

Sn-Bi 공정 조성 솔더 페이스트의 특성평가 The evolution of reliability of Sn-Bi binary solder paste

박부근*, 박재현*

* (재)포항산업과학연구원 신뢰성 평가 센터 신뢰성 평가실

ABSTRACT Sn-Bi eutectic solder alloy have is good wetting and physical properties. The results of solder paste properties test, melting point is about 139°C and spread test is represent spread properties of 7~16%. The results of shear strength after as reflowed, thermal shock test, high temperature storage test of 500hr and 1000hr at 100°C. The shear strength value range is from 6000 to 11000gf, pull strength value range is from 2200 to 3300gf.

1. 서 론

솔더링은 전자 산업 분야에서 가장 중요한 접합기술이다.[1]

현재 사용되고 있는 무연 솔더 재료는 주로 Sn-Ag-Cu 계를 사용하고 있지만, 상품의 무연 솔더 적용이 진행됨에 따라 부품의 내열성이나 기판내의 온도가 고르지 못한 문제점과 용점(217~220°C)이 다소 높은 관계로 Sn-Ag-Cu의 무연 솔더에 대응할 수 있는 무연 솔더의 개발이 증가하고 있다.[2]

현재 무연 솔더 후보로서 Sn을 기본으로 Ag, Bi, Cu, Zn 등의 첨가에 따른 솔더 조성이 연구 개발되어 지고 있는 실정이다.

그 중에서 Sn-Bi 솔더 합금의 경우 Bi가 가지는 특징 중 매우 좋은 젖음성과 물리적 특성을 가지며, 무른 성질을 가진다. 그리고 Sn-Bi 공정 합금 조성은 139°C의 상대적으로 낮은 용융 온도를 가진다.[3]

그리고 솔더 접합부의 신뢰성을 평가하기 위해서는 접합부에 대한 기본적인 기계적 특성 평가 및 온도, 수분, 진동, 응력 및 전압 등 각종 환경하에서의 접합부에 대한 장단기 신뢰성시험이 요구된다. 이러한 신뢰성평가는 전기전자부품의 환경시험을 토대로 하여 주로 수행되어 왔으며 기존

의 유연 솔더의 경우 그다지 큰 문제점은 발생하지 않았고 따라서 업계에서도 큰 관심의 대상이 아니었다. 그러나 환경문제에 따라 무연(lead free) 솔더 접합부에 대한 적용이 증가 하면서 종래에는 발생하지 않았던 것들이 문제점으로 발생하기 시작하였으며 이에 대한 분석 및 접합부 신뢰성을 보증하기위한 새로운 연구들이 진행되어 왔다.[4]

본 연구에서는 Sn-Ag-Cu 3원계의 신뢰성 평가 항목을 바탕으로 Sn-Bi 2원계 솔더 재료의 특성을 통한 솔더 페이스트의 기본적인 특성을 알아보고자 하였다.

2. 실험 방법

"C"사에서 제공된 Sn-Bi 2원계 공정 조성의 Flux 종류가 다른 3종류의 솔더 페이스트를 이용하여, 아래와 같은 항목으로 솔더 페이스트의 특성 분석을 행하였다.

2.1 용점시험

일정량의 솔더 페이스트를 비이커에 채취 후 이 소프로필 알코올을 이용하여 flux 제거, 분말을 DSC 측정 하였다. 온도범위는 상온에서 180°C,

승온 속도는 5°C/분, 아르곤 분위기에서 시험을 하였다.

2.2 신뢰성 평가 시험

현재 상용적으로 사용하고 있는 Sn-Ag-Cu 3원계에 대한 평가 기준을 기초로 활용하였다. 하지만 Sn-Bi 2원계의 경우에는 신뢰성 평가 및 기준에 대한 정확한 정보가 없는 실정이며, 이에 정확한 데이터 확보를 위해 아래와 같은 항목으로 실험을 행하였다.

2.2.1 전단, 당김시험

전단 및 당김 시험은 RHESCA사 "STR-1000" 장비를 사용하였으며, 사용한 지그(Jig)는 부품에 탑재된 2012 MLCC 에 대응하는 2mm 지그를 사용하였고, 전단 하중은 50kg, 전단속도는 20mm/min, 높이는 20 μ m로 유지하여 시행하였으며, 10회 시험을 행하였다.

