

# 열 순환 하중을 받는 PBGA 패키지의 응력과 수명예측

## Stress under thermal cyclic loading PBGA package and life prediction

송오섭<sup>†</sup> · 좌 비\* · 박상윤 \*\* 김선홍\*\* 강성환\*\* 서정석\*\*

Ohseop Song, Zuo-Fei, Sang-Yun Park, Sun-Hong Kim, Sung-Hwan Kang and Jung-Seok Seo

### 1. 서 론

전자제품의 소형화 및 다기능 필요에 따라 BGA 패키지와 CSP 패키지 제품의 경박단소화를 추구하고 있다. BGA 패키지 중 PBGA 패키지는 저렴한 가격과 다기능성 때문에 널리 사용된다. PBGA 패키지 각 재료의 열팽창계수가 다르기 때문에 온도에 따라 각 접층면에 응력이 발생한다. 응력이 점차 누적되면 패키지가 파괴된다. 따라서 PBGA 패키지 제품의 사용수명 예측과 열 순환 하중을 받는 경우의 응력-변형률을 예측하는 기술은 패키지 설계의 핵심내용이 되고 있다.

본 연구에서는 ANSYS 을 이용하여 PBGA 패키지 모델을 생성하고 이 모델에 0°C 부터 100°C 까지 열 순환 하중을 가하는 경우, 패키지의 응력-변형률 변화를 고찰하고 Darveaux 방정식을 사용하여 패키지 수명을 예측하였다. 그리고 온도순환, Solder joint 의 물성치, 직경, PCB 인쇄 회로판의 두께, 강성, 열팽창계수(EMC)가 Solder joint 의 수명에 미치는 영향을 ANSYS를 통해 분석하였다.

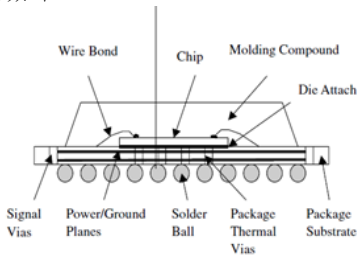


Fig. 1 Structure of WB-PBGA

### 2. 이론적 배경

#### 2.1 패키지 재료의 구성방정식

패키지 재료는 선형재료와 비선형재료로 구분되며 또한 시간과 온도에 따라 물성이 변하는 재료와 변하지 않는 재료로 나뉜다. 따라서 유한요소 해석 시에 선형과 비선형을 모두 고려해야 한다.

(1) 선형재료의 구성방정식

$$\{\sigma\} = [D]\{\epsilon^{el}\} \quad (1)$$

여기서는  $\{\sigma\}$  는 응력벡터이고,  $[D]$  는 강성행렬,  $\{\epsilon^{el}\} = \{\epsilon\} - \{\epsilon^{th}\}$  는 탄성 변형률 행렬이다.

(2) 비선형재료의 구성방정식

1982년 Anand에 의해 실험을 통해서 처음으로 응력/변형률이 시간에 따라 변하는 현상을 발견하였다. Anand의 점소성 구성방정식은 아래 식과 같다.

$$dp = A \exp\left(-\frac{Q}{KR}\right) \left[\sinh\left(\xi \frac{\sigma}{s}\right)\right]^m \quad (2)$$

$$\dot{s} = [h_0(|B|)^a \frac{B}{|B|}] dp \quad (3)$$

$$B = 1 - \frac{s}{s^*} \quad (4)$$

$$s^* = \hat{s} \left[ \frac{dp}{A} \exp\left(\frac{Q}{KR}\right) \right]^n \quad (5)$$

#### 2.2 수명예측

파괴역학 원리에 따라 전자 패키지에 대한 피로 해석 모델이 다르다. 주로 응력-변형률 해석을 위한 Coffin-Manson 피로모델과 Solomon 모델이 있고, 에너지를 바탕으로 한 수명예측 모델, 크리핑 변형률-소성변형을 바탕으로 한 Akiyama 모델 등이 있

