

적층 공정 조건에 따른 LTCC sheet의 수축률 거동 연구 Influence of lamination conditions on shrinkage behavior of LTCC sheet

*윤여환¹, 정명식¹, 임성한², 윤성만³, #오수의¹

*Y. H. Yoon¹, M. S. Jeong¹, S. H. Rhim², S. M. Yoon³, #S. I. Oh(sioh@snu.ac.kr)¹

¹ 서울대학교 기계항공공학부, ² 한국기술교육대학교 기계정보공학부, ³ ㈜아이엠텍

Key words : LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic), WIP(Warm Isostatic Pressing) condition, Lamination, Shrinkage

1. 서론

최근 정보 통신 산업의 비약적인 발전과 전기 전자제품의 소형화, 경량화 추세에 따라, LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 기술은 Microelectronic 산업에서 고집적도 회로 구현을 위한 패키징에 광범위하게 사용되고 있다[1,2].

LTCC 제품은 다양한 공정을 거쳐 제작 되므로 제품의 형상이나 전기적 특성 등이 각 공정의 변수에 영향을 받게 된다[3]. 우수한 LTCC 제품을 얻기 위해서는 소결과 치밀화 거동을 이해하는 것이 중요하다[1]. 이러한 거동을 이해하기 위해 세라믹 파우더의 조성, 입자의 크기 및 형태, 테이프 캐스팅에 사용하는 재료의 혼합비나, 동시 소결을 위한 소결 온도 등에 대한 많은 연구가 진행되어왔다[1,4,5].

본 연구에서는 LTCC 생산 공정과 동일한 조건 하에서 시트의 적층 수와 온간 정수압 (Warm Isostatic Pressing) 공정에서의 압력을 변화시켜 각 변수들이 LTCC 시트의 수축률에 미치는 영향을 살펴 보았다. 또한 각 방향에 따른 수축률 측정을 통하여 테이프 캐스팅 공정으로 제작된 시트의 비등방성 수축을 확인하였다.

2. 실험 방법

2.1 시트제조

그린 시트(Green sheet)의 제작에 사용한 슬러리(Slurry)는 세라믹/글라스 파우더와 유기 결합제를 혼합한 뒤 24 시간 동안 볼 밀링을 통하여 혼합하고 탈포 시켜 만들었다. 탈포 과정을 거친 슬러리로 Fig. 1(a)의 콤마 블레이드 (Comma Blade) 방식의 테이프 캐스팅 장비를 이용하여 그린 시트를 제조하였다. 캐스팅 공정을 통하여 제작된 그린 시트는 170mm x 170mm의 면적을 가지고, 초기 두께 300 μm였다. 실험에 사용한 시편은 커팅 공정을 이용하여 120mm x 120mm의 크기로 제작하였으며, 수축률 측정의 편의성과 정확성을 위하여 비아 홀 펀칭(Via-Hole-Punching) 공정을 이용하여 시트의 각 모서리 부분에 측정지점을 표시하였다.

2.2 온간 정수압 공정 및 소결 공정

본 실험에서는 적층 공정 조건 변화에 따른 세라믹 기판의 수축률 변화만을 관찰하기 위해 전도체의 프린팅 공정은 생략하였다. 적층 공정은 소결 공정 전에 여러 층의 그린 시트들을 정렬시키고 쌓는 스택킹(stacking)공정과 그린 시트의 층간의 접착 강도를 높이는 온간 정수압 공정으로 이루어진다.

시트의 층 수가 소결 공정 이후의 수축률에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 층의 수를 1 층부터 5 층으로 하여 시편을 준비하였다.

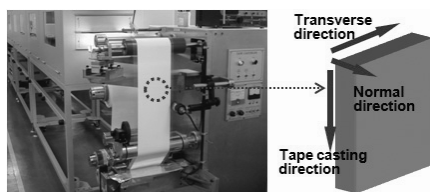


Fig. 1 (a) Tape casting machine (b) Direction of LTCC sheet [2]

또한 온간 정수압 공정에서 압력이 시트의 형상과 치수 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해, 이전 연구[2]와 동일하게 온도를 70℃로 유지시킨 상태에서 압력을 각각 100, 200, 300, 400, 460 kgf/cm²로 변화 시켜, 시트의 수축률을 측정하였다. 이때 압력을 가하는 시간은 10 분으로 고정하였다.

소결 공정은 최대 소결 온도 890℃로 모든 실험에 동일한 소결 프로파일을 사용하였다.

