

◆특집◆ 전자부품 패키징 기술

플립칩 본딩 공정에서의 압접면 온도 분포 최소화를 위한 히팅 툴 형상 최적화의 실험적 검증

권성환*, 권설령*, 고동진*, 박금생**, 양승한***

The Experimental Validation for the Optimization of Heating Tool Head for Minimized Temperature Distribution on Bonding Surface

Sung Hwan Kweon*, Seol Ryung Kwon*, Dong Jin Ko*, Keum Saeng Park** and Seung Han Yang***

Key Words: Flip chip bonding (플립 칩 본딩), Camera module (카메라 모듈), Heating tool (히팅 툴), Finite element method (유한 요소법), Anisotropic Conductive Film (이방성전도 필름)

1. 서론

최근 국내 시장에서 판매된 휴대폰 중에서 카메라 폰이 차지하는 비중이 증가하고 있으며 이는 수요의 증가와 맞물려 휴대폰 시장은 제 2의 성장 국면을 맞이하고 있으며 카메라 폰이 향후 휴대폰 시장의 성장엔진으로 작용할 전망이다.

이러한 휴대폰 시장의 호황에 힘입어 카메라 모듈 본딩 장비에 대한 연구와 투자가 계속되고 있다.¹ 카메라 폰의 핵심 부품인 카메라 모듈은 CMOS 칩을 FPCB (Flexible PCB)에 본딩하고 패키징, 검사공정을 거쳐 제작된다. 최근 본딩 공정에서 각광 받고 있는 기술 중의 하나가 바로 플립 칩 본딩 기술이다. 플립 칩 본딩 기술에는 여러 방식이 있지만 본 논문에서는 ACF (Anisotropic Conductive Film)을 이용한 플립 칩 본딩 기술을 채택하였다.

Fig. 1의 ACF를 본딩 작업을 할 기판 (Substrate) 위에 놓고 70~90℃의 예열과 예압을 가하면

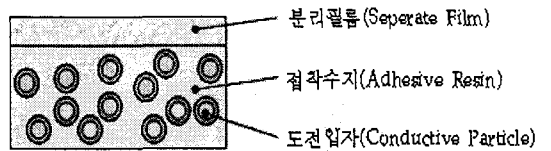


Fig. 1(a) The composition of ACF

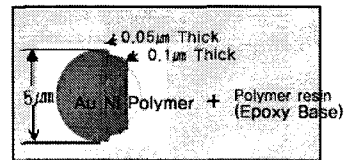


Fig. 1(b) Conductive Particle

접착수지와 기판이 1 차 접촉이 되고, 분리 필름을 제거하고 카메라 모듈을 정밀하게 위치 시킨 후 고압, 고열을 이용하여 최종 본딩을 한다. 이 때 히팅 툴의 고온과 고압으로 인해 접착수지가 용융되면서 본딩 평면과 수직인 방향으로 도전입자가 터져 도전성을 획득하게 되고, 본딩 평면과 평행한 방향으로 도전입자가 서로 독립하여 존재하기 때문에 높은 절연성을 얻을 수 있다.¹⁻³

최종 본딩 공정에서 중요하게 고려해야 할 조건 중에 하나가 압력과 온도인데, 압력은 2~3 MPa

* 경북대학교 대학원 기계공학과
** (주) 여의 시스템
*** 경북대학교 기계공학부
Tel. 053-950-6569, Fax. 053-950-6550
Email: syang@knu.ac.kr

이고, 온도는 ACF 의 종류에 따라 약간씩의 차이는 있지만 180~220℃ 범위내의 본딩 온도에 도달하게 되면 최종 본딩 작업이 이루어지게 된다. 이 중 온도는 중요하게 제어해야 하며, 본딩 칩 표면의 온도분포가 제품의 품질에 큰 영향을 준다.²

본 논문에서는 Fig. 2 과 같이 CMOS 을 FPCB 에 본딩하는 플립 칩 본딩 공정에서 압접면의 온도차를 최소화하기 위한 히팅 툴의 형상 최적화에 초점을 둔다.

