

고밀도 핀배열의 IT 부품 실장을 위한 열압착 초음파 본딩 기술

Thermo-Compression Ultrasonic Bonding Technology for Mounting IT Components with High-Density Pin Counts

*장예영¹, 윤원수², #김경수¹

*T. Y. Jang¹, W. S. Yun², #K. S. Kim(kyungsookim@kaist.ac.kr)¹
¹KAIST 기계공학과, ²한국산업기술대학교 기계공학과

Key words : Thermo-Compression Ultrasonic Bonding, Anisotropic Conductive Film(ACF)

1. 서론

최근 들어 플립칩 본딩(Flip chip bonding), 와이어 본딩(Wire bonding), TAB(Tape automated bonding)과 같은 고정밀 칩 실장 기술의 필요성이 대두되고 있다. 엔터테인먼트 분야의 성장으로 인해 MP3, 휴대폰과 같은 디지털 전자 제품의 수요가 급증하게 되었다. 이러한 제품은 초소형화, 초경량화, 고기능화가 요구된다. 이러한 요구를 만족시키기 위해서는 부품의 소형화, 고밀도화가 필수 해결 과제이다. 이러한 고밀도 핀 배열을 갖는 소형 부품을 실장하기 위해서는 새로운 실장 기술이 필수적이다. 예컨대, 플립칩 본딩에 기반을 둔 BGA(ball grid array), CSP(chip scale packaging)와 같은 기술이 대표적인 예이다 [1-2].

플립칩 실장 기술이 대표적으로 이용되고 있는 분야는 카메라 모듈용 CMOS 이미지 센서 및 LCD 구동 IC 접합이다. 플립칩 본딩을 위해서는 열압착 방식이 실제 산업 현장에서 널리 사용되고 있다. 그러나 열압착 방식을 이용할 경우 초기의 높은 온도과 공정시간이 길다는 단점이 있다.

이러한 단점을 해결하기 위해 초음파를 응용한 기술이 각광 받고 있다. 대표적인 장점 중 하나는 초음파를 이용할 경우 저온 실장이 가능하다는 점이다 [3]. 이는 초음파 진동 에너지가 초기의 낮은 실장온도를 보상해 줌으로써 가능하다 [4,6]. 또한 초음파 진동 에너지로 인하여 순간적으로 높은 열 에너지를 얻을 수 있고 이로 인하여 실장 시간을 줄일 수 있다 [7-8].

본 연구에서는 기존의 열압착 방식의 문제점 해결 대안으로 열압착 초음파 방식에 대해 살펴본다. 실제 제품에 사용되고 있는 LCD와 LCD 구동 IC 칩을 이용해 열압착 초음파 실험을 수행한다. 접합시 사용되는 ACF(anisotropic conductive film)를 권장사양보다 낮은 조건으로 실장실험을 수행하여 얻어지는 결과에 대해 고찰해보고 실험 결과를 바탕으로 열압착 초음파 방식의 개선 사항에 대해 알아본다. 마지막으로 열압착 초음파 방식의 문제점 해결을 위해 필요한 새로운 개념의 혼에 대해 살펴본다.

2. 열압착 초음파 접합 실험

본 연구에서는 열압착 초음파 접합의 가능성을 살펴보기 위해 휴대폰에 사용되는 소형 LCD 구동 IC와 LCD 판넬에 대해 실험하였다. LCD 구동 IC와 LCD 판넬의 접합은 Au 범프와 Al 패드 사이에 일어나는 이종금속간의 접합이다. 따라서 ACF를 매개체로 이용하여 접합을 한다. ACF는 에폭시 레진을 바탕으로 도전볼(conductive particle)이 들어있다. 실험에 사용한 ACF의 두께는 25um이며, 직경 4um 내외의 도전볼이 포함되어 있다. Fig.1은 ACF의 도식적인 그림을 나타내었다.

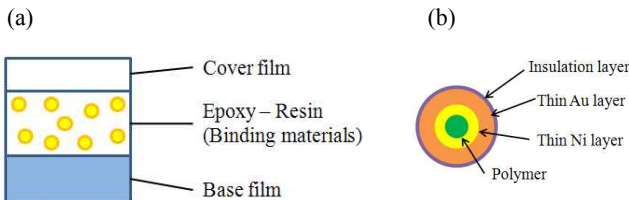


Fig. 1 Schematic of (a) anisotropic conductive film(ACF) and (b) conductive particle

ACF를 이용함으로써 인하여 저온 실장, 미세 피치 실장, 경량화, 신뢰성 향상, 실장 비용 절감 등의 장점이 있다.