2.3 측정 및 분석

LTCC 시트의 비등방성 수축률을 확인 하고자 Fig. 1 (b)에 나타난 각 방향에 따라 수축된 양을 측정하였다. 각 방향의 수축량은 이전 연구[2]와 같은 방식으로 측정하였다. LTCC 시트의 수축률은 테이프 캐스팅 후 제작된 그린시트와 WIP 와 소결 공정을 거친 시편을 측정하여 각각 비교 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

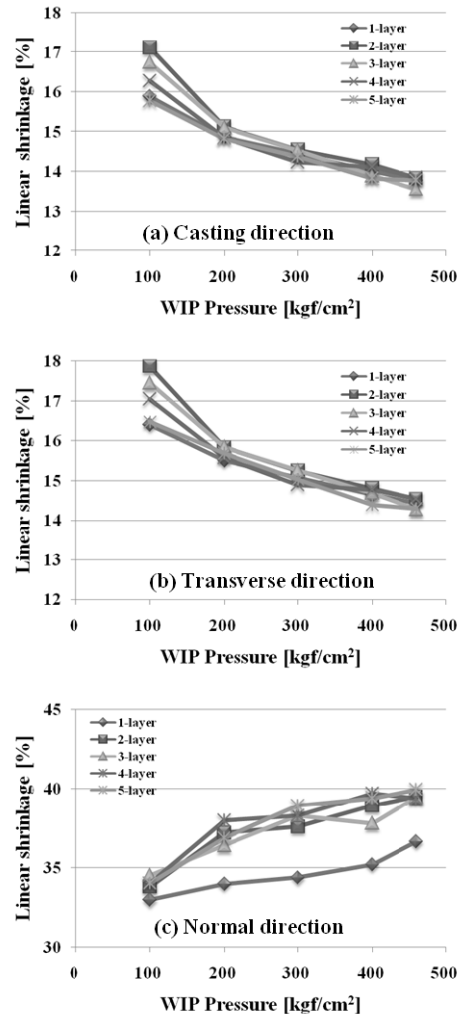


Fig. 2 The linear shrinkages of each direction as a function of WIP pressure

Figure 2 와 3 은 테이프 캐스팅 공정을 거쳐 제작된 그린 시트와, WIP 와 소결 공정을 모두 거친 후의 시편의 길이를 비교하여 수축률을 계산한 것이다. 이를 통해 두께 방향의 수축률이 캐스팅 방향이나 수직 방향의 수축률보다 큰 것을 확인할 수 있었다.

Figure 2 는 WIP 압력 증가에 따른 각 방향의 수축률을 정량적으로 나타낸 그래프이다. 압력이 증가 할수록 캐스팅 방향과 수직 방향의 수축률은 감소하고 두께 방향의 수축률은 증가하는 것을 알 수 있다. 캐스팅 방향과 수직 방향의 수축률 차이는 동일한 적층 수를 가지는 시편의 경우, 압력과는 관계 없이 일정한 차이를 가지는 것을 알 수 있으며, 이는 테이프 캐스팅 공정의 영향으로 보인다. 제품 설계 시 이 차이를 고려 한 설계가 필요하다고 생각한다. LTCC 제품의 적층 공정 시, 각 층을 90°로 엇갈리게 쌓으면 캐스팅 방향과 수직 방향의 수축률 이방성을 어느 정도는 해결할 수 있다. 그러나 이 경우, 실제 공정시 생산의 효율성이 낮아질 수 있다. 두 방향의 정확한 수축률 정보를 가진다면 이를 고려한 설계로 생산 효율성을 높일 것이라 예상된다.

Figure 3 은 시편의 적층 수에 따른 각 방향의 수축률을 보여준다. WIP 공정에서 가해주는 압력이 100 kgf/cm² 이상인 경우 캐스팅 방향과 수직 방향의 총 수축률은 시편의 적층 수와 상관없이 0.5% 미만의 비슷한 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 두께 방향 경우에도 단층을 제외한 경우 거의 비슷한 두께 변화율을 가지는 것을 알 수 있다. 일정한 압력 이상에서는 층수와는 관계 없는 수축률을 보임을 확인하였다. 다층 기판의 LTCC device 의 설계 시 일정 범위 내에서는 적층 수가 수축률에 큰 영향을 미치지 못한다는 것을 알 수 있다.

