-layer laminated ceramic sheets with pre-punched holes. The cavity with arbitrary angle was formed on the circular and rectangular holes of the ceramic sheets. During the imprinting process, the ambient temperature of the imprint system was kept over the transition temperature of the ceramic sheet and then rapidly cooled. The results in this paper show that the present method can be successfully applied to the fabrication of very small size hole array for ceramic reflector in a one step operation.

Key Words : Multi-layer ceramic (다층 세라믹), Net-shape Manufacturing (정형가공), Multiple Cavity Die (다중 캐비티 금형)

1. 서론

조명 분야의 혁명으로 비유되는 LED(Light Emitting Diode)는 반도체 p-n접합 소자로서 전기에너지를 빛에너지로 바꾸어 주는 발광반도체 기술을 활용하므로 수은 등을 포함한 기존 조명 장치와 달리 환경 친화적이면서도 에너지 절약 효과가 높아서 차세대 표시(indication)나 가전기기, 자동차, 건축 및 의료기기에 널리 사용될 수 있는 조명 장치이다. 최근에는 고효율 LED기술의 급속한 발전으로 제품의 활용도가 상기 분야 외에도 LCD(Liquid Crystal Display)의 백라이트(BLU, Back Light Unit) 광원 등에도 사용되고 있다. [1~2]

LED 부품은 Fig.1 에서 보듯이 LED 칩과 이를

수용하는 패키지로 구성된다. LED 패키지는 방열판(heat sink plate)과 반사판(reflector)으로 구성되며 수지나 세라믹을 이용하여 제작된다.

본 연구에서는 LED 칩에서 발생하는 열을 효율적으로 제어할 수 있는 비아(thermal via)를 다수 가지고 있는 세라믹 소재 기반 LED 용 패키지를 개발 대상으로 하였다.

상온에서 탄성이 크고 전이온도(75°C 내외) 근처에서 성형성이 개선되는 세라믹 물성의 특성상, 서브마운트 경사형 반사면을 가공하기 위해서는 비교적 큰 압력과 온간(< 200°C) 성형이 가능한 가공기가 필수적이다. 본 연구에서는 개발될 금형을 사용하여 반사면을 가공할 수 있는 성형기 시작품을 개발하였다.

1. 한국기술교육대학교 기계정보공학부
2. 한국기술교육대학교 디자인공학과
3. 한국산업기술대학교 기계공학과
4. 주식회사 아이엠텍
5. 삼육대학교 카메카트로닉스학과
한국기술교육대학교, shrhim@kut.ac.kr

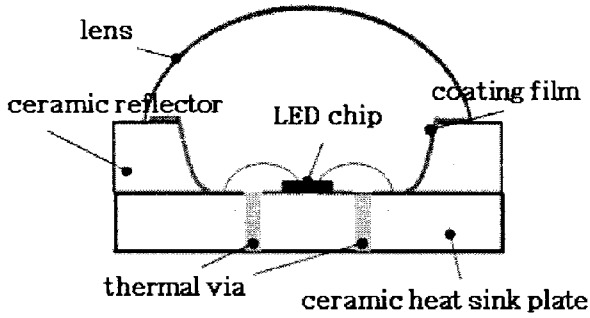


Fig.1 Schematic diagram of LED package

2. 성형기 시스템

세라믹 소재는 소결 전에는 탄성력이 비교적 커서 상온에서 성형할 경우 탄성회복에 의해 원래의 형상으로 돌아가므로 상온에서의 가공성이 좋지 않다. 따라서 세라믹 소재를 유동성이 좋은 온도 이상으로 가열하여 성형한 후 냉각을 거쳐 가공할 수 있도록 고안하였다. 또한 진공 환경을 적용할 수 있도록 임프린트 시스템 외각에 진공 챔버 (Vacuum chamber)를 사용하였다. 금형 장착과 위치 고정을 위해 가이드와 가이드홀을 성형기 상·하 베드에 가공하는 방법을 고안하여 설계하였다. 유압식 프레스로서 용량은 20 톤이며 베드의 크기는 설치될 금형의 크기를 고려하여 300×300mm 로 하였으며, 개방 높이는 150mm 로 설계하였다.

