

Protrusion Jaw가 적용된 볼 당김시험을 이용한 솔더 접합부의 강도와 파괴 메커니즘 분석에 관한 연구

김형일* · 한성원* · 김종민* · 최명기* · 신영의*

*중앙대학교 기계공학부

Evaluation of Pull Strengths and Fracture Modes of Solder Joints by Modified Ball Pull Testing with Protrusion Jaw

Hyoung-Il Kim*, Sung-Won Han*, Jong-Min Kim*, Myung-Ki Choi* and Young-Eui Shin*

*School of Mechanical Engineering, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

Abstract

There have been numerous approaches to examine the bonding strengths of solder joints. However, despite the technical and practical limitations, the precedent test methods such as the ball shear and ball pull tests are being used in industrial applications. In this study, the optimum jaw pressure with the modified protrusion jaw was introduced in order to obtain higher successful rate for ball pull testing. Furthermore, the pull strengths and fracture modes of Sn-8Zn-3Bi, Sn-4Ag-0.7Cu, and Sn-37Pb eutectic solder after isothermal aging tests (100°C, 150°C) were evaluated with the protrusion jaw. The pull strength-displacement hysteresis curves and fracture surfaces were carefully investigated to evaluate the correlation between the pull strengths and the fracture modes of each solder. In conclusion, it is verified that Au-Zn IMCs (Intermetallic Compounds) have a detrimental effect on the pull strengths and changed fracture modes of Sn-8Zn-3Bi solder. Meanwhile, the microstructure transformation influences the degradation of pull strengths of Sn-4Ag-0.7Cu and Sn-37Pb solders.

* Corresponding author : shinyoun@cau.ac.kr

(Received November 5, 2004)

Key Words : Au-Zn IMC, Fracture mode, Optimal jaw pressure, Protrusion jaw, Pull strength

1. 서 론

향후 반도체 기술은 저전력, 저전압 설계를 기반으로한 디지털 로직과 메모리, CMOS, RF등을 포함한 아날로그 회로, MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 등의 시스템 기능도 모두 한 칩에 내장되는 SOC (System On Chip)의 시대가 될 것이다¹⁾. 그러나, 시스템 칩의 규모는 커지고 패키지의 크기는 더욱 작아지고 있지만, 이를 기계적, 전기적으로 접합하는 기술 또는 접합부의 신뢰성을 평가하는 기술은 부족한 것이 현실이다.

마이크로 접합의 기계적 특성평가에 가장 많이 적용되고 있는 시험법 중 하나는 볼 전단시험(ball shear test)이다^{2,7)}. 그러나, 볼 전단시험의 경우, Fig. 1에

서와 같이 솔더 접합부에 전단 하중이 가해질 때 기판 패드 왼쪽 끝단에서는 솔더의 변형에 의한 인장과 전단이 동시에 일어난다³⁾. 또한, 패드 오른쪽 끝단에서는 압축과 전단이 동시에 일어나므로 응력집중이 발생하

