

플립 칩 본딩 공정의 히팅툴 형상에 따른 압접면의 온도 해석 Analysis of temperature distribution of Heating Tool in Flip Chip Bonding Process

권성환¹, 권설령¹, *고동진¹, 박금생², #양승한³
S.H. Kweon¹, S.R. Kwon¹, *D.J.Ko¹, K.S. Park², #S.H. Yang(syang@knu.ac.kr)³
¹ 경북대학교 대학원 기계공학과, ²(주)여의시스템, ³ 경북대학교 기계공학부

Key words : Flip chip bonding, temperature distribution, ACF (Anisotropic Conductive Film)

1. 서론

최근 카메라 내장형 모바일 폰의 시장이 커지면서 카메라 폰의 핵심 부품인 카메라 모듈 제작에 필요한 기술들 또한 많이 연구되고 있다. 카메라 모듈은 CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)칩을 FPCB(Flexible Printed Circuit Board)에 본딩하고 패키징하는 공정을 거쳐 제작된다.¹ 이 공정들 중 가장 중요한 기술이 플립 칩 본딩인데, 이는 칩의 패드와 기판을 전기적, 기계적으로 연결하는 기술이다. 본 논문은 이방성 전도필름을 이용한 연결방법에 대한 연구이다. 이방성전도필름(Anisotropic Conductive Film, ACF)은 금속 코팅된 플라스틱이나 금속입자 등의 전도성 입자를 분산시킨 필름형태의 접착제로써 구조는 Fig. 1과 같다.²⁻⁴

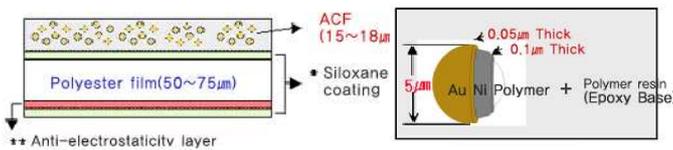


Fig. 1 Schematic diagram of ACF and conductive particle

본딩 공정에서 전도필름의 종류에 따라 압접면의 압력은 2-3MPa이며 온도는 150-200℃ 정도가 된다. 이 공정에서 가장 많이 일어나는 결함은 이방성전도필름의 접착 불량으로써 압접면의 온도편차에 의하여 발생한다. 따라서 압접면의 온도구편차의 최적화를 통해 히팅툴을 최소화할 수 있다.

현재 압정 공정에 사용되고 있는 압접공정에 쓰이는 히팅툴 유닛은 Fig. 2와 같다.

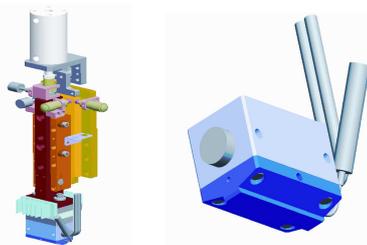


Fig. 2 The heating tool unit and heating tool

그림에서와 같이 히팅툴 유닛의 상단부분에는 장착 장비로의 열전달을 차단하기 위해 세라믹 블록으로 열전달을 최소화 하도록 하였다. 열원에서 압접면까지 전달되는 열전도현상은 수학적으로 해석하기 매우 힘들다. 따라서 본 논문에서는 FEM을 이용하여 히팅툴의 형상에 따른 압접면의 온도편차를 최소화시키는 최적 형상을 찾아본다.

2. 압접면의 온도 편차 최소화를 위한 히팅툴 해석

2.1 실험을 통한 대류열전달계수 찾기

본 연구의 주된 과정은 FEM을 이용하여 히팅툴의 압접면의 온도 편차를 최소화하기 위한 최적의 형상을 찾아내는 것이다. 따라서 FEM에서 사용되는 변수를 찾기 위한 모델을 선정하여 측정실험을 수행하였다. 이 모델은 Fig. 3과 같이 히팅툴의 부피가 비슷한 동일 재료의 Simple Block으로 채택하였다.