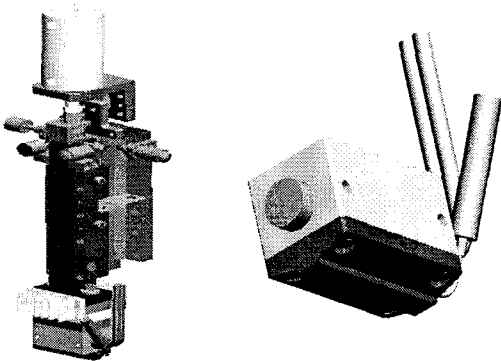


Fig. 2 The bonding head and heating tool unit

2. 압접면의 온도 편차 최소화를 위한 히팅 툴 해석

2.1 실험을 통한 대류열전달계수 찾기

본 연구의 주된 과정은 FEM 을 이용한 시뮬레이션을 통해 히팅 툴 헤드 압접면의 온도 편차를 최소화하기 위한 최적의 형상을 찾아내는 것이다. 따라서 FEM 해석을 위해 필요한 입력 변수를 알아내기 위해 Fig. 3 처럼 히팅 툴과 동일한 재질, 비슷한 부피의 Simple Block 을 선정하여 측정실험을 수행하였다.

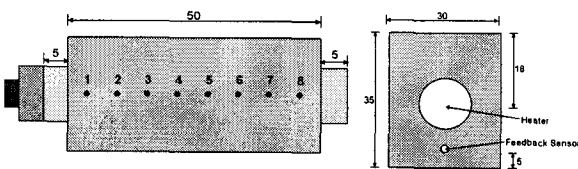


Fig. 3 Simple block for experiment

압접면의 등 간격 8 개 노드(node)에 열전대(K-

type thermocouple)를 부착하여 각 노드 별 온도를 측정하였다. Table 1 은 Simple block 의 물성치이며 Fig. 4 는 히터 설정온도 100℃, 200℃, 300℃ 각각에 대한 압접면의 측정온도, Table 2 는 노드 별 측정온도의 편차이다.

Table 1 Material properties of the simple block (KS STS 440C)

밀도	7750 kg/m ³
열전도계수	24.21 W/m·℃
탄성계수	2×10 ¹¹ Pa
비열	460 J/kg·℃

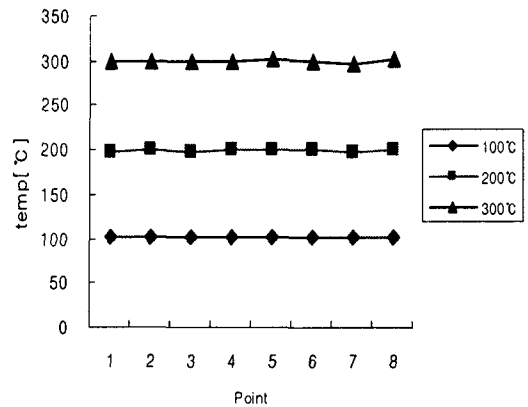


Fig. 4 Surface temperature of the simple block

Table 2 Temperature deviation of the simple block in experiment

설정온도	100℃	200℃	300℃
압접면의 온도편차	0.9℃	1.8℃	2.8℃

일반적으로 자연 대류일 때의 대류열전달계수는 2~25 W/m²·K 이다.⁴ Table 3 은 FEM 해석 툴인 ABAQUS 를 이용한 시뮬레이션에서 대류열전달계수로써 5, 15, 20W/m²·K 의 세 가지 값에 대한 각각의 압접면 온도편차이다.

이 결과는 Table 2 의 실험 값과 동일한 경향을 가지며 이를 통해 실험환경의 대류열전달계수를 15 W/m²·K 로 정하였다.

Table 3 Temperature deviation of the surface according to the convection coefficient (FEM)

설정온도	5 W/m ² ·K	15 W/m ² ·K	20 W/m ² ·K
100℃	0.3℃	0.8℃	1.3℃
200℃	1.2℃	1.7℃	2.2℃
300℃	2.4℃	2.9℃	3.4℃

2.2 히팅 툴 헤드 형상에 따른 압접면의 온도

Fig. 5 는 실제 산업 현장에서 본딩 공정에 사용하고 있는 히팅 툴 헤드의 형상을 기초하여 본딩 칩의 크기가 6mm × 6mm 일 때 고려할 수 있는 히팅 툴 헤드 형상의 세 가지 경우이다.⁵ 이 세 가지 형상의 모델에 대해 히터 설정 온도가 300℃ 일 때 압접면의 정상상태 온도편차를 시뮬레이션을 통해 알아보고 각각의 결과 값을 비교, 분석하여 히팅 툴 헤드의 최적 형상을 찾고자 한다.