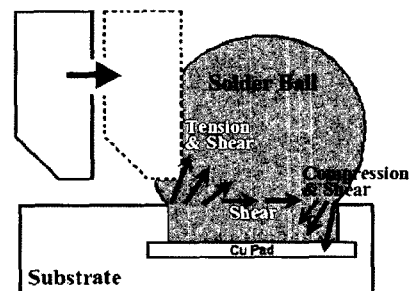


Fig. 1 Precedent solder ball shear test and stress distribution³⁾

며, 실제 솔더의 취약부분이 아닌 슬립에 의한 파단이 지배적이라는 단점을 가지고 있다^{4,6)}. 따라서, 실제 솔더접합부의 취약부위를 정량적으로 측정하기에는 한계가 있다. 반면, 볼 당김시험은 하중이 기판에 수직 방향으로 작용하기 때문에 패드에 의한 간섭을 최소화 할 수 있고, 솔더접합부 파면 분석을 통한 취약 부위의 관찰이 가능하므로 볼 전단시험보다 더 유리하다는 장점을 가지고 있다⁴⁾. 그러나, 볼 당김시험(ball pull test)의 경우, 솔더볼의 다양한 조성 및 기하학적 차이로 인해 시험의 재현성에서 문제가 되고있고, 다양한 볼 크기에 따른 규격화된 시험방법이 마련되어 있지 않아 신뢰성 있는 시험규격의 마련이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 서로 다른 조성의 CSP(Chip Size Package) 솔더 접합부의 접합강도 평가시험에 앞서, 시험 결과 비교에 필요한 충분한 수율 확보를 위해, protrusion jaw를 솔더볼 당김시험에 적용, 특정 당김 속도에서의 최적 jaw 압력을 실험적으로 결정하였다. 솔더 조성에 따른 솔더볼 당김시험 파괴 메커니즘 분석을 위하여, Sn-8Zn-3Bi, Sn-4Ag-0.7Cu, Sn-37Pb 세 종류의 솔더 재료에 대한 각각의 당김강도와 변위의 이력곡선 및 파면 분석을 수행하였다. 또한, 솔더 조성 별로 등은 시효 온도 및 시간에 따른 미세조직의 변화 및 금속간 화합물 분석을 통하여, 등은 시효가 당김강도 및 파괴 메커니즘에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 시험 방법

2.1 시편 및 시험 조건

볼 당김시험 시편으로 13×13mm 규격의 288 I/O (Input/Output) CSP가 배치되어 있는 이중 기판을 사용하였다. 볼 패드는 SMD(Solder Mask Defined) 형태로 0.03±0.01mm 두께의 솔더 레지스트를 사용하였으며, 기판으로는 FR-4를 사용하였다. 랜드 패드의 크기는 0.38±0.05mm이고, Cu위에 Au는 0.5~1 μ m, Ni은 10~15 μ m의 두께로 전해도금을 실시 하였다. 시험 재료의 기본적인 물성비교를 위해 Hitachi Metals에서 생산된 0.3mm 크기의 Sn-8Zn-3Bi 와 Sn-4Ag-0.7Cu 무연 솔더를 접합재료로 사용하였고, 무연 솔더의 특성 평가 비교를 위해 현재 가장 많이 사용되고 있는 Sn-37Pb 솔더를 사용하였다. 플럭스는 Alpha Metal사의 390DH3LV(RMA type)를 사용하였다. 리플로우 장비는 Vitronics Soltec 사의 XP520N을 사용하였으며, 컨베이어의 속도는 350mm/min 이다.

2.2 접합부의 특성 평가방법

2.1.1 볼 당김시험

볼 당김시험에 영향을 미치는 주요 인자로는 jaw 압력, 당김속도, 솔더 조성에 따른 볼의 기하학적 형상 차이, 램 높이(ram height: 기판으로부터 jaw 끝단까지 수직 거리) 등이 있다^{5,6)}. 또한, 다양한 조성의 솔더 볼의 올바른 접합강도 비교를 위해서는 동일한 당김시험 조건의 설정이 요구된다. 하지만, 기존의 솔더볼 당김시험의 경우, jaw의 압력이 기준치보다 높을 경우, 볼이 찌그러지거나, 압력이 기준치보다 낮을 경우, 볼 빠짐 현상이 발생하여 접합강도 비교에 필요한 충분한 수율 확보가 어려웠다. Fig. 2에는 기존 볼 당김시험의 개략도와 주요 실패 모드를 나타내었다. 특히, Fig. 2(a)에 나타난 실패 모드는 부적절한 jaw 압력과 솔더 재료의 낮은 경도 때문에 발생하는 것으로 보고되고 있다⁴⁾.

따라서, 본 실험에서는 데이터 비교를 위한 충분한 수율 확보와 당김시험시 생길 수 있는 솔더볼의 기하학적 형상 차이에 의한 초기 단면적 차이를 최소화하기 위하여, jaw끝단에 돌출 부위를 생성하여 당김시험시 동일한 초기 단면적을 확보함과 동시에 솔더볼의 미끄러짐을 방지할 수 있었다. protrusion jaw를 적용한 솔더볼 당김시험의 시스템 개략도 및 protrusion jaw의 확대도를 Fig. 3에 나타내었다. 또한, 당김시험 속도(0.2mm/sec)와 램 높이 (0.045±0.005mm)를 고정 한 후, 솔더 조성과 jaw압력 조건별로 각각 20개의 솔더볼의 당김시험 수율 결과를 비교하여, 최적 jaw 압력을 실험적으로 결정하였으며, jaw의 압력은 공기압축기와 공기압 조절기를 사용하여 제어하였다.

