

LTCC의 constrained sintering 특성에 미치는 알루미나 테잎의 공정변수영향

박성대, 조현민, 유명재, 이우성, 강남기
전자부품연구원 고주파재료연구센터

Effects of processing parameters of alumina tape on the constrained sintering characteristics of LTCC

Seong-Dae Park, Hyun-Min Cho, Myong-Jae Yoo, Woo-Sung Lee, and Nam-Kee Kang
Korea Electronics Technology Institute

Abstract

저온동시소성 세라믹으로 제작된 모듈을 고주파 대역에 적용할 경우 dimension의 오차는 모듈 특성의 오차를 유발시킨다. Constrained sintering 기술은 XY 방향의 수축을 억제시킴으로써 세라믹 소결체의 dimensional tolerance를 향상시키기 위하여 개발된 기술이다. LTCC의 소성온도에서는 수축하지 않는 비소성층을 LTCC 적층체의 위·아래에 함께 적층시킴으로써 XY 방향의 수축은 기계적으로 억제되며, 두께 방향으로만 수축이 일어난다.

본 연구에서는 LTCC 기판을 constrained sintering 방법으로 소성하고, 그 특성값을 일반적인 소성방법으로 제작하였을 때와 비교하였다. 알루미나 테잎의 제조조건 및 적층조건을 변화시켜 이에 따른 면수축 제어 특성의 변화를 고찰하였다. 실험결과 알루미나 테잎의 고품분 용량과 부착층의 두께가 면수축 제어를 위하여 고려되어야할 주요 인자임을 확인할 수 있었다.

Key Words : constrained sintering, dimensional tolerance, LTCC, alumina tape, solid content

1. 서 론

세라믹 기판의 수축을 편차와 캠버(camber)는 다층세라믹 모듈의 제조에 있어서 중요한 문제점이다. 이를 해결하기 위하여 다양한 constrained sintering 방법이 제시되고 있는데, 외부에서 압력을 가하는 방식, 단단한 기판 위에 부착하여 소성시키는 방식, 또는 무수축 그린테잎을 사용하는 방식 등이 제시되고 있다. 그 중 무수축 그린테잎을 이용하는 방식은 세라믹 모듈의 대량생산에 적용이 용이한 장점을 가지고 있어 최근 많은 관심을 끌고 있다. 이 기술은 LTCC 적층세라믹의 위, 아래면에 저온소성시 수축하지 않는 무수축층을 부

착시켜 XY 방향의 수축을 억제시키는 방법으로 치수를 제어하는 기술로서, 세라믹 소재의 사이즈를 조절하기 쉬운 장점을 가지고 있다. 그림 1은 무수축층을 이용한 수축을 제어의 원리를 보여주는 개략도이다.

본 실험에서는 무수축 알루미나 테잎을 이용한 저온소성 세라믹의 constrained sintering 기법에 대한 연구를 실시하였다. 알루미나는 소성온도가 1500℃ 이상으로, LTCC 소성온도에서 무수축층의 역할을 충분히 할 수 있고, 저가이며 사용이 용이하기 때문에 많은 관심의 대상이 되고 있다. 그러나, 여러 공정 변수를 적용한 실험에 대한 결과보

고는 아직 미미한 편이다. 본 연구에서는 알루미늄

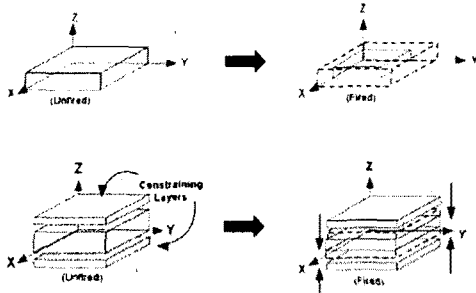


그림 1. Isotropic shrinkage(위)와 uniaxial shrinkage (constrained sintering, 아래)

테잎의 제조조건과 LTCC 테잎과의 적층조건 등을 변수로 하여 수축을 제어 실험을 실시하였다.

2. 실험

본 연구를 위해 알루미늄(Sumitomo ALM-43), LTCC 분말(DuPont 9599), 그린테잎 제조를 위한 분산제(KD-1), 결합제(PVB), 가소제(DBP), 용매(톨루엔/에탄올 혼합용매) 등이 사용되었다.

알루미늄 분말의 양을 1kg으로 고정하고 결합제의 양을 바꿔가며 그린테잎을 제작하였다. 표 1은 실험에 사용된 알루미늄 테잎의 조성배치표이다. 그린테잎 제조후 테잎의 특성을 분석하기 위하여 그린밀도, burn-out 평가 등을 실시하였다. 제조된 테잎의 건조후 두께는 약 150um였다.