당김시험은 당김 하중 10kg, 당김 속도는 10mm/min로 실험을 행하였으며, 22회 시험을 행하였다.

2.2.1 고온방치시험

고온방치 시험은 100°C가 유지되는 챔버를 이용하여 500시간, 1000시간 두 조건으로 방치하여 실험을 행하였다.

2.2.2 열충격시험

열충격 시험은 "Climats"사의 장비를 사용하였으며, 솔더 페이스트 조건인 -40 ~ 125°C, 각 온도에서 30분 유지 조건으로 500 사이클 실험을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 특성평가

3.1.1 용점시험

3종류의 솔더 페이스트의 용점시험 결과는 표 1과 같다.

Sn-58Bi 공정 조성의 용점은 139°C로 보고되고 있는 바 용점 시험의 결과는 139°C내외를 보였다.

Table 1. The result of DSC.

Specimens	Liquidus temperature [°C]
A	139.06
B	138.74
C	139.10

3.1.1 전단/당김시험

그림 1은 리플로우 후의 전단당도 및 당김당도 결과를 보여주고 있다. 횡수에 따른 편차값은 나타나지만, 평균값을 비교하면, A는 9904, B는 10729 그리고 C는 10945 gf 값을 나타내었다. 50×100×0.5mm PCB에 QFP를 탑재 후 리플로우 후의 당김 시험 결과를 보여주고 있다. 당김시험의 결과는 전단시험의 결과와는 반대 경향을 보였는데, A는 3278, B는 2980 그리고 C는 2782 gf 값을 나타내었다.

그림 2는 열 충격 시험 후의 전단당도 시험 및 당김 당도 결과이다. A는 8550, B는 10003 그리고 C는 8863 gf 의 평균값을 나타내었다. 열 충격 시험 결과 B의 경우가 가장 높은 전단 강도를 보였다. 당김 시험 결과 A는 2455, B는 2247 그리고 C는 2626gf의 평균값을 나타내었으며, C의 경우가 가장 높은 당김 강도를 보였다.

그림 3은 100°C에서 500시간 고온 방치 시험 후 전단당도 및 당김 당도 값을 보여주고 있다. A는 7967, B는 9122 그리고 C는 8521 gf을 보였다. 당김 당도 결과 값의 편차는 보이지만 A는 2781, B는 2728 그리고 C는 2831 gf의 평균값을 나타내었다.

그림 4는 100°C에서 1000시간 고온방치 시험 후의 전단당도 및 당김당도 시험 결과를 보여주고 있다. 전단 당도 시험 결과 A는 6729, B는 7601 그리고 C는 8327 gf 값을 보였으며, 당김 당도 시험 결과 A는 2229, B는 2703 그리고 C는 2480 gf 값을 나타내었다.

전단 및 당김 시험 결과 전단당도 값이 낮게 나오는 경우 당김 강도는 높은 값을 나타내는 것을 확인 할 수 있었다.

그림 5는 열충격 시험후의 SEM 결과이다. 솔더내부의 균열이 다량 존재 하고, 금속간 화합물층의 성장도 보였다. Bi 성장이 조대화 됨을 알 수 있었다. 전단당도 값의 차이는 열충격 시험 후의 솔더부의 내부 기공 및 균열에 의한 요인으로 사료된다.

그림 6과 7은 고온 방치 시험 결과로서 100°C에서

각각 500시간 1000시간 방치 후의 SEM 단면사진이다. Sn-Bi 공정상의 조대화와 Bi상의 조대화가 이루어지고 있으며, 일정 두께의 금속간 화합물 층을 형성하고 있다.

100°C에서의 고온방치 시험에 의해 미세조직의 층상구조가 사라지고 조대화 되어감을 알 수 있는데, 이와 같은 조대화는 고온방치 온도가 0.72T_{mp}로 높아 고상확산이 활발히 이루어졌기 때문으로 판단된다.

