

열응력을 받는 고분자 복합 물질의 열거동 메커니즘 규명에 대한 연구

정기호, 박창식, 김민주, 변항은

㈜ 삼성전기 기술총괄 부산연구소

Abstract : 본 연구는 MLCC 제조공정중 그린상태에서의 강도를 유지하기 위한 고분자 바인더의 거동을 예측하고, 제조공정중 나타난 가열후 수축 현상을 규명하고자 하였다. 이를 위해 메커니즘에 대한 가설을 수립하고 이를 여러 가지 분석기법과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인하였으며, 현장의 제조기술 부문에서 용이하게 사용할 수 있도록 간단한 수학적 모델링으로 표현하였다. 수학적 모델링은 제품을 이용한 실험과 비교하여 정확도를 검증하였으며, 이러한 해석기법은 대표체적요소(representative volume element)를 이용하여 MLCC 그린바(Bar)의 해석까지 가능하도록 응용범위를 향상시켰다.

Key Words : polymer binder, green state, residual stress

1. 서론

본 연구에서는 당사의 주력제품인 적층 세라믹 캐패시터(이하 MLCC)를 대상으로 하여, 고분자 물질의 점탄성과 관련된 현상의 메커니즘을 규명하고 공정변수에 따른 거동을 예측하는 기술을 개발하고자 하였다.

2. 메커니즘 및 실험

MLCC 압착바의 수축거동을 규명하기 위해 2가지의 상호보완적 메커니즘을 수립하고, 이들이 최종 변화량에 기여하는 비율을 나타내고자 하였다.

2.1 증발에 의한 체적감소

MLCC 압착바의 예열과정 중 가소제, 솔벤트 등이 제거된다. 증발속도와 내부확산속도가 같다는 가정을 바탕으로, 가스 크로마토그래피 질량분석기(이하 GC/MS) 및 열중량 분석기(이하 TGA)를 이용하여 증발성분을 정성/정량 분석하고 이를 통해 압착바의 최대 수축량을 예측하였다.

2.2 고분자 바인더의 점탄성 회복

크립 변형의 영향은 이전 공정에서 발생한 잔류응력과 가열과정의 열팽창이라는 두 가지로 나누어 고찰하였다. 이전공정(압착)에서 충분히 잔류응력이 제거되지 못하였고, 이후 예열과정에서 공급된 열에너지에 의해 잔류응력을 해소하기 위한 체적축소로 나타난다. 이 현상은 열-기계 분석기(TMA)를 사용하여 고찰하였다.

3. 결과 및 결론

증발에 의한 체적수축량은 총 변형량의 0.55%로 예측되었으며, 잔류응력에 의한 수축은 최대 0.7%로 예측되었다. 이는 실제 압착바의 수축량에 매우 근접하는 예측값이며, 각 구간별로 최소 $R^2=0.87$ 인 회귀식을 이끌어내었다.

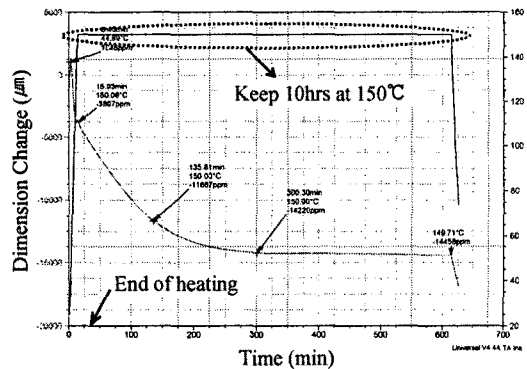


Fig. 1 Creep response to the unloading of thermal stress

Table 1 Summary of the contribution ratio of each mechanism to total deformation

No	원인	변형방향	수축비	비고
1	성분증발 (①)	등방성	0.548%	GC/MS 분석
2	잔류응력	가로	0.7%	②-①
		세로	0.48%	③-①
최종변형량	가로(②)	1.2%	TMA 분석	
	세로(③)	1.02%	TMA 분석	

참고 문헌

[1] 김병규 역, "고분자공학원론", 시그마프레스, 1999