† 교신저자; 충남대학교, 기계공학과  
E-mail : songos@cnu.ac.kr  
Tel : (042)821-5650, Fax : (042)822-5642  
\* 충남대학교, 대학원  
\*\* 충남대학교, 대학원

다. 본 연구에서는 다음 식으로 표현되는 에너지를 바탕으로 한 수명예측 모델인 Darveaux 모델을 이용한다.

$$N_0 = C_1 \Delta W^{C_2} \quad (6)$$

$$\frac{d\alpha}{dN} = C_3 \Delta W^{C_4} \quad (7)$$

$$N_f = N_0 + \frac{\alpha}{d\alpha/dN} \quad (8)$$

$C_1, C_2, C_3, C_4$  는 실험을 통해서 구한 상수이고,  $\Delta W$  는 매번 순환할 때 마다 변화하는 점소성 변형을 에너지 밀도이다.

### 3. 유한요소해석

#### 3.1 기본가정

1. Solider joint 는 비선형 재료이고, 기판(BT), 인쇄회로판(PCB)은 선형재료이다(표 1).
2. 열순환 하중을 가할 때 모델의 온도는 시간만의 함수로 가정하고  $T(x, t) = T(t)$  (그림 2), 열의 대류와 전도는 고려하지 않는다.
3. 중력은 고려하지 않는다.
4. 잔류응력은 없다.
5. 각 층들은 서로 완전히 접촉되어 있다.

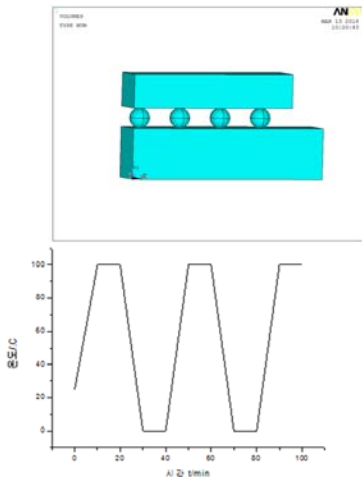
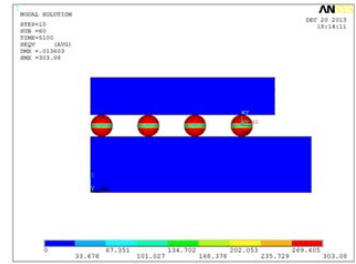


Fig. 2 Loads in FEA

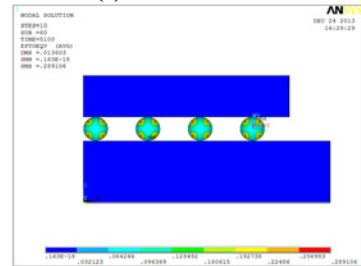
Table 1 PBGA package Material parameters

	EX(Gpa)	PRXY( $10^{-6} \cdot K^{-1}$ )	ALPX(ppm/k)
기판	22	0.3	17

Solider joint	30	0.4	21
PCB	22	0.28	18



(a) Von Mises stress



(b) Von Mises elastic strain

Fig. 3 Results of FEA

그림 3에서 보면 solider joint 의 가장 큰 응력 변형률이 생기는 위치가 기판과 solider joint의 접층면이므로 그 곳에서 파괴가 가장 먼저 일어났다.

### 4. 결론

온도 순환의 범위와 항온 시간이 증가할수록, 상승/하강 시간이 감소할 수록 solder joint 의 수명은 짧아진다. Solder joint의 직경이 증가하면 solder joint의 수명도 증가한다.

인쇄 회로판(PCB)의 두께, 열팽창계수, 탄성계수(EX)가 증가할수록 solder joint의 수명은 짧아진다.

Solder joint의 물성치에 따라 solder joint의 수명이 변화한다. 본 연구에서 97.5Pb2.5Sn 의 수명이 가장 길고 96.5Pb3.5Sn 의 수명 제일 짧다.