

전자 패키징용 직조형 금속복합재료 개발

이상관* · 김진봉* · 홍순형**

Development of Textile Metal Matrix Composites for Electronic Packaging

Lee Sang-Kwan, Kim Jin-Bong and Hong Soon-Hyung

Key Words: Electronic packaging, metal matrix composites, thermal stress, liquid pressurizing method, PC monitoring, Coefficient of thermal expansion .

Abstract

A new textile metal matrix composite for electronic packaging was developed and characterized. The thermal management materials consist of a plain woven carbon fabric as reinforcement and pure aluminum as matrix. The finite element method has been utilized in the analysis of thermal stress between the constituent components of packaging. The prototype part was manufactured by the liquid pressurizing method. The composite has CTE values of 4 to 5 x 10⁻⁶ °C⁻¹ in the range of 25°C ~ 175°C, resulting in good agreement with electronic materials such as Si and GaAs.

1. 서론

최근 반도체 기술의 발달과 더불어 소재의 집적도가 향상됨에 따라 열밀도 등이 급격히 높아지고 있다. 이러한 상황에 적합한 전자 패키징(packaging) 재료는 소자에서 발생한 열을 효과적으로 발산하고 열응력의 발생을 최소화시켜야 한다. 금속복합재료는 이러한 요구 조건을 잘 만족시키지만 제조 기술의 난이도가 매우 높은 것이 문제이다. 따라서 본 연구의 최종 목표는 제조 기술의 개발에 있으며, 이를 위해 전자 패키징 재료로서의 타당성 검정을 위한 열응력 해석, 직조형 탄소섬유 예비성형체를 이용한 최적 제조기술의 개발, 시제품 제조 및 성능 평가 등을 수행하였다.

2. 열응력 해석

전자 패키징은 패키징 재료에 따라 운영 중에 다양한 온도분포와 내부 열응력을 가진다. 따라서, Fig. 1과 같이 간단한 2D 전자 패키징 구조의 유한요소모델을 구성하고 상용 유한요소 프로그램인 EMRCNISA II를 사용하여 과도기 열전달 및 열응력해석을 수행함으로써, 각 재료에 따른 전자 패키징의 열탄성적인 거동을 살펴보았다. 전자 패키징 재료는 널리 사용되고 있는 C/Al(V_f : 40%), SiCp/Al(V_p : 40%), Kovar, Cu를 대상 재료로 선택하였다.

Fig.2는 과도기 해석 결과를 나타낸 것으로 온도의 over shoot가 발생하지 않고 시간에 따라 최고 온도가 점진적으로 증가하다가 임의의 시간이 지난 후인 즉 정상 상태일 때 가장 높은 온도를 가지기 때문에 정적 해석만으로도 충분한 해석이 가능함을 알 수 있었다. 온도의 수렴 시간은 35초이며, 최고 온도는 95 °C라는 해석 결과를 얻었다.

* 한국기계연구원 재료공정 연구부

** KAIST 재료공학과

각 시간에 따른 열응력은 시간에 따른 온도분포의 변화가 구조물에 동적인 하중이나 거동을 일으키지 않는다고 가정하여 정적 해석을 수행하였다. Table.1은 정적 해석 결과를 나타낸 것이며, Fig.3은 C/Al의 정상 상태 열전달 및 열응력 결과를 나타낸 것이다.

3. 시제 제작

3.1 시제 형상 설계 및 금형 제작

시제품의 형상은 유한 요소 해석을 설계한 형상(두께: 2mm)을 그대로 사용하였다. Fig.4는 시제품용 금형의 설계 개요도와 SKD 61종으로 제작한 금형의 외형을 나타낸 것이다

3.2 시제 제작.

열응력 해석 결과를 토대로 시제품용 강화재로는 Carbon 평직(INJECTEX), 기지재료로는 1050Al을 이용하였으며, 제조 방법은 Squeeze casting과 본 연구에서 새로이 시도한 액상 가압법(liquid pressurizing method)을 사용하였다.

Carbon/Al 금속복합재료 제조시 중요한 인자는 기지와 강화재의 반응을 최소화하기 위한 짧은 제조시간과 나쁜 젖음성의 보상 및 다공성 매질을 함침시키기 위한 가압력, 용융 알루미늄의 특성에 좌우되는 가압시기(pressure delay time) 등이 있는데, 제조 공정 변수를 결정하기 위하여 PC를 이용하여 monitoring 하였다. Squeeze casting의 최적 공정인 가압력 50MPa, 금형온도 450 °C, Al 주입 온도 750°C로 설정하여 성형한 결과, Fig.5(a),(b)에 나타나 있듯이 강화재의 분포가 불균일하여 Al-rich한 영역이 많거나 가압력은 높지만 용융 알루미늄의 급속한 온도손실에 기인한 미함침 영역이 많이 남아 있어 건전한 금속복합재료를 얻을 수가 없었다.