계면 반응층은 Cu₃Sn의 형태임을 알 수 있고, Bi와는 금속간화합물은 계면에 석출되지 않았다. [5]

3종류의 솔더 페이스트의 경우 강도 값의 차이는 각 시험 조건에 의해 생성된 금속간 화합물의 영향에 의한 인자 보다는 각 솔더 페이스트내의 Flux에 의한 각 리플로우 조건에 의해 Sn-Bi 공정상과 Bi상의 부피 분율 및 조대화에 의한 값의 편차가 발생하는 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에 사용한 Sn-Bi 공정 합금 솔더를 통한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용점 시험의 결과 공정조성 범위의 139°C의 용점을 나타내었다.
- 2) 면적비 계산을 통한 퍼짐성 결과 퍼짐성의 정도는 있지만 7~16% 정도의 퍼짐성을 보였다.
- 3) 값의 편차는 발생하지만 전단 강도시험결과 B 종류의 솔더 페이스트가 높은 값을 나타내었고, 당김 강도의 결과도 B 종류가 전체적인 값의 분포가 동일하게 나타났다.
- 4) 전단 강도 값은 6000~11000gf 범위의 값을 보였으며, 당김 강도 값은 2200~3300gf 범위의 값을 보였다.
- 5) 고온방치 시험결과 Sn-Bi 공정상과 Bi 상의 조대화를 확인 할 수 있었으며, Cu₃Sn 상의 금속간화합물 층을 나타내었으며, Bi는 계면층에 석출되지 않았다.

참 고 문 헌

1. R. J. Klein Wassink, in *Soldering in Electronics*, 2nd edn.
2. T. Sakamoto and K. Sasaki, *OMRON TECHNICS* Vol. 44 No. 3 (2004)
3. H. Takao, A. Yamada and H. Hasegawa, *R&D Review of Toyota CRDL* Vol. 39, No. 2

4. M. Abtey and G. Selvaduray : Lead-free solder in microelectronics, *Mater. Sci. Eng.*, 27 (2000) 95-141
5. J. J. Lee, K. K. Lee and D. J. Lee, *J. of the Korea Inst. of Met. & Mater.* Vol. 34, No. 5, (1996), 63

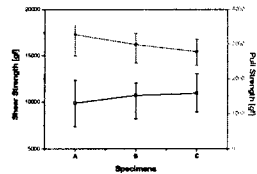


Fig. 1. Shear/Pull strength of QFP after as reflowed.

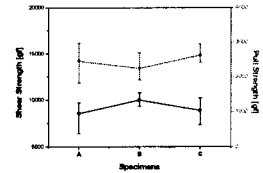


Fig. 2. Shear/Pull strength of MLCC, QFP after thermal shock test.

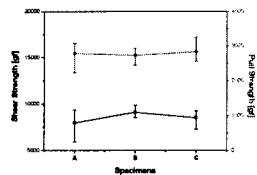


Fig. 3. Shear/Pull strength of MLCC, QFP after high temperature storage test (100°C, 500hr).

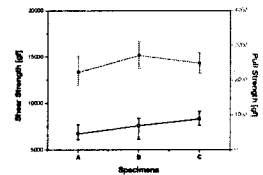


Fig. 4. Shear/Pull strength of MLCC, QFP after high temperature storage test (100°C, 1000hr).

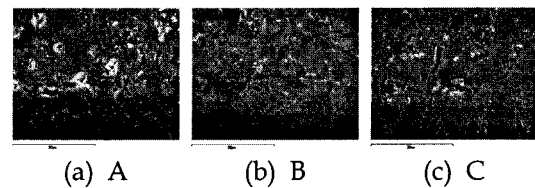


Fig. 5. SEM of Sn-Bi solder paste after Thermal shock test.

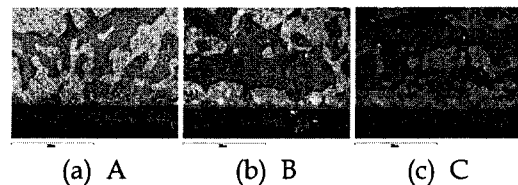


Fig. 6. SEM of Sn-Bi solder paste after high temperature storage test (100°C, 500hr).

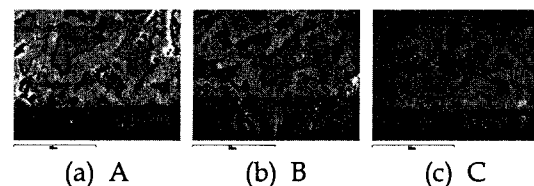


Fig. 7. SEM of Sn-Bi solder paste after high temperature storage test (100°C, 1000hr).