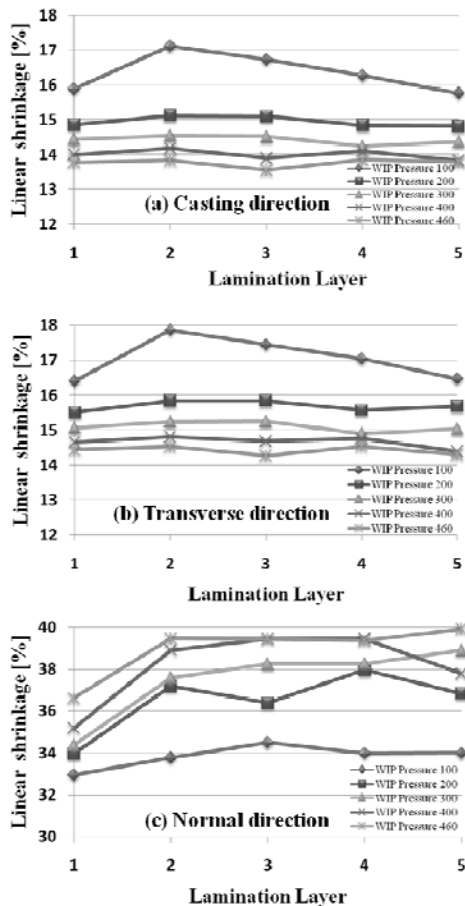


Fig. 3 The linear shrinkages of each direction with various lamination layers

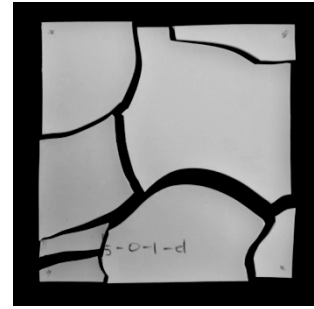


Fig. 4 Digital image of sintered sheet without WIP process

WIP 공정을 거치지 않은 시편의 경우 Fig. 4 에서와 같이 크랙이 발생하여 깨지는 것을 볼 수 있다. 이는 크랙이 가장 자리부터 시트의 중간으로 퍼져나가는 Vertical splitting 형태의 Delamination 이다[6]. 이는 WIP 공정을 거치지 않은 경우, 그린 시트가 균일한 밀도 분포를 가지지 못하여 발생한 결과라고 생각된다. 균일한 밀도 분포를 가지지 못한 시편이 소결 공정을 거칠 경우, 밀도가 상대적으로 높은 가장 자리부터 크랙이 형성되면서 깨진다고 예측 할 수 있다. [6].

4. 결론

LTCC device 의 정교한 치수 및 형상 제어를 위하여 LTCC 공정의 WIP 공정 조건 중에서 시트 적층 수와 압력의 영향을 살펴보았다. WIP 공정과 소결 공정까지 거친 시편의 수축률은 WIP 압력이 증가 할수록 캐스팅 방향과 수직 방향은 감소하였으며 두께 방향은 증가하였다. 또한 모든 압력 조건에서 두께 방향의 수축률이 가장 크게 나타났다. 또한 일정한 압력 이상에서는 층수와는 관계 없이 비슷한 수축률이 나타나는 것을 확인 하였다.

다층 구조를 가지는 LTCC device 의 생산시 더욱 정확한 형상과 치수를 제어하기 위해 WIP 공정 변수에 대한 영향력과 각 방향에 따른 수축률을 고려한 설계가 필요하다.

후기

본 연구에 도움을 주신 한국생산기술원 주관의 Milli-Structure 사업단 관계자 여러분들께 감사를 드립니다

참고문헌

1. Rauscher, M., and Roosen, A., "Influence of Low-Temperature Co-Fired Ceramics Green Tape Characteristics on Shrinkage Behavior", Applied Ceramic Technology, 4[5], 387-397, 2007
2. Jeong, M. S., Oh, S. I., Rhim, S.H., Yoon, S.M., "Warm Isostatic Pressing Conditions for Near Net Shape Fabrication of LTCC Micro Devices", The 8th IJWFM, 77-81, 2008
3. 정명식, 황상현, 정현욱, 임성한, 오수익, "LTCC 공정 중 적층 및 소결이 유전율과 회로 형상에 미치는 영향", 한국소성가공학회지, 16 [5], 396-400, 2007
4. Yang, C.K., Wang, S.F., Juan, C.C., "Effect of lamination conditions of sintered properties of glass-ceramic substrates for microelectronic packaging", Journal of Materials Processing Technology, 148, 165-170, 2004
5. Birol, H., Maeder, T., Jacq, C., Ryser, P., "Investigation of interaction between co-fired LTCC components", Journal of the European Ceramic Society, 25, 2065-2069, 2005
6. Imanaka, Y., "Multilayered Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC) Technology", Springer, 2005