액상 가압법의 제조공정은 carbon 평직과 1050Al plate를 층으로 쌓은 후 사전 가압(pre-pressing)을 통하여 강화재인 carbon 평직의 불규칙한 배열을 방지한 후 금형 온도를 720°C까지 상승시킨 다음 30분간 유지하여 온도평형을 이룬 후 다시 680°C로 냉각하여 7MPa정도로 가압하여 성

형하였다. 이 공정에서는 1050Al은 용고영역이 10°C정도로 매우 짧으므로 용융 알루미늄의 온도에 따른 가압 시기의 결정이 매우 어렵다. 가압 시기는 용융 알루미늄과 금형의 계면에서 solid shell을 형성하고 내부가 고액변태잠열(Heat of solid-liquid phase transformation)에 의해 액상으로 존재하는 온도 구간을 찾아 결정하였다. 가압 시기를 조절함으로써 용융 알루미늄이 상부금형과 하부금형간의 간극으로 빠져 나오는 현상을 어느 정도 감소시킬 수 있었고 중심부의 액상을 정수압으로 충분히 가압하여 건전한 금속복합재료의 제조가 가능하였다. Fig.6은 본 공정을 적용하여 제조 완료된 패키징 시제품의 외형을 나타낸 것이다.

4. 시제품 성능 평가

전자 패키징용 C/Al 금속복합재료의 열적특성을 측정하기 위해 스트레인 게이지를 이용하여 열변형을 측정하였다. Fig.7은 본 연구에서 개발 완료한 열변형 측정 장치를 나타낸 것이다. 이 장치는 온도에 따른 열변형을 스트레인 게이지로 측정한 후 PC로 monitoring 되도록 제작되었으며, 이 방법의 통상 사용 온도인 100°C 보다 높은 고온(최대 300°C) 영역까지의 열변형을 안정적으로 측정하기 위한 더미게이지를 개발하였다.

Fig.8은 열변형 측정장치와 더미 게이지를 이용하여 C/Al 금속복합재료의 열변형을 측정한 결과로서 170°C까지 $4\sim 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 열팽창계수를 나타내었으며, 이는 반도체소자인 Si, GaAs와 비슷한 열팽창계수를 가지므로 전자패키징용 재료로 사용 가능함을 확인하였다.

5. 결론

- (1) C/Al(V_f : 40%)에 대한 과도기 및 정적해석을 수행한 결과, 수렴시간은 35초, 최고 온도는 95 °C로서 전자 패키징 재료로서 적합함을 알 수 있다.
- (2) 제조 공정의 최적화를 위하여 PC를 이용하여 monitoring하였으며, 최적 조건은 금형온도가 720°C이며, 가압 조건은 7MPa 이다.
- (3) 열적 특성 평가를 위하여 스트레인 게이지를 사용한 열변형 측정 장치를 개발하였으며, 최대 300°C 까지 안정적인 열변형 측정이 가능한 더미

개이기도 개발 하였다.

(4) C/Al의 열팽창계수를 측정한 결과, 170°C까지 $4\sim 5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 값을 보였으며, 이는 반도체소자와 비슷한 열팽창계수를 가지므로 전자 패키징용 재료로 적합함을 확인하였다.

참고문헌

- (1) R.F. Jeffries and D.J. Burrows, "Metal Matrix Composite Packaging of Microwave Circuitry", GEC J. of Research, Vol.11, No.3, 1994.
- (2) M.K. Premkumar, W.H. Hunt, " Aluminum Composite Materials for Multichip Modules", JOM, July 1992.

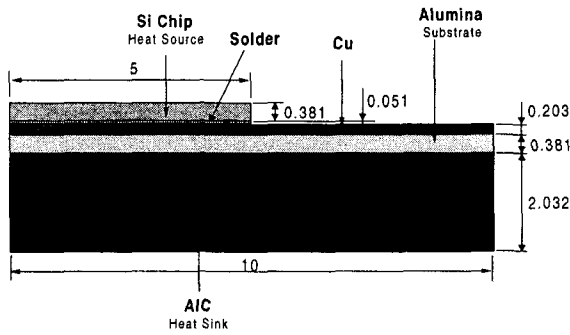


Fig. 1 유한 요소 해석용 전자 패키징의 형상.

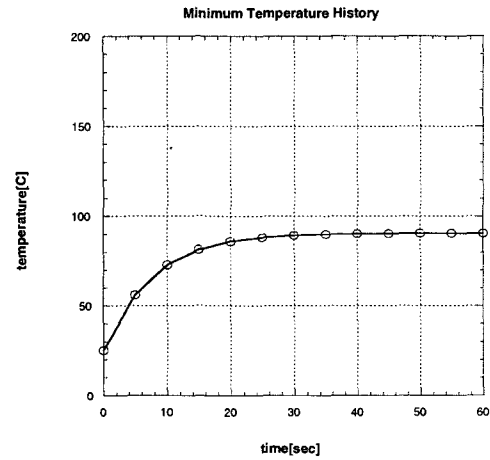
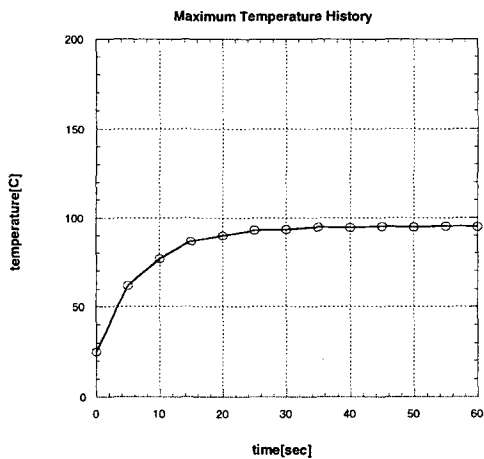


Fig.2 과도기 해석으로부터 얻은 최대 및 최소 온도 변화.