칩과 직접 접촉하는 헤드 압접면의 크기는 칩 표면의 온도 편차에 매우 큰 영향을 끼치게 된다. 따라서 추가적으로 헤드 압접면의 크기가 7mm × 7mm, 10mm × 10mm, 14mm × 14mm 세 가지 경우일 때 시뮬레이션 결과의 비교, 분석을 통해 최종 히팅 툴 헤드의 형상을 결정한다. Table 4 는 형상과 압접면 면적에 따른 정상상태 온도 편차 분석 결과이다.

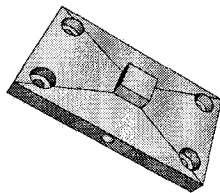


Fig. 5(a) A model

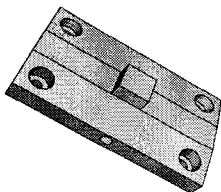


Fig. 5(b) B model

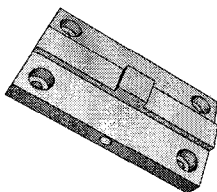


Fig. 5(c) C model

Table 4 Temperature deviation of the bonding surface in steady state before bonding

	온도 편차 [단위: ℃]		
	7 mm × 7 mm	10 mm × 10 mm	14 mm × 14 mm
A	0.21	0.07	0.02
B	0.21	0.08	0.02
C	0.32	0.08	0.03

(참고: 실험에서는 소수점 두 자리 이하는 의미가 없으나 FEM 결과에는 결과를 비교하기 위하여 표기를 한다)

Fig. 6 은 압접면의 크기가 6mm × 6mm, 10mm × 10mm, 14mm × 14mm 일 때, 압접 공정이 시작한 이후의 시간에 따른 각 모델의 압접면의 온도 편차의 변화를 나타낸다.

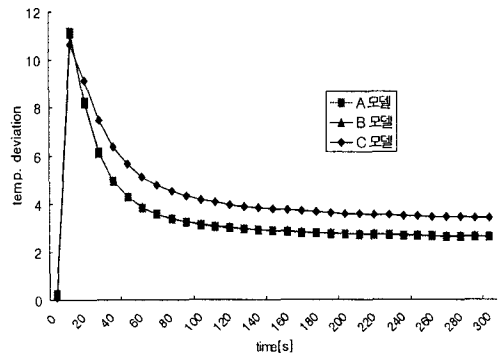


Fig. 6(a) Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding for 6mm × 6mm

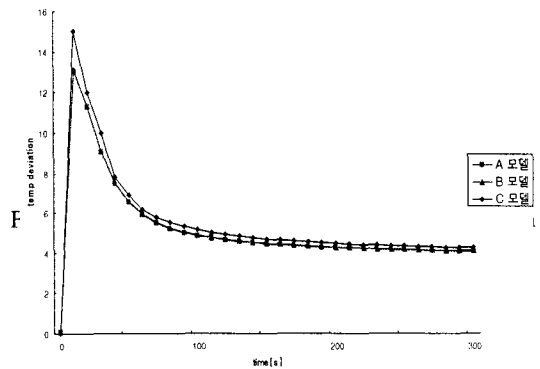


Fig. 6(b) Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding for 10mm × 10mm

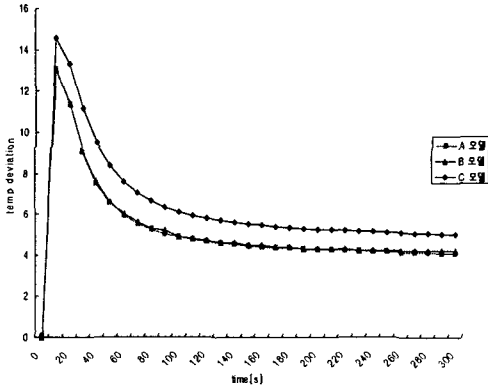


Fig. 6(c) Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding for 14mm×14mm

Table 4 의 결과와 같이 정상상태에서 A 와 B 형상이 C 형상에 비해 상대적으로 작은 온도편차를 가지며 Fig. 6 의 결과를 통해 최초 압접이 시작된 후 시간에 따라 A, B 와 C 두 그룹 간의 온도 편차의 차이는 더욱 커지는 것을 알 수 있다. A 와 B 형상을 비교하였을 때 거의 동일한 온도편차를 보이고는 있지만 가공의 용이함을 고려하였을 때 B 형상이 비용 면에서 이점을 가지기 때문에 최종적으로 B 모델을 히팅 툴 헤드의 최적 형상으로 결정하였다.

