

하이브리드 다층 인쇄회로기판의 굽힘 강도 개선에 관한 해석 및 실험적 연구

TUD O IMPROV M T OFF UR TR T OF
 RID MU TI- R PRI T D IR UIT O RD FI IT
 M T M T O D D P R I M T

e i¹, 김상목², *송승호³, 구태완², 송우진⁴, 김 정², #강범수¹

L. Li¹, S.M. Kim², S.H. Song³, T.W. Ku², W.J. Song⁴, J. Kim², B.S. Kim(bskang@pusan.ac.kr)¹

¹ 부산대학교 ERC/NSDM, ² 부산대학교 항공우주공학과, ³ 부산대학교 NCRC, ⁴ 부산대학교 ILIC

Key words : Printed circuit board(PCB), Hybrid multi-layer PCBs, Flexural strength, Finite element method.

1. 서론

최근 정보의 디지털화와 네트워크화가 급속히 진행되면서 가전기기로부터 컴퓨터, 휴대폰을 비롯한 각종 통신기기, 산업 및 군사용 전자기기에 이르기까지 핵심적인 부분을 담당하는 PCB도 급속히 발전해 오고 있으며, 통신기기 분야, 특히 휴대폰 시장에서는 제품이 갈수록 얇아지는 추세를 보이고 있다[1]. 현재는 다층 PCB(Multi-Layer PCB)가 복잡한 반도체 회로를 지원가능 하므로 광범위 하게 사용되어 지고 있는 실정이다[2]. 이에 맞춰 슬림 휴대폰에 사용되는 PCB의 두께도 얇아져야 하는데, 최근에는 두께 1mm 이하 기판의 사용이 요구되어 지고 있다[3]. 하지만, PCB의 두께가 얇아지면 굽힘 강도는 현저하게 떨어지게 된다. 예를 들면, PCB의 두께가 1.0mm에서 0.8mm로 얇아지면 굽힘 강도는 80N에서 40N으로 급격히 줄어든다. 다층 PCB는 동박적층판(Copper Clad Laminate)이 보강재인 유리섬유(Glass Fiber/Epoxy)와 적층 되어있는 구조인데, 굽힘 강도를 높이기 위해서는 더 강한 보강재가 필요하다. 본 논문에서는 유리섬유보다 더 높은 강도를 가진 탄소섬유(Carbon Fiber/Epoxy)를 사용하여 굽힘 강도를 높이는 방법을 실험과 유한요소해석을 통하여 연구하였다.

2. 수치적 해석

Table 1과 같이 기존 다층 PCB(Model 1)와 개선된 4개의 다층 PCB 모델의 3점 굽힘 강도에 대한 해석적 접근을 수행하기 위하여 상용 소프트웨어인 ABAQUS를 이용하였다. 다층 PCB는 변형 가능한 쉘 평면요소로, 하부지지 다이와 상부 펀치는 강성의 쉘 평면요소로 지정하였고, 다층

Table 1 Test models

Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
N M T	N M T	N M T	N M T	N M T
1 G 50	1 R 30	1 R 50	G 50 1 R 30	G 50 1 R 30
2 G 50	2 G 50	2 G 50	G 50	G 50
3 G 100	3 G 100	3 G 100	3 G 50	3 G 50
4 G 100	4 G 100	4 G 100	4 G 50	4 G 50
5 G 100	5 G 100	5 G 100	5 G 150	5 G 100
T = 820 μm	T = 780 μm	T = 820 μm	T = 730 μm	T = 780 μm

Table 2 Material properties

	E_1 [Gpa]	E_2 [Gpa]	G_{12} [Gpa]	ν_{12}	ρ (kg/m ³)
Glass/Epoxy	22	22	3.5	0.28	1820
Carbon/Epoxy	131	10.8	5.65	0.28	1550
Copper	103	103	39.7	0.33	8940

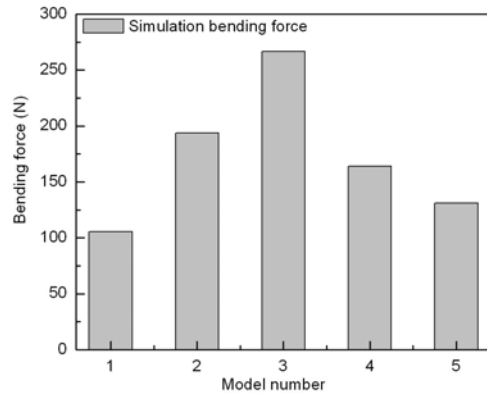


Fig. 1 Simulation results of the bending test

PCB의 유한요소 모델링에는 쉘 굽힘 문제에 적용 가능한 S4 요소를 사용하였다. 마지막으로 하부지지 다이와 다층 PCB 간의 접촉에는 마찰이 없는 것으로 가정하였다[4].