Fig.2는 실험에 사용되는 기기와 도식적으로 나타낸 작동 모형을 나타낸다. 본 기기는 40kHz용 BLT(bolt-clamped Langevin transducer)를 사용하였다. 발진회로의 최대 출력은 60W가 되도록 제작되었으며, 초음파 혼(horn)은 40kHz용으로 단차식 혼(steppped horn)에서 착안하여 제작하였다. 혼은 대칭적으로 설계하여 측면에서의 진동을 최소화하였다 [9].

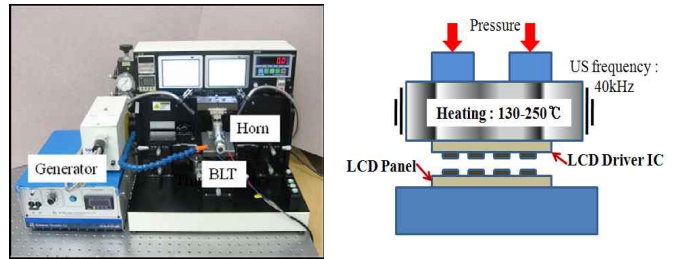


Fig.2 (a) Ultrasonic bonder and (b) schematic of mechanism for lateral type vibration horn.

LDV(laser dopler velocimetry)를 이용하여 툴팁에서의 진폭 크기를 측정하였다. Fig.3은 LDV를 이용해 측정된 값을 그래프로 나타낸 것이다. 진폭의 크기는 ±1.4um로 설정하였다.

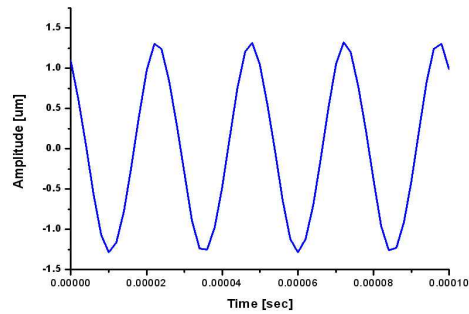


Fig.3 Vibration of tool-tip on horn measured by LDV

3. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 LCD 구동 IC 실장에 대해 기존의 방법인 열압착 방식과 본 연구에서 제안하는 열압착 초음파 방식을 각각 적용해 보았다. 기존 방식의 문제점을 해결하기 위해 ACF 제조회사에서 권장한 조건보다 낮은 온도, 낮은 압력에서 실장 실험을 수행하였다. 실장 시간 또한 권장 시간보다 짧은 시간에서 실험을 수행하였다. 성능은 생성된 도전볼의 개수로 평가하였다. 본 시편은 실험용이 아니고 산업용으로 실제 쓰이는 시편으로서 접촉저항을 직접 측정하기에는 어려움이 있다. 따라서, 고배율 광학 현미경(Olympus BX-51)을 통하여 패드 위에 형성된 압흔의 개수로 평가하였다. 실험 조건은 Table 1에 나타내었다.

ACF의 권장사양은 180°C, 40-80MPa, 10sec 이다. 이 조건은 열압착 방식을 이용할 때 적용되는 조건이지만 본 실험에서는 초음파 에너지를 이용하므로 이 보다 낮은 조건을 이용하였다.

실험군으로 열압착 초음파 방식, 대조군으로 열압착 방식으로 각각 실험을 수행하였으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Conditions for bonding experiments.

Description		Value
Pre-Bonding	Temperature	70 °C
	Pressure	0.2 MPa
	Bonding Time	3 sec
Main Bonding	Temperature	130, 150, 170 °C
	Pressure	0.3 MPa
	Bonding Time	1, 3, 5 sec

Table 2 Average number of conductive particles observed in a bonding pad.

Pressure	Temp(°C)	Bonding Time	TC bonding	TCU bonding
0.3MPa	130 °C	1 sec	0.5	2.1
		3 sec	0.8	2.3
		5 sec	1.2	9
	150 °C	1 sec	0.8	2.2
		3 sec	3.5	4.5
		5 sec	4.7	9.8
	170 °C	1 sec	2.7	3.5
		3 sec	6	6.4
		5 sec	11.6	19.3

Table 2에서 알 수 있듯이 열압착 초음파 방식이 기존 방식의 문제점을 해결할 수 있는 대안임을 확인 할 수 있다. 이는 초기의 낮은 온도를 초음파에너지로 보상해 줌으로써 가능하다. ACF의 에폭시는 점탄성 물질로 여기에 진동을 가함으로써 마찰열을 발생하게 된다. 이 열이 초기의 낮은 온도를 보상해주게 된다. 또한 이러한 공정은 순식간에 높은 온도에 도달하게 되고 이로써 실장 시간을 줄일 수 있다. 즉, 에폭시의 경화과정은 혼에서 초기에 공급해주는 열 이외에 진동으로 인해 발생하는 열을 추가적으로 공급해주는 공정으로 이루어진다. 필요한 에너지의 양은 시차주사열량계(DSC: differential scanning calorimetry)를 이용하여 측정할 수 있다. 등속가열실험(dynamic experiment)으로부터 경화에 필요한 총 에너지를 알 수 있고 항온열량측정실험(isothermal experiment)으로부터 시간이 경과함에 따라 필요한 에너지를 알 수 있다. Fig. 3은 DSC 실험 결과를 나타낸다.