Table 1에는 jaw 압력에 따른 솔더 조성별 당김시험 수율 결과를 나타내었다. Table 1의 결과로부터, Sn-8Zn-3Bi의 경우, 다른 두 종류의 솔더에 비해 비교적 높은 jaw 압력에서도 좋은 수율을 가지며, 이는 Sn-8Zn-3Bi 솔더의 경도가 다른 솔더에 비해 높기 때문인 것으로 사료된다. Sn-4Ag-0.7Cu와 Sn-37Pb솔

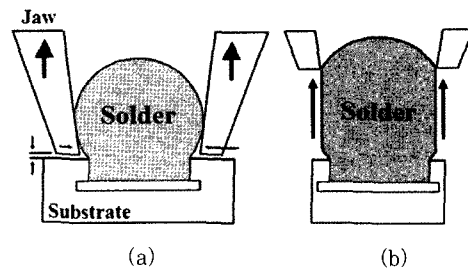
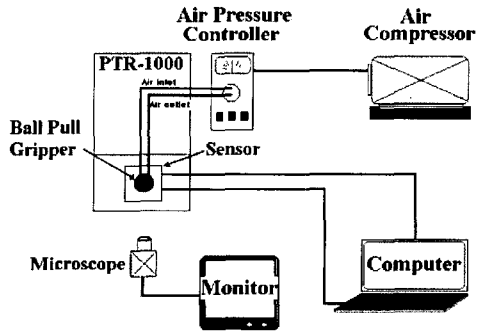
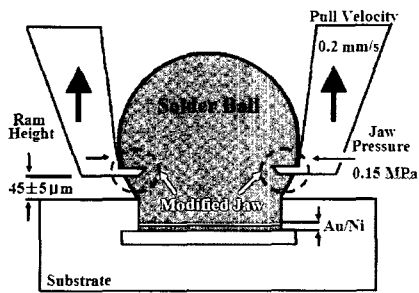


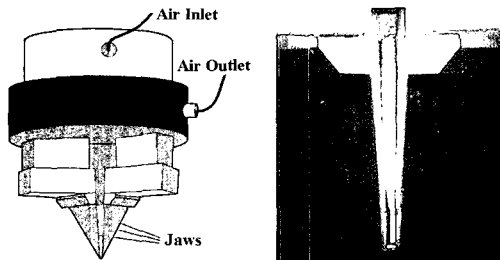
Fig. 2 Precedent solder ball pull test(a) and major failure mode(b)



(a) Systematic apparatus of solder ball pull test



(b) Solder ball pull test with modified jaw



(c) The modified jaw

Fig. 3 Systematic apparatus of solder ball pull test and modified solder ball pull jaw

Table 1 Successful rate of ball pull test from solder materials and jaw pressures(pull velocity = 0.2mm/sec)

Jaw Pressure (MPa)	Successful rate (%)		
	Sn-Zn-Bi	Sn-Ag-Cu	Sn-37Pb
0.05	45	50	20
0.15	70	70	60
0.20	90	60	15
0.25	75	35	10
0.30	55	35	-

더의 경우, jaw압력 0.15MPa에서 각각 70, 60%의 최고수율을 나타내었다. 특히, Sn-37Pb 솔더의 경우, 0.3MPa 이상의 압력에서는 솔더볼의 변형이 심하여 당김시험을 수행할 수 없었으며, 이는 Sn-37Pb 솔더

의 경도가 다른 솔더에 비해 상대적으로 낮기 때문인 것으로 판단된다.

본 실험에서는 솔더 조성에 상관없이 60% 이상의 수율 결과를 나타낸 0.15MPa를 최적 jaw 압력으로 설정, 동일한 당김시험 조건하에서 실험을 수행하였으며, 당김강도 비교를 위하여, 조건별로 5개의 시편에서 각각 20개 솔더볼 당김강도의 평균값을 이용하였다.

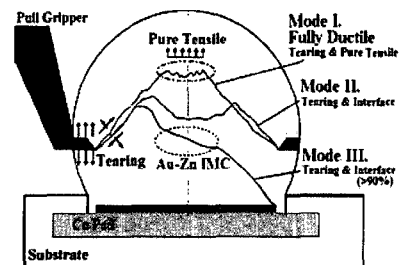
2.1.2 등온 시효 실험(Isothermal aging test)

각각의 시편들은 100℃와 150℃의 항온 챔버에서 각각 300, 600, 900시간 동안 등온 시효 처리한 후 볼 당김시험에 사용되었다. 강도 평가와 파면 분석, 파단 모드 분석 및 각 솔더 조성별로 생성된 금속간 화합물의 종류와 금속간 화합물이 솔더의 파단에 미치는 영향을 검토하기 위하여 EDX(Energy Dispersive X-ray spectroscopy) 분석을 수행하였다.