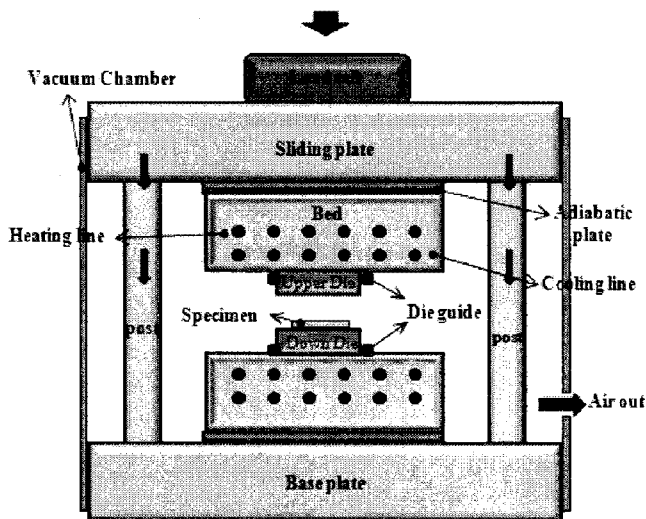


Fig.2 Schematic of thermal imprinting system

2.1 평행 및 평탄 유지부

전체적인 가압장치부의 위치의 정밀도는 1 μ m를 보장하며 상부 베드의 절대위치를 알기 위하여 적외선 위치센서를 장착하여 상부베드의 위치 및 속도를 제어할 수 있도록 설계하였다. 또한 가압시 발생하는 하중을 슬라이딩 플레이트 위에 설치되어 있는 로드셀(Load cell)에 의하여 모니터링 할 수 있으며 이를 통해 힘을 제어할 수 있도록 설계하였다. 상부 베드의 움직임에 직진성을 유지하기 위하여 4개의 가이드 축을 이용하였다.

상·하 베드의 기계가공의 평탄도를 1 μ m/Ra=0.2 μ m로 결정하여 가공하였고, 지속적으로 이러한 평탄도가 확보되도록 상·하 베드에 1 μ m정밀도를 가지는 평탄 보정 플레이트를 각각 설치하였다. 면압지(Pressure Measurement Film)를 이용하여 평탄도를 확인하고 평탄 보정 플레이트를 조정하여 보정할 수 있도록 설계하였다.

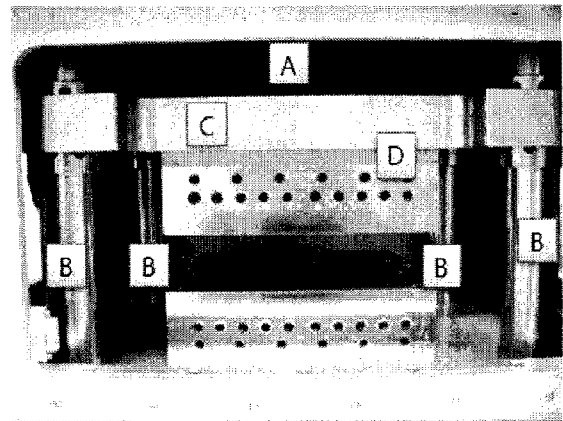


Fig.3 Parallel and Flatness system (A: Load cell, B: Guide post, C: Sliding plate, D: Flatness correction plate)

2.2 가열 및 냉각 시스템

상·하 베드의 가열과 냉각을 동시에 할 수 있도록 설계된 베드는 카트리지 히터 6개를 이용하여 가열하고 물을 순환시켜 냉각을 하도록 설계하였다. 직육면체의 베드에 나란하게 카트리지 히터를 배치하고 바깥쪽에 냉각 라인을 설치하여 가열과 냉각을 동시에 할 수 있도록 고안하였다.

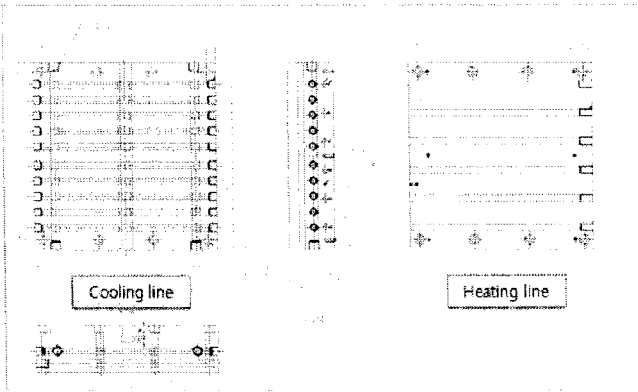


Fig.4 Drawing of Cooling line and Heating line

3. 시스템 평가

3.1 균일 가압 성능 검증

성형 프로세스에서 금형에 균일한 가압이 이루어지지 않을 경우 성형물의 좌·우 또는 상·하 두께가 달라지게 되어 치수오차가 발생하게 된다. 시스템에 금형을 장착하고 Fig.5 와 같이 Pressure measurement film 을 이용하여 면압력을 측정하였다. 측정 결과 전체적으로 일정한 압력이 작용함을 알 수 있다.