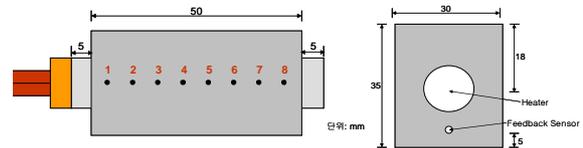


Fig. 3 Simple block for experiment

압접면의 8개 포인트에 열전대를 부착하여 온도를 측정, 데이터를 취득하였다. Table 1은 Simple block의 물성치이며 Table 2는 측정값의 편차이다.

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

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

Table 2 Temperature deviation of the simple block in experiment

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

Table 3은 FEM 해석툴인 ABAQUS를 이용하여 대류열전달계수가 5, 15, 20W/m² · K 에 대한 해석결과로써 압접면의 온도편차를 나타낸다.

Table 3 Temperature deviation of the surface (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℃

ABAQUS를 이용하여 각 설정온도에 대해 압접면의 온도분포를 해석하였으며 온도분포는 실험값과 동일한 경향을 보였다. 자연대류일 때의 대류열전달계수는 5-25 W/m²·K이며 실제 환경에서의 대류열전달계수를 찾기 위하여 각 설정온도에 대해 대류열전달계수를 5, 15, 25 W/m²·K 를 적용하여 압접면의 온도 편차를 계산하였고 실험 온도편차 비교를 통해 대류열전달계수가 약 15 W/m²·K임을 알 수 있다.

2.2 히팅 툴 헤드의 형상에 따른 압접면의 온도

본딩 칩의 크기가 6mm×6mm이며, 따라서 압접면의 크기도 정사각형의 형태로 제작하였다. Fig. 4와 같이 3가지의 형상을 선정하여 설정 온도가 300℃일 때, FEM을 수행하였다.

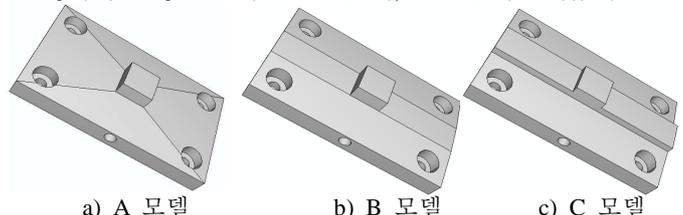


Fig. 4 Three models of the heating head

각 모델에 대하여 압접면의 크기가 7mm×7mm, 10mm×10mm, 14mm×14mm에 대하여 해석을 하였으며 Table 4는 압접면에 대한 온도 편차를 보여준다.

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

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

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

Fig. 5는 압접면의 크기가 10mm×10mm일 때, 압접 공정이 시작한 이후의 시간에 따른 각 모델의 압접면의 온도 편차의 변화를 나타낸다. (모든 압접면의 크기에 대하여 A, B, C 모델에 대한 온도편차 결과는 유사한 경향을 보인다.)

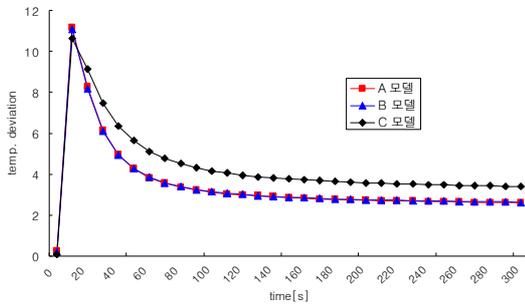


Fig. 5 Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding

Table 4와 Fig. 5와 같이 A와 B형상이 C형상에 비해 상대적으로 작은 온도편차를 보일 뿐만 아니라 압접이 시작되고 난 후에는 그 차이가 더욱 커진다. A와 B형상을 비교 시 거의 동일한 온도편차를 보이고는 있지만 가공의 용이함을 고려하였을 때 B형상이 비용면에서 이점을 가진다. 따라서 정상상태에서의 히팅틀 헤드의 압접면 상에서의 온도분포는 B형상이 상대적으로 우수하다.

압접 공정이 시작되면 순간적으로 압접면의 온도는 떨어진다. Table 5와 Fig. 6은 히팅 헤드가 B형상일때, 압접면 크기에 대해 압접 공정이 시작 이후의 온도 강하와 온도 편차를 나타낸다.