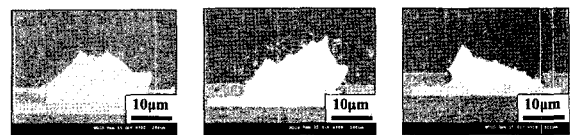
3. 실험결과 및 고찰

3.1 파단 모드의 분류

본 실험에서는 솔더볼 당김 파단 모드를 Fig. 4와 같이 세 가지로 분류하여 분석하였다. 모드 I(mode)은 솔더내로 삽입될 때 생긴 jaw 끝단의 균열이 jaw가 상승함에 따라 티어링(tearing)에 의한 연성파단을 일으킨 후, 솔더 중앙 윗부분에서 수직 인장에 의한 연성파단으로 이어지는 완전 연성파단 모드를 보였다(Fig 4(b) 참조). 하지만, 모드II는 티어링에 의한 연성파단과 함께 솔더와 Au-Zn 금속간 화합물간의 계면파단이 복합적으로 발생하였다(Fig. 4(c) 참조). 모드 III의



(a) Three fracture modes of CSP solder ball



(b) Mode I

(c) Mode II

(d) Mode III

Fig. 4 Three fracture modes of CSP solder ball(a) and cross-sectional pictures(b-d)

경우, 모드 II와 마찬가지로 티어링에 의한 연성파단과 금속간 화합물에 의한 계면파단이 복합적으로 일어났으나, 파면 분석 결과, 계면파단이 전체 파면의 90% 이상을 차지하는 파면을 모드 III로 따로 분류하였다 (Fig. 4(d) 참조).

3.2 당김강도와 변위의 이력곡선 및 파면 분석을 통한 파단모드 비교

Fig. 5에는 파단모드에 따른 당김강도와 변위의 이력곡선을 나타내었다. 솔더 합금의 인장 분포는 일반적으로 탄성구간, 소성 변형 경화 구간, 넥킹(necking) 구간으로 구성되어 있다. 인장력은 재료의 항복점 이후, 넥킹 현상이 발생할 때까지 단면적의 감소로 인하여 계속 증가되나, 극한 응력이 일어나는 인장력 최대 지점 이후, 점차적으로 감소하여 파단에 이르게 된다.

3.2.1 모드 I

모드 I의 경우, 최대 당김강도는 약 3920mN 으로 모드 II, III에 비해 비교적 낮은 당김강도를 나타내었지만, 넥킹 후 최종 파단까지의 변위가 가장 길었다. 이것은 전형적인 연성 파괴 곡선의 특성으로 앞서 언급한 모드 I의 티어링과 수직 인장에 의한 연성 파단 모드의 영향으로 판단된다. 이러한 파괴 메커니즘은 등온 시효 온도 및 시간에 관계없이 Sn-37Pb와 Sn-4Ag-0.7Cu의 대부분을 차지하였으며, Sn-8Zn-3Bi의 리플로우 후 초기 시편에서도 모드 I의 파단이 관찰되었다. 보다 확실한 파단 모드 분석을 위하여, 모드 I시편에 대한 파면 분석을 수행하였다.

Fig. 6은 모드 I의 파면 분석 결과를 나타낸 것이다. Fig. 6(a)의 파면 외각의 평탄한 3면은 솔더볼 내로 jaw가 삽입될 때 생성된 경계면이다. Fig. 6(b)는 (a)