Table. 1 정적 해석 결과.

전자 패키징용 재료	온도분포(°C)		열응력 (MPa) (Von-Mises)	Density Ratio (%: ρ/ρ_{Cu})
	최고 온도	최저 온도		
C / Al ($V_f:40\%$)	95.05	90.48	263.01	28.00
SiC/Al ($V_f:60\%$)	95.51	90.07	264.95	33.26
kovar	101.13	84.47	278.93	90.71
Cu	95.25	90.30	512.23	100

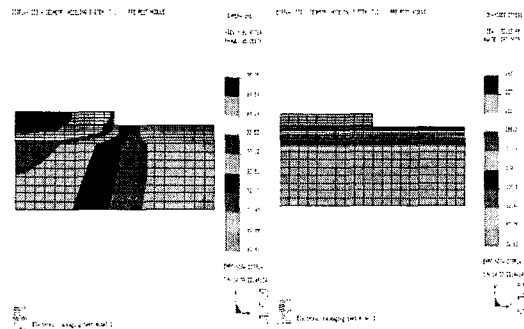


Fig.3 C/Al 정상 상태 열전달 및 열응력 결과 : (a) 열전달 해석 결과; (b) 열응력 해석 결과.

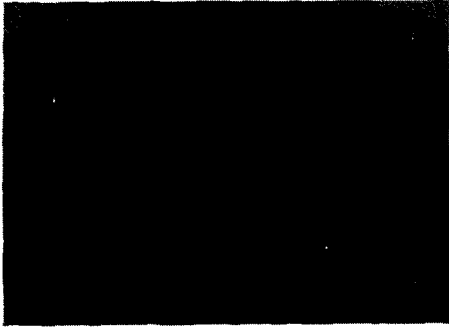


Fig.4 시제품용 금형 개요도 및 외형 사진.

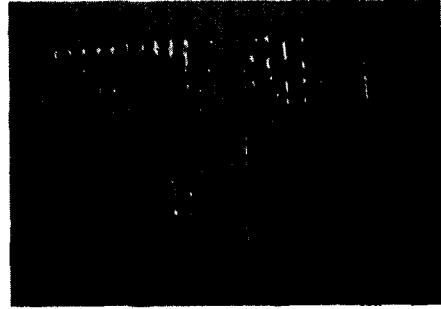
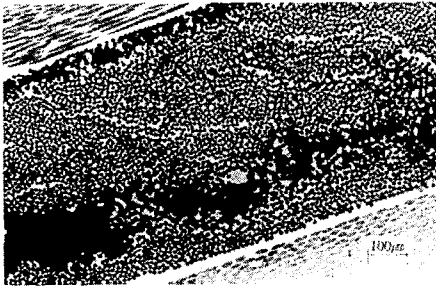
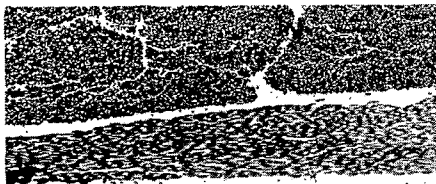


Fig.6 시제품 외형.



(a)미함침영역(squeeze casting)



(b)Al-rich영역(squeeze casting)



(c)Liquid Pressurizing

Fig.5 C/Al 금속복합재료의 미세조직.

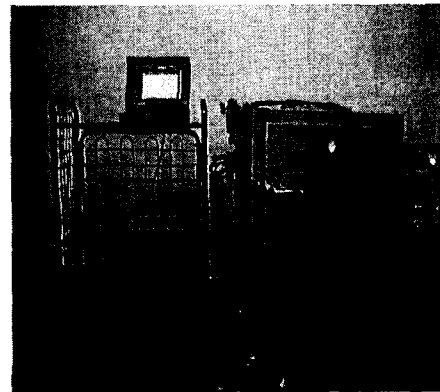


Fig.7 열변형측정장치.

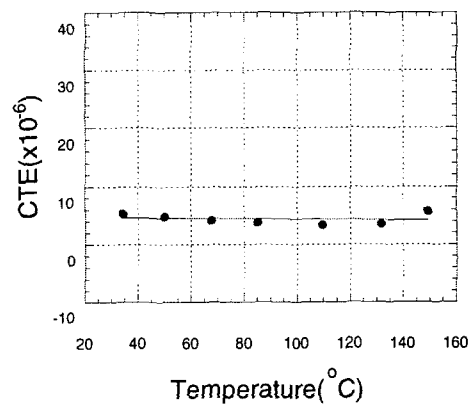


Fig. 8 온도에 따른 열팽창 계수의 변화