표 1. 알루미늄 테잎 제조 조성 (unit : g)

배치	알루미늄	용매	분산제	결합제	가소제
1	1000	375	5.25	60	37.5
2	1000	437.5	6.125	70	43.75
3	1000	500	7.0	80	50.0
4	1000	562.5	7.875	90	56.25

LTCC 그린테잎은 100 μ m 두께로 제작후 10 \times 10 mm 크기로 자르고, 소성후 수축을 평가를 위하여

200 μ m 크기의 비아를 펀칭하고, 은(Ag) 페이스트로 공간을 채웠다. 그림 2는 수축을 평가를 위한 테스트 패턴을 나타낸다.

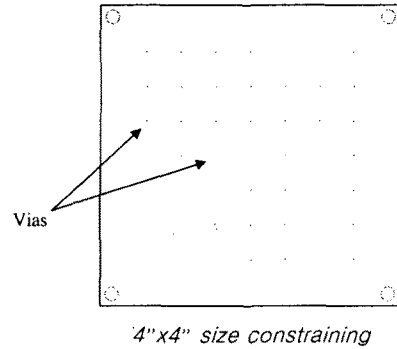


그림 2. 비아를 이용한 수축을 측정 패턴

비아 패턴이 형성된 LTCC 그린테잎 4, 6, 8장을 각각 적층하고, 그림 3의 예와 같이 양면에 알루미늄 테잎을 각각 2장씩 추가 적층하여 테스트 기판을 제작하였다. 비교를 위하여 알루미늄 테잎을 부착하지 않은 적층체(LTCC 8장)도 함께 준비하였다. 적층은 70 $^{\circ}$ C WIP에서 3000psi의 압력으로 10분 동안 실시하였으며, 소성은 벨트로를 이용하여 850 $^{\circ}$ C에서 25분 유지되도록 하였다. 소성후 알루미늄층을 세척하여 제거한 후 XY 좌표측정이 가능한 측정현미경을 이용하여 각각의 비아좌표를 측정하고, 이로부터 수축율을 계산하여 각 조건별로 비교하였다.

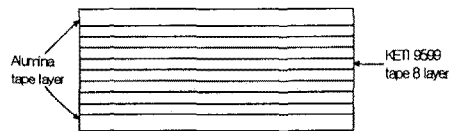


그림 3. Constraining 실험기판의 적층단면구조

3. 결과 및 고찰

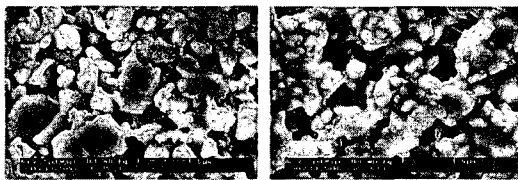
3.1. 알루미늄 테잎의 조성 및 층별 두께비에 따른 소성후 수축을 제어 특성

각 배치별 알루미늄 그린테잎의 그린밀도 및 burn-out 특성평가 결과는 표 2와 같다. 그린밀도는 큰 차이를 보이지 않으나 그린테잎 내 고품분

의 용량은 차이를 나타내었다. 그림 4는 각 배치별 알루미늄 테잎의 표면을 관찰한 SEM 사진인데, 이로부터도 테잎의 고형분 함량의 차이를 쉽게 알 수 있다.

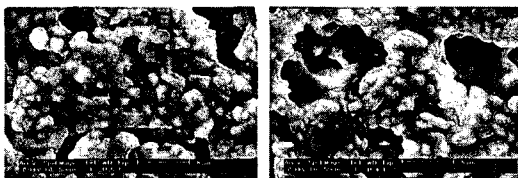
표 2. 배치별 알루미늄 테잎의 특성

배치	그린밀도 (g/cc)	테잎중 유기물 함량(%)	테잎중 고형분 함량(%)
1	2.33	8.92	91.08
2	2.31	10.78	89.22
3	2.30	11.92	88.08
4	2.30	13.44	86.56



배치1

배치2



배치3

배치4

그림 4. 배치별 알루미늄 테잎의 표면 비교

소성후 배치별 수축율 제어 특성을 조사한 결과 LTCC 층의 두께 변화는 큰 영향이 없었으며, 알루미늄 테잎의 조성에서 고형분의 함량이 적어지면서 수축율이 증가하는 경향, 즉 수축율 제어가 약해지는 경향을 보였다. 소성후의 면방향 및 두께 방향의 수축율을 표 3에 정리하였다. 면수축이 커지면 두께수축은 작아지는 것이 자연스러운 현상이나, 본 실험에서는 그 경향성이 분명치 않았는데, 이는 면수축율 차이가 너무 적어 두께 변화 정도가 측정 오차범위 안에 있는 것으로 판단하였다.