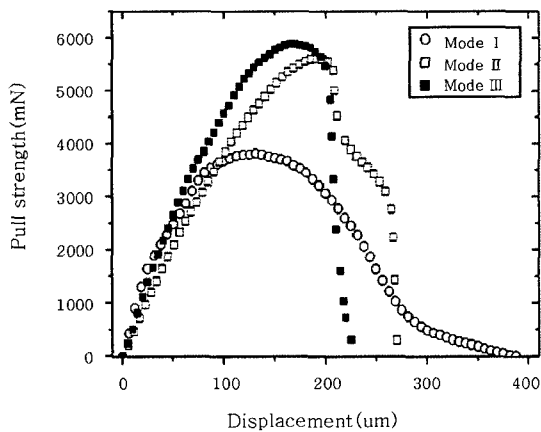


Fig. 5 Pull strength-displacement hysteresis curves from fracture modes

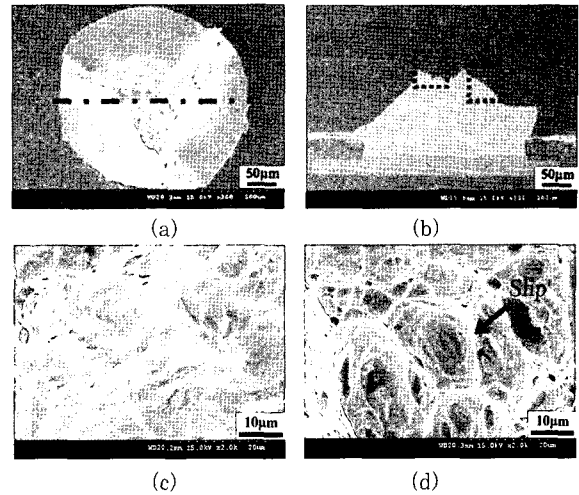


Fig. 6 Fractographic analysis of Mode I (Sn-4Ag-0.7Cu, after 150°C, 300 hours aging)
 (a) Top view of the fracture surface
 (b) Cross-sectional view of the sample
 (c) Tearing
 (d) Voids and slip lines by vertical tension

에 나타난 파면의 단면 사진으로 파면에 대한 이해를 돕고자 삽입되었다. 파면분석 결과 경사면에서는 티어링에 의한 연성파괴 흔적이 확인(Fig. 6(c) 참조)되었으며, 파면 중앙부 공공(void) 주위에서는 수직 인장에 의한 연성파괴의 영향으로 판단되는 수많은 슬립이 관찰되었다(Fig. 6(d) 참조)⁸⁾.

3.2.2 모드 II

모드 II의 경우, Fig. 5에서 넥킹 이후 2번의 급격한 인장력 감소 구간을 가지는 특이한 파단모드를 나타내었다. 이는 파면 분석 결과, Au-Zn 금속간 화합물의 불규칙한 분포에 의한 계면파단과 티어링에 의한 연성파단이 복합적으로 나타났기 때문으로 사료된다. 이러한 파괴 메커니즘은 Sn-8Zn-3Bi 등온시효 300시간 이후 시편의 약 65%를 차지하는 것으로 관찰되었다.

Fig. 7은 모드 II에 의한 파면 및 EDX 분석 결과를 나타내고 있다. Fig. 7(a)는 모드 II에 의한 파면의 단면 사진이다. Fig. 7(b)의 중앙부에 분화구 형태로 보이는 부분은 EDX 맵핑 결과(Fig. 7(c~e) 참조), Au-Zn 금속간 화합물인 것으로 밝혀졌다.

일반적으로 고상 상태에서 급격한 금속간 화합물층의 성장은 부피감소 및 격자 변형 효과에 의한 솔더와 UBM(Under Bump Metallurgy) 계면에서의 응력 생성을 야기 시키는 것으로 보고되고 있다^{9,10)}. 그러나, 본 실험에서는 리플로우 솔더링시 젖음성 향상 및 산화방지막의 역할로 도금된 0.5um 두께의 Au가 리플로우 과정 동안 용융 솔더 내로 용해되면서 Au-Sn 금속간