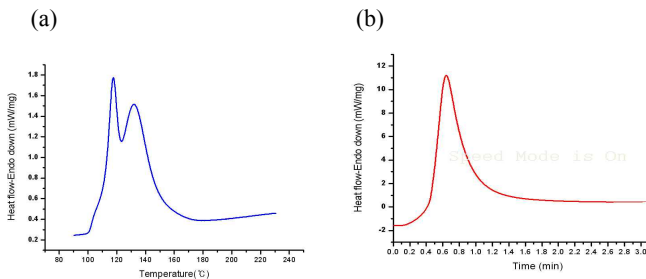


Fig. 4 Results of (a) dynamic experiment and (b) isothermal experiment at 140°C.

위 결과로부터 에너지가 공급됨에 따라 경화되는 정도를 파악할 수 있다. 이를 바탕으로 경화 예측식을 만들 수 있고 이를 이용하면 정해진 공정 조건에서 원하는 경화도를 얻는데 필요한

시간을 알 수 있다.

그러나 열압착 초음파 접합 방식은 진동을 이용함으로써 인해 정렬에 문제점이 발생할 가능성이 크다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 새로운 개념의 혼이 필요하다. 우선 우리가 원하는 이외의 방향으로 진동하는 것을 최소화 할 필요성이 있다. 이러한 진동을 최소화하기 위해서는 혼의 형상을 대칭적으로 만들 필요가 있다 [9]. 또한, IC의 정렬 정밀도 허용오차 내의 진동을 유발하도록, 혼의 치구부(tool tip)에 대한 정밀 설계가 필수적인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 실험을 통하여 LCD 구동 IC와 같이 ACF를 이용하는 접합에서 열압착 초음파 방식을 이용하면 낮은 실장 온도와 짧은 공정시간에서도 안정적인 접합이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 ACF의 에폭시가 점탄성 물질이기 때문에 가능하다. 즉, 초음파 진동이 에폭시에 전달되어 열이 발생했기 때문이다. 이로 인해 낮은 온도에서 짧은 시간에 실장이 가능한 것이다. 그러나, 진동을 이용함으로써 IC 정렬에 문제가 있을 수 있다. 이를 해결하기 위해서, 대칭적이며 정렬 정밀도 허용오차 내의 진동이 보장되는 정밀 혼 설계가 필요하다. 이를 실험적으로 규명하는 것은 향후 과제로 남아있다.

참고문헌

1. B.Vandeveld, E.Beyne, "Improved thermal fatigue reliability for flip chip assemblies using redistribution techniques," IEEE Transaction on Advanced Packaging, Vol.23, no.2, pp.239-246, 2000
2. P.Garrou, "Wafer level chip scale packaging (WL-CSP) : an overview," IEEE Transaction on Advanced Packaging, Vol. 23, no.2, pp. 198-205,2000.
3. K.W Lee, H.J Kim, I. Kim, K.W Paik, "Ultrasonic anisotropic conductive film (ACFs) bonding of flexible substrates on organic rigid boards at room temperature," Proc. Conf. on 2007 Electronic Components and Technology, pp.480-486.
4. E. Sancaktar, "Polymer adhesion by ultrasonic welding," Journal of Adhesion Science and Technology, Vol.13, no.2, pp.179-201, 1999.
5. C.J Nonhof, G.A.Luiten, "Estimates for process conditions during the ultrasonic welding of thermoplastics," Polymer Engineering and Science, Vol.36, no.9, pp. 1177-1183, 1996.
6. S.S.Volkov, "Technological special features of ultrasound welding polymer films," Welding International, Vol.15, no.3, pp.243-248, 2001.
7. K.W Lee, H.J Kim, M.J Yim, K.W Paik, "Curing and bonding behaviors of anisotropic conductive films (ACFs) by ultrasonic vibration for flip chip interconnection", Proc. Conf. on 56th Electronic Components and Technology, pp.918-923, 2006.
8. 정상원, 윤원수, 김경수, "LCD 구동 IC의 실장을 위한 초음파 ACF접합 기술," 제어·자동화·시스템공학 논문지, Vol.14, no.6, pp.543 - 547
9. A. Song, H. Lei, H.-X. Li, "Experimental Identification of parasitic Vibrations on Ultrasonic Bonding Transducer," Proc. Conf. on High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis (HDP'06), pp. 78-81, 2006.