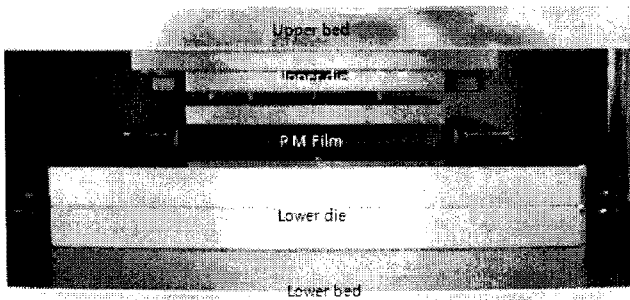


Fig.5 Experimental setup for pressure measurement

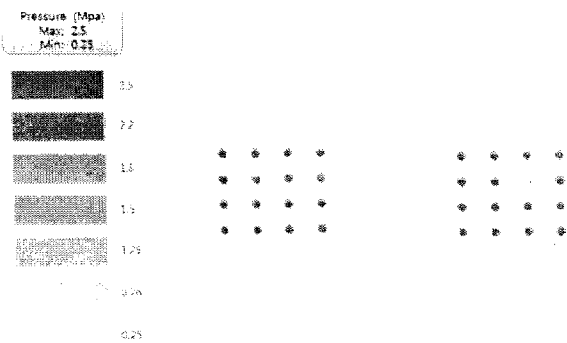


Fig.6 Pressure profile

3.3 균일 가열 및 냉각 성능 검증

냉각 및 가열이 요구되는 여러 과정에서 냉각 혹은 가열면의 전체에 걸쳐 균일한 온도분포를 유지하는 것이 중요한 경우가 많다. 냉각 및 가열과정 중 금형면이 균일한 온도를 유지하는 것은 최종 성형품의 성질에 결정적인 영향을 주게 된다. 시스템 베드 네 곳의 온도 측정 포인트를 정하고 열전대를 설치하여 DAQ board를 통하여 온도 데이터를 수집하고 측정 및 분석용 프로그램을 사용하여 데이터를 처리하였다. 온도 측정은 베드를 80℃ 까지 가열한 후 2분 동안 유지하고 냉각하여 네 곳의 측정 포인트의 온도를 동시에 측정하였다. 측정 결과 베드의 네 곳의 온도 분포가 최대 ±2℃의 온도 편차를 보이며 가열되고 냉각되는 것을 확인할 수 있었다.