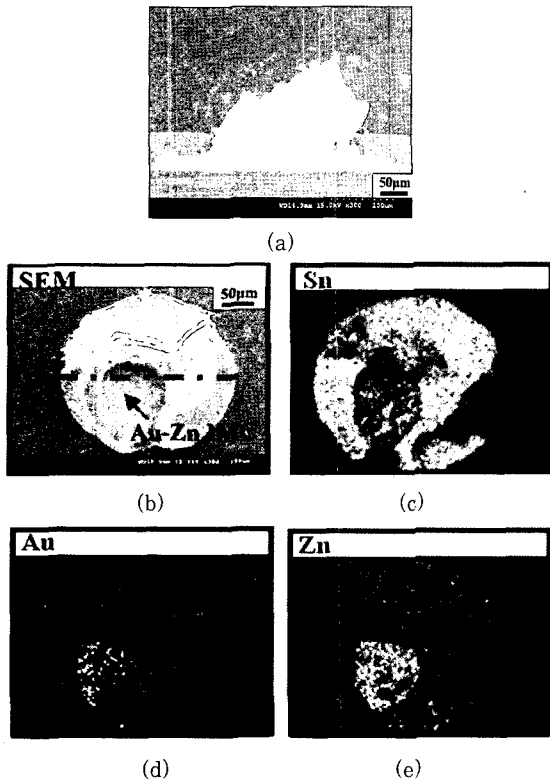


Fig. 7 Fractography analysis of Mode II (Sn-8Zn-3Bi, after 150°C, 300 hours aging)
 (a) Cross-section
 (b) Top view of fracture surface
 (c)~(e) EDX analysis

화합물 대신¹¹⁾, Au-Zn간 금속간 화합물이 솔더 하단 중앙부에 생성되었으며, 이것이 솔더와 금속간 화합물 간의 계면 파단에 결정적인 영향을 준 것으로 판단된다.

3.2.3 모드 III

모드 III의 경우, Fig.5로부터 최대 당김강도 지점 이후 급격한 단면적 감소에 의한 당김강도의 감소 경향이 나타났다. Fig. 8(a)의 파면 분석을 통해, Sn-8Zn-3Bi 등은 시효 300시간 이후 시편의 약25% 가 모드 III와 같은 파괴모드를 보인다는 것을 확인하였다. 특히, Fig. 8(b)의 파면 단면 사진과 Fig. 8(c, d)의 EDX 분석을 통해, 모드 II와 마찬가지로, Au-Zn 금속간 화합물이 계면파단에 영향을 미치고 있으나, 계면 파단이 파단면의 약 90% 이상을 차지하고 있음을 확인할 수 있었다.

3.3 등온시효처리 후 솔더 조성별 볼 당김강도와 미세조직 관찰

Fig. 9에는 등온시효 처리 시간 및 온도, 솔더 조성에 따른 솔더볼 당김강도 값을 나타내었다.

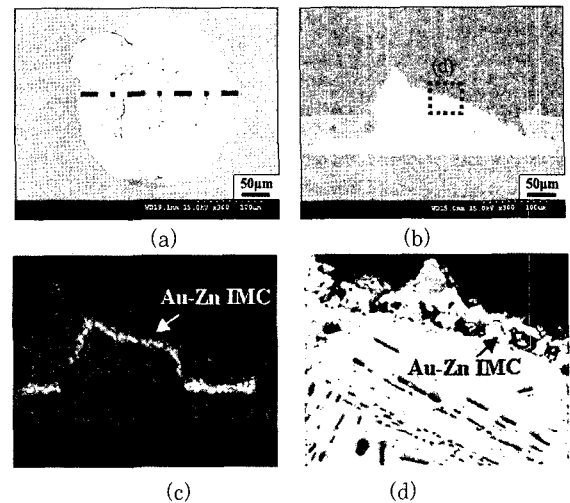


Fig. 8 Fractographic analysis of Mode III (Sn-8Zn-3Bi, after 150°C, 300 hours aging)
 (a) Top view of fracture surface
 (b) Cross-sectional view of fracture surface
 (c) Au-Zn distribution in the solder(EDX mapping)
 (d) Cross-sectional view of Au-Zn IMC

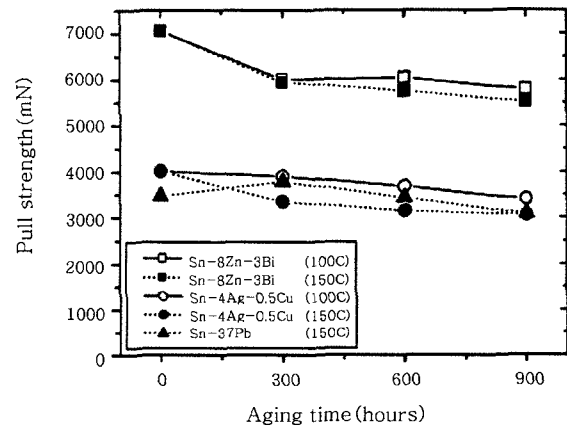


Fig. 9 Pull strengths of three types of balls by aging times and temperatures

리플로우 후 초기 당김강도는 Sn-8Zn-3Bi, Sn-4Ag-0.7Cu, Sn-37Pb의 순으로 나타났다. 특히 Sn-8Zn-3Bi 솔더의 초기 당김강도 값이 큰 이유는 3 wt% Bi의 첨가로 인해 솔더 자체의 강도가 증가되었기 때문으로 판단된다.