칩이 마운팅되는 플레이트 측에 비해 헤드 측의 온도가 상대적으로 고온이기 때문에 본딩 공정시 최초 압접이 되면 순간적으로 헤드의 압접면 온도는 떨어지게 된다. 이 온도 강하는 하나의 칩을 본딩하는데 소요되는 시간과 매우 밀접한 관계가 있다. 즉 온도 강하가 적을수록 소요시간은 줄어들게 된다.

Table 5 는 압접면 크기와 형상에 따른 온도 강하이며 Fig. 7 은 형상이 A, B, C 모델과 같을 때, 압접면적의 크기에 따른 본딩 시 온도 편차에 대한 FEM 해석 결과이다.

Table 5 Temperature drop after bonding

모 델	A 모델	B 모델	C 모델
7 mm×7 mm	39℃	36℃	35℃
10 mm×10 mm	33℃	30℃	29℃
14 mm×14 mm	26℃	28℃	28℃

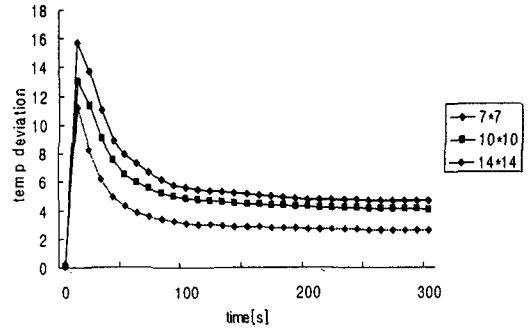


Fig. 7(a) Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding for A model

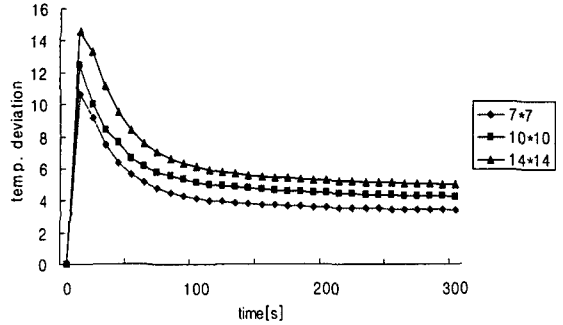


Fig. 7(b) Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding for B model

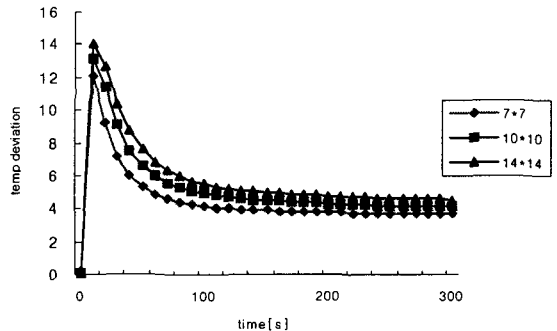


Fig. 7(c) Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding for A model

정상상태에서는 압접면의 크기가 커질수록 온도 편차는 작아지지만 압접이 시작되면 오히려 온

도 편차는 커지고 압접면의 온도 강하는 줄어든다.

3. 실험

히팅 툴 헤드가 B 모델의 형상, 압접면의 크기가 10 mm × 10 mm, 히터 설정 온도가 300℃ 일 때 정상 상태에서의 히팅 툴 압접면 온도를 측정하고 그 때의 노드별 온도 편차를 구하였다. 측정하고자 하는 노드에 열전대를 부착 후, Fig. 8 의 National Instrument 사의 CompactDAQ (Thermocouple Module) 와 Signal Express(LabView)를 사용하여 데이터를 취득하였다.