Table 5 Temperature drop after bonding

온도 강하	7mm×7mm	10mm×10mm	14mm×14mm
온도 강하	36°C	30°C	28°C

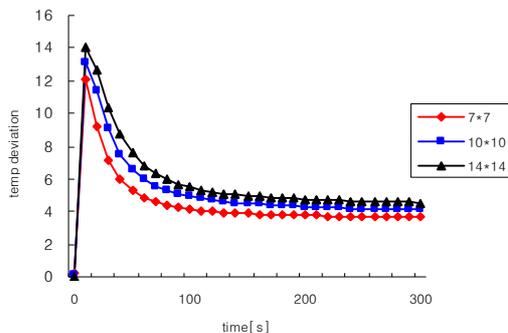


Fig. 6 Temperature deviation of the bonding surface in transient state after bonding

정상상태에서는 압접면의 크기가 커질수록 온도 편차는 작아진다. 하지만 압접이 시작되면 온도 편차는 커지고 압접면의 온도 강하는 줄어든다.

3. 실험

히팅틀 헤드가 B형상이고 압접면의 크기가 10mm×10mm인 히팅틀의 정상상태와 압접 공정이 시작 이후의 압접면의 온도를 측정하였다. Fig. 7은 측정 포인트를 나타내며 Fig. 8은 압접 시작 이후의 FEM 결과값과 측정값을 비교한 것이다. 실험은 3번 반복 측정되었으며 설정온도는 300°C이다.

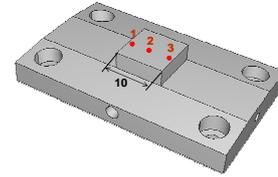


Fig. 7 Measurement points

Table 6 Measurements of temperature

	1	2	3	온도편차
온도[°C]	296.3	296.9	296.2	0.7

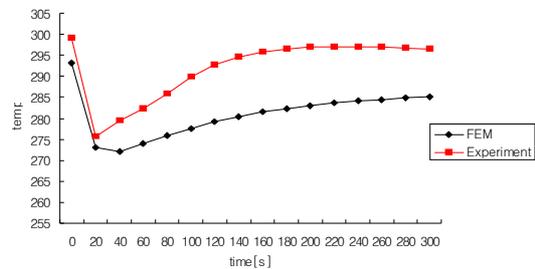


Fig. 8 Temperature after bonding in experiment and FEM simulation

Fig. 8과 같이 FEM 해석값과 실험값이 정확히 일치하지 않지만 그 경향은 유사하다. 이러한 차이가 나는 이유는 실험에서는 압접면의 온도가 떨어지면 피드백 센서에 의해 열원의 온도가 올라가나 FEM 해석상에서는 그렇지 않기 때문이다.

4. 결론

이방성 전도필름의 본딩 공정에서 품질을 결정하는 요인 중 하나는 압접면의 온도 편차이다. 히팅틀의 헤드의 형상에 대하여 FEM을 이용하여 압접 전의 온도와 압접 시작 이후의 압접면의 온도를 해석하였다. 뿐만 아니라 제안된 히팅틀을 제작하여 압접면의 온도 편차가 약 0.7°C이고 FEM과 실험의 유사성을 증명하였다. 이를 통해 ACF 본딩에서 품질의 향상에 기여할 수 있다.

후기

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

참고문헌

1. Flexible PCB 정밀 본딩 장비개발에 관한 산업분석 최종보고서, 산업자원부
2. Y.Yamaguchi, I.Tsukagoshi, A.Nakajima, Circuit Technol. 4, 1987.
3. I.Tsukagoshi, A.Nakajima, Y.Mikami, S.Mutoh, Z.Ikezo, Japan Kokai Patent(open system), S62-188184, 1987.
4. 권성환, 김인, 양승환, “이방성 전도 필름을 이용한 플립칩 본딩 장비의 히팅 틀에 대한 온도분포 해석,” 한국정밀공학회 06 춘계 학술대회 논문집, 653-654, 2006.