각각의 모델들에는 Table 1과 같이 단방향 탄소섬유가 0° 방향으로 적층 되었으며, 5번 층을 중심으로 서로 대칭되게 적층 되어있다. 여기서 G는 유리섬유, R는 탄소섬유를 의미한다. 해석에 사용된 물성치는 Table 2와 같다. 유한요소해석결과는 Fig. 1과 같다. 개선된 4개 모델 모두의 굽힘 강도가 기존의 다층 PCB보다 높은 경향을 보이며, 탄소섬유의 두께가 가장 두꺼운 3번 모델의 강도가 가장 크게 나타났다.

3. 굽힘 테스트

유한요소해석 결과를 검증하기 위하여 Fig. 2와 같이 5가지의 모델에 대한 3점 굽힘 테스트를 실시 하였다. 해석과 마찬가지로 ASTM D790-03의 규격에 따라 실시하였으며, Fig. 3과 같이 유한요소해석을 통해 얻은 결과와 유사한 경향성을 나타내었다[5]. 특히, Model 3은 두께가 Model 1과 같으면서 전체 두께의 12% 정도만 유리섬유가 탄소섬유로 대체 되었지만, 굽힘 강도는 2.5배 정도 높아졌다. 또한, Model 2와 5의 경우는 두께가 Model 1에 비해 95%이고 탄소섬유도 전체 두께 대비 3.7% 밖에 되지 않지만 굽힘 강도는 24% 증가하였다. 즉 전체 두께대비 소량의 탄소

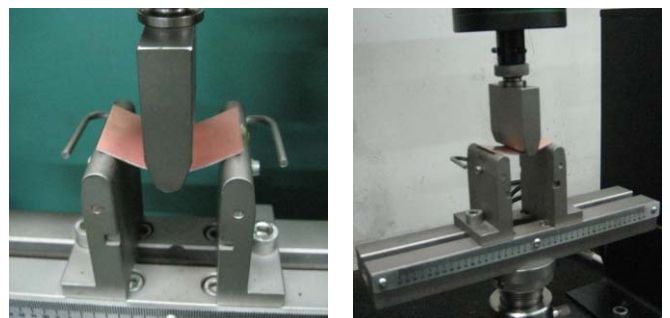


Fig. 2 Bending test machine and test sample

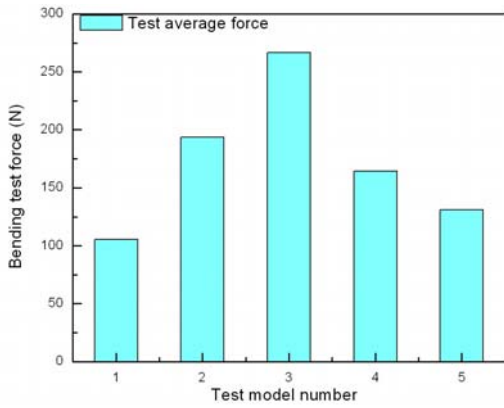


Fig. 3 Bending forces of each model

섬유로 굽힘 강도를 크게 증가시킬 수 있음을 의미한다. 그러나, Fig. 4에서 알 수 있듯이 실험 결과와 유한요소해석 결과에는 약간의 오차가 존재하며, 이는 정확하지 않은 재료의 물성치와 유한요소 해석 과정에 있어서 시편과 실험 장비간의 접촉에 관한 정의가 적절하지 못했기 때문이라 예상된다. 하지만 결과값의 경향이 같으므로 적층 구조와 물질에 따라 달라지는 굽힘 강도를 실제와 근사하게 예측 가능하다.