알루미늄 테잎 적층수의 영향을 알아보기 위하여, LTCC 8장 적층체의 양면에 알루미늄 테잎을 1장만 부착하여 소성한 기판과 비교한 결과 1장 부착시 수축율 0.19%로 수축율이 커지는 것으로 확인되었다. 이는 무수축층이 얇을 경우 LTCC와의 계면에서 소성시 발생하는 in-plane stress를

이겨내기 어려워짐을 나타내는 것이다.

3.2. Free sintering과의 비교

알루미늄 부착 없이 자연스럽게 소성시킨 LTCC

표 3. 소성후 면방향 및 두께방향 수축율

적층수	알루미늄	면		체적
		수축율(%)	수축율(%)	
LTCC 4	배치1	0.04	43.8	43.8
	배치2	0.07	45.4	45.5
	배치3	0.06	44.1	44.2
	배치4	0.08	43.5	43.6
LTCC 6	배치1	0.05	46.0	46.1
	배치2	0.06	44.7	44.8
	배치3	0.08	45.0	45.1
	배치4	0.09	45.2	45.3
LTCC 8	배치1	0.04	45.8	45.8
	배치2	0.08	45.6	45.7
	배치3	0.08	46.3	46.4
	배치4	0.10	45.3	45.4

8층 적층체의 수축율을 평가한 결과 XY 방향 수축율 13.8%, 두께방향 수축율 24%를 나타내었다. 표 3의 배치1의 결과인 0.04%, 45.8%와 비교되는 결과이다. 이는 세라믹의 소성 메카니즘이 기본적으로 체적수축을 보이기 때문인데, constrained sintering 처럼 면방향 수축이 제어되면 두께방향으로의 수축이 매우 커지게 된다. 이를 확인하기 위하여 계산된 free sintering된 기판의 체적수축율은 43.5%로서 표 3의 체적수축율과 크게 다르지 않았다. 그림 5는 constrained sintering된 기판과 free sintering된 기판의 실제 크기의 차이를 명확히 보여주고 있다.

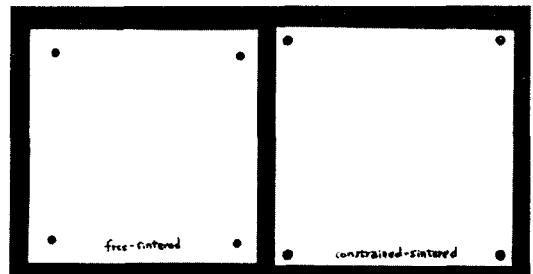


그림 5. Free sintering과 constrained sintering된 기판의 비교

4. 결 론

무수축 알루미나 테잎을 이용한 저온동시소성 세라믹의 constrained sintering에 대하여 실험하였다. LTCC의 소성온도에서 알루미나 테잎은 무수축층으로서의 역할을 충분히 보여주었으며, 수축을 제어특성은 그린테잎 내의 고품분 용량과 부착층의 두께에 따라 달랐다. Free sintering과 비교해 보았을 때, 방향에 따라서는 수축율이 크게 달랐지만, 전체 체적수축율은 유사하였다.

이 기술의 양산화 기술이 확보되면 향후 적층 모듈 부품의 정밀도를 향상시키고, 수율을 높이는 데 큰 기여를 할 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] M. Baker and R. Draudt, "Zero Shrink Process for Cost Sensitive High Volume LTCC Applications," Proc. the 34th Int'l. Symp. on Microelectronics, 26-31 (2001)
- [2] Y. C. Lin and J. H. Jean, "Constrained densification kinetics of alumina/borosilicate glass+alumina/alumina sandwich structure," J. Am. Ceram. Soc., 85[1] 150-54 (2002)
- [3] K. R. Mikeska and D. T. Schaefer, "Method for Reducing Shrinkage during Firing of Ceramic Bodies," U.S. Pat. No. 5,474,741 (1995)
- [4] H. Nishikawa, M. Tasaki, S. Nakatani, Y. Hakotani and M. Itagaki, "Development of Zero X-Y Shrinkage Sintered Ceramic Substrate," Proc. Japan Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium, 238-41 (1993)