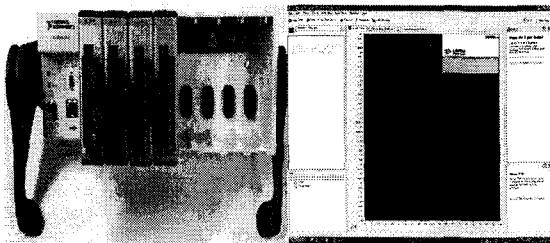


Fig. 8 CompactDAQ(Thermocouple Module) and Signal Express(LabView)

Fig. 9 와 같이 히팅 툴 헤드의 압접면에서 등간격 3 개 노드 온도를 측정하였고 각 노드별 온도편차는 Table 6 의 결과와 같이 0.7℃이다.

Fig. 10 은 압접 시작 이후의 FEM 결과 값과 측정 값을 비교한 것이다. 실험은 3 번 반복 측정되었으며 설정온도는 300℃이다.

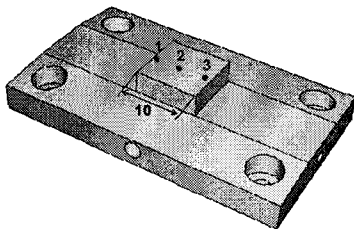


Fig. 9 Measurement points

Table 6 Measurements of temperature

point	1	2	3	온도편차
온도[℃]	296.3	296.9	296.2	0.7

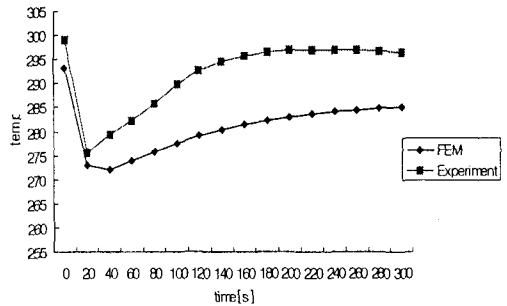


Fig. 10 Temperature after bonding in experiment and FEM simulation

Fig. 10 과 같이 FEM 시뮬레이션과 실험의 결과 값이 정확하게 일치하진 않지만 경향은 유사하다. 이러한 차이가 나는 이유는 실험에서는 압접면의 온도가 떨어지면 피드백 센서에 의해 떨어진 온도 만큼 열원에서 열을 공급해 주지만 FEM 해석상에서는 그렇지 않기 때문이다.

4. 결론

이방성전도 필름을 이용한 플립 칩 본딩 공정에서 본딩 품질을 결정하는 중요한 요인 중 하나가 압접면에서의 온도편차이다. 따라서 본 논문에서는 FEM 을 이용하여 히팅 툴 헤드의 형상에 따른 정상상태와 과도응답 상태(압접 이후)에서의 압접면 온도를 해석하였다. 그 결과를 바탕으로 제안된 히팅 툴을 제작, 온도 측정된 결과 정상상태에서의 압접면 온도 편차가 약 0.7℃이며 본딩 시 과도응답 온도변화가 시뮬레이션 결과와 유사하였다. 이 실험 결과로써 시뮬레이션 결과의 신뢰성을 검증하였다.

압접면의 온도편차를 최소화하는 히팅 툴 헤드 형상의 최적화 작업을 통해 이방성전도 필름을 이용한 플립 칩 본딩 공정의 품질 향상에 기여하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 중기거점 기술개발 사업인 “CCM (Compact Camera Module) 인라인 조립 장비개발” 과제의 지원을 받아 수행되었으며 이에

관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Park, C. W., "The Final Report for Industry Analysis of the Development of Flexible PCB Precise Bonding Machine," Ministry of Commerce, Industry and Energy, pp. 27-70, 2005.
2. Yamaguchi, Y., Tsukagoshi, L. and Nakajima, A., "Anisotropic Conductive Film," Circuit Technology, Vol. 4, No. 7, pp. 362-370, 1989.
3. Kweon, S. H., Kim, I. and Yang, S. H., "Analysis of Temperature Distribution of Heating Tool in the Flip Chip Bonding Assembly Process using Anisotropic Conductive Film(ACF)," Proceedings of the Korean Society for Precision Engineering Spring Conference, pp. 653-654, 2006.
4. Frank, P. I. and David, P. D., "Fundamentals of Heat and Mass Transfer 5th Edition," John Wiley & Sons, pp. 2-11, 2002.
5. Kweon, S. H., Kim, I. and Yang, S. H., "Analysis of Temperature Distribution and Optimization of the Configuration at Heating Tool in the Chip Bonding Process at Camera Module of Mobile Phone," ASPE 21st Annual Meeting, 2006.