Table 2에는 등온 시효 온도 및 시간에 따른 각 솔더 조성별 파단 모드를 나타내었다.

3.3.1 Sn-8Zn-3Bi

Sn-8Zn-3Bi 솔더의 100°C, 150°C 등온시효처리 후 당김강도 분석 결과, 강도는 초기 7053mN에서 300시간 시효처리 후 각각 6002mN, 5940mN으로 약15% 전후의 감소를 나타내었다. 이는 Sn-8Zn-3Bi

Table 2 The fracture modes of solders by the aging times and temperatures

Solder Aging Temp.(°C)	Aging Time (hour)			
	As Reflow	300	600	900
Sn-8Zn-3Bi (100)	M I	Mix*	Mix*	Mix*
Sn-8Zn-3Bi (150)	M I	Mix*	Mix*	Mix*
Sn-4Ag-0.7Cu (100)	M I	M I	M I	M I
Sn-4Ag-0.7Cu (150)	M I	M I	M I	M I
Sn-37Pb (150)	M I	M I	M I	M I

MI is the Mode I. Mix* is the mixture of Mode II and III

솔더의 경우, 초기 모드 I의 연성파단 모드에서 300시간 이후 모드 II와 모드 III의 Au-Zn 금속간 화합물의 계면파단으로 파괴 메커니즘이 변화되었기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 10에는 Sn-8Zn-3Bi솔더 초기시편(as reflowed)의 Au-Zn금속간 화합물 분포를 나타내었다.

Fig. 10(a-f)EDX 맵핑 결과로부터, 등은 시효 초기에는 Au-Zn간 금속간 화합물이 솔더와 패드 계면에 존재하기 때문에, Au-Zn금속간 화합물이 파단모드에 직접적인 영향을 미칠 수는 없었으나, 시효처리 300시간 이후부터는 솔더 내부로 확산되어 생성된 Au-Zn금속간 화합물과 솔더와의 계면에서 파단이 발생하는 것을 확인할 수 있었다(Fig.8 참조). 또한, 초기와 등은 시효 300시간 이후의 파면 분석 결과(Fig. 10(g, h) 참조), 시효처리에 따른 파면 미세조직의 뚜렷한 변화는 관찰되지 않았다. 따라서 등은시효 300시간 이후의 당김강도의 감소는 파단 모드의 변화에 따른 결과로 판단된다.

3.3.2 Sn-4Ag-0.7Cu

Sn-4Ag-0.7Cu, 등은시효온도100°C의 경우, 시효시간의 증가에 따른 당김강도의 변화는 관찰되지 않았으나, 등은시효온도150°C의 경우에는, 초기 당김강도 4015mN 에서 300시간 시효처리 후 3351mN로 약 17% 정도의 당김강도의 감소가 있었다. 즉, 상대적으로 낮은100°C에서 등은시효 처리된 시편보다 등은시효 온도150°C의 시편에서 미세조직의 조대화가 더욱 빠르게 일어났기 때문인 것으로 사료된다. Fig. 11에는 Sn-4Ag-0.7Cu 시편의 등은 시효 온도 및 시간에 따른 미세조직의 변화를 나타내었다.

Sn-4Ag-0.7Cu 100°C 등은시효 시편의 경우, 시간의 경과에 따른 미세조직의 변화는 미미하였다. 하지만, 150°C 등은 시효 처리의 경우, 등은 시효 300시간 후, 미세조직의 조대화가 상당히 진행되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 즉, Fig. 9 에서 나타난 Sn-4Ag-0.7Cu