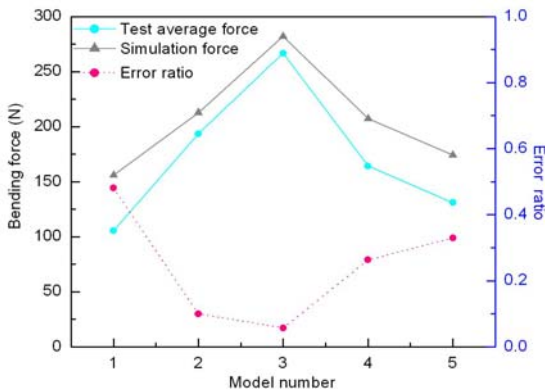


Fig. 4 Error ratio of simulation result to experiment result

4. 결과 분석

위의 결과들을 토대로 분석한 결과, 다층 PCB의 굽힘 강도는 PCB의 전체 두께나 강도 개선재료로 사용된 탄소섬유의 전체 두께에 대한 비율과 같은 여러 항목들에 의해 영향을 받는다. 본 연구에서는 각각의 항목들이 굽힘 강도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 굽힘 강도 평가 방법을 제시하였다. 이 평가 방법을 분석하기 위해 4가지의 주요 항목들을 조사하였다. A는 기존 다층 PCB에 대한 두께 증가의 비, B는 탄소섬유의 비율, C는 가운데 층 두께의 비, D는 3번과 4번 층 두께의 합의 비, 그리고 E는 위에 언급된 4가지의 항목들의 합이다.

$$\begin{aligned}
 &= (T_i - T_1) / T_1 \\
 &= (\quad) / \quad \\
 &= T_m / T \\
 &= (T_3 + T_4) / T \\
 E &= + + +
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서 T_i 는 각 모델의 두께, T_1 은 모델 1의 두께, T_m 은 정 가운데 층의 두께, T_3 과 T_4 는 3번과 4번층의 두께, T 는 모델의 부피, T_m 은 탄소섬유의 부피를 의미한다.

Fig. 5에 나타난 결과와 같이, A, B, C, D, E 각각의 항목은

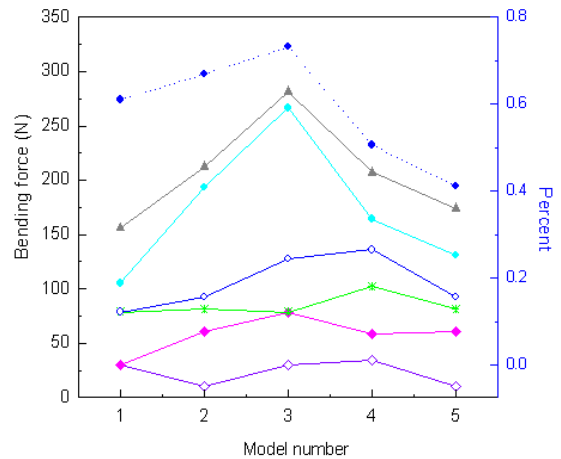


Fig. 5 Bending forces and affecting factor of each model

굽힘 강도 변화 경향과 일치하지 않음을 알 수 있다. 하지만, E 항목 즉, 4가지 항목의 합이 나타내는 경향은 굽힘 강도의 변화 추이와 유사한 경향을 보인다. 그러므로, 굽힘 강도 예측을 위해서는 4가지 항목들의 합, 즉 E 항목을 고려하여야 한다.

5. 결론

본 연구를 통하여 단방향 탄소섬유를 사용하여 다층 PCB의 굽힘 강도를 향상시킬 수 있음을 확인하였으며, 유한요소법에 의한 해석적 연구와 3점 굽힘 실험을 통해서 전체 다층 PCB의 부피 대비 소량의 탄소섬유로도 굽힘 강도를 크게 향상시킬 수 있었다. 마지막으로 다층 PCB를 설계하는데 있어서, 본 논문에서 제시한 평가 방법을 이용하면 굽힘 강도를 효과적으로 예측할 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과이며, 아울러 2단계 BK21 사업 및 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업 (R15-2006-022-02002-0)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. M. Lee, Finite element modeling of printed circuit boards (PCBs) for structural analysis, *icid*, Vol. 26/3 (2000) 24-29
2. R.R. Tummala, Fundamentals of Microsystems packaging, Singapore, McGraw-Hill (2001)
3. K.T. Kim, T.S. Park, K.H. Im, S.J. Lee, S.Y. Jang, J.C. Jin, S.C. Lee, J.S. Kim and Y.K. Kim, Improvement of the Slim PBA Reliability and Optimization of the Structural Design in Slim Mobile Phones, *MNGT Conf. Proc.*, 2006
4. ABAQUS Analysis User's Manual, Version 6.5, ABAQUS INC.
5. 2003, "Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials", *TM*, D790-03