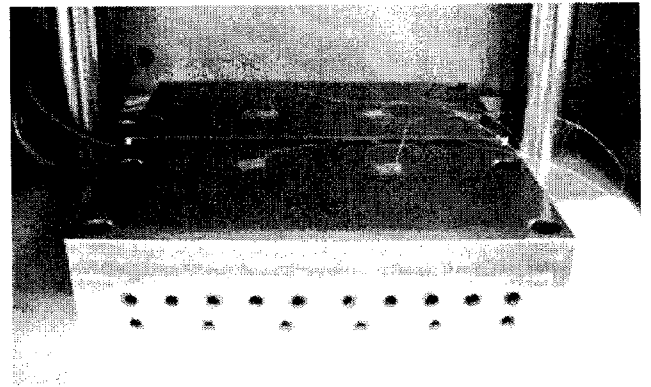


Fig.7 Experimental setup for temperature measurement

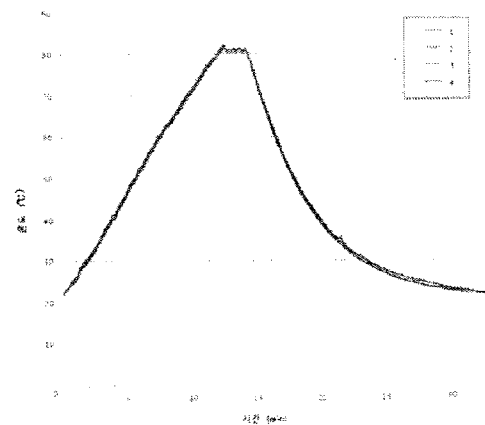


Fig.8 Temperature of imprint system on bed

4. 멀티 캐비티 금형

Fig.9 는 본 연구에 사용된 정밀 미세 금형을 보여주고 있다. LED 패키지의 리플렉터 형상을 가공하기 위해 펀치 형식의 금형을 사용하였고 예비 성형 해석 결과 더미 홀 방식의 일체형 금형으로 제작하였다. 금형의 가공 공차는 상부 금형: +10 μm , 스트리퍼 금형: +2 μm , 하부금형: +3 μm 이다

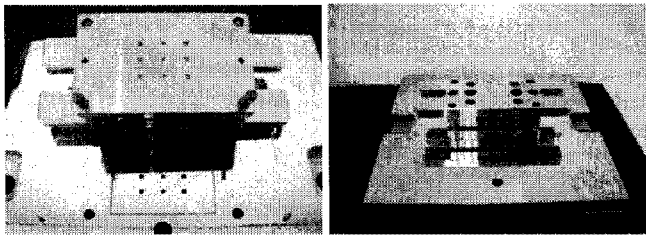


Fig.9 Multi cavity die (3 x 3 array)

5. 정형가공 및 고찰

Fig.10 은 제작된 금형과 성형 시스템을 이용하여 세라믹 시트에 성형한 LED 용 반사판의 단면 형상을 보여주고 있다. 공정 조건은 온도 가압력 가압 유지시간으로 정의 하였다. 온도는 80 $^{\circ}\text{C}$ 까지 가열하고 압력은 2 톤을 가압하고 30 초간 유지하는 조건으로 실험하였다.

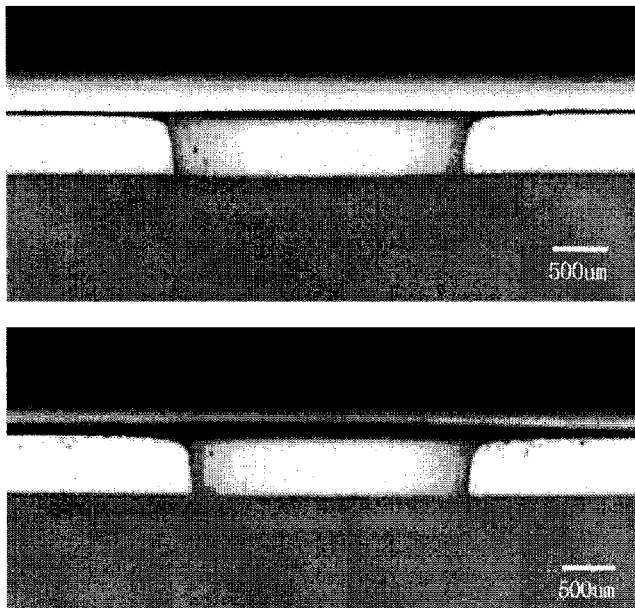


Fig.10 Section image of LED reflector

6. 결론

본 연구에서는 미세 형상의 세라믹 소재를 정형 가공할 수 있는 성형 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템에 다중 캐비티 금형을 사용하여 균일한 형상의 LED 용 리플렉터를 성형하였다.

참 고 문 헌

- [1] 백승욱, 임성한, 오수익, 2005, LTCC 기판의 미세 비아홀 펀칭 중 공정 변수의 영향 평가, 한국소성가공학회지, 제 14권, 제3호, pp.277~281.
- [2] 신승용, 임성한, 주병윤, 오수익, 2004, 미세비아홀 펀칭 공정 중 이중 재료 두께에 따른 버 생성, 한국소성가공학회지, 제13권, 제1호, pp. 65~71.
- [3] M.R. Barone and D.A. Caulk, 1981, "Special Boundary Integral Equation for Approximate Solution of Laplace's Equation in Two - Dimensional Regions with Circular Holes", Qt. J. Mech. Appl. Math, Vol.34, pp.265~286
- [4] T.H. Kwon and S.J. Forcucci, 1989, "Optimal Heating System Design for Compression Molds", Polym, Eng. Sci, Vol.29, pp.1027~1038