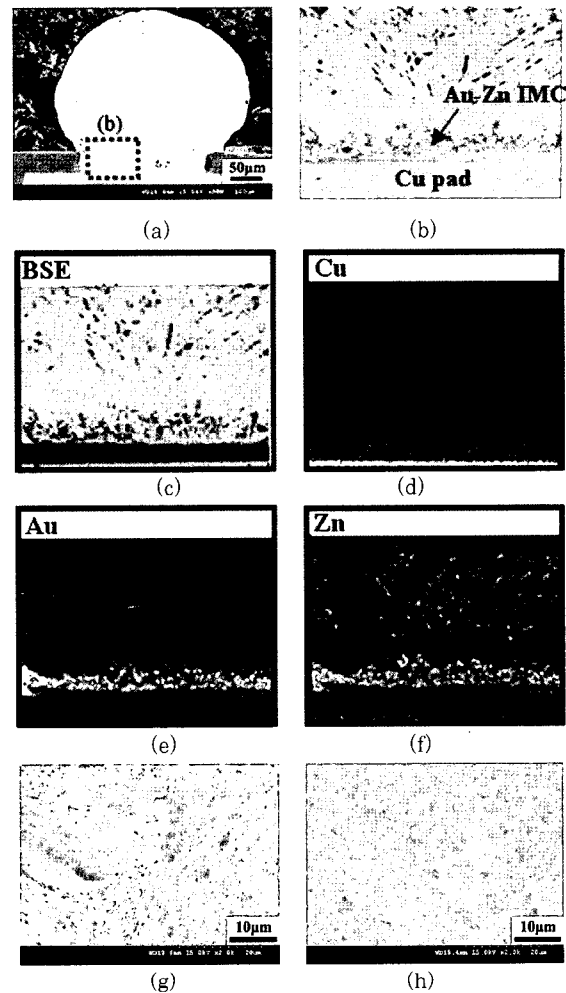


Fig. 10 Distribution of elements in as reflowed Sn-8Zn-3Bi solder and fractured surfaces.

- (a) Cross-sectional view
- (b) Cross-sectional view
- (c) Back scattered electron image of fracture surface
- (d)~(f) EDX analysis
- (g) Fractography of Sn-8Zn-3Bi solder (as reflowed)
- (h) Fractography of Sn-8Zn-3Bi solder(150°C, 300 hours aging)

(150°C, 300시간)의 당김강도의 감소(약 17%)는 미세조직의 급속한 조대화에 의한 영향인 것으로 사료된다. 또한, Sn-4Ag-0.7Cu솔더의 파단모드는 모드 I이었으며, 시효온도 및 시간의 변화에 따른 파단모드의 변화는 관찰되지 않았다.

3.3.3 Sn-37Pb

Sn-37Pb솔더의 파단모드는 Sn-4Ag-0.7 Cu와 마찬가지로 모드 I이었으며, 시효온도 및 시간의 변화에 따른 파단모드의 변화는 관찰되지 않았다.

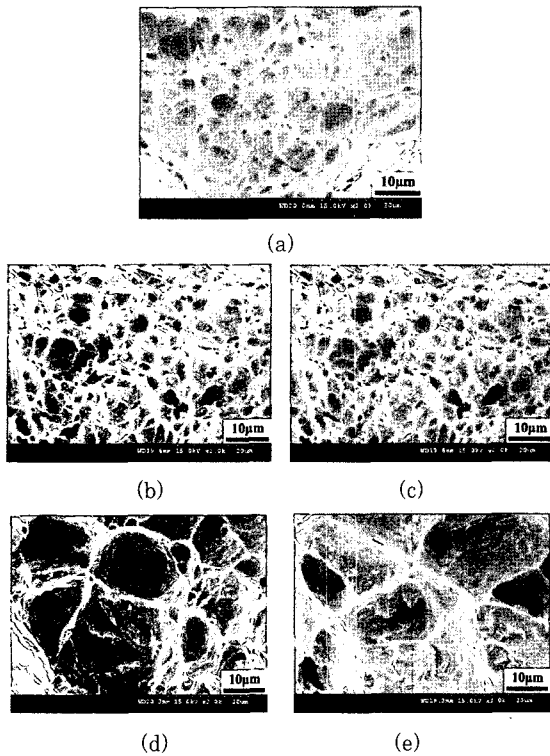


Fig. 11 Micro-structural analysis of Sn-4Ag-0.7Cu solder after isothermal aging
 (a) As reflowed
 (b) 100°C, 300 hours aging
 (c) 100°C, 900 hours aging
 (d) 150°C, 300 hours aging
 (e) 150°C, 900 hours aging

4. 결 론

1) 최적 jaw 압력을 실험적으로 결정하였으며, 고정 당김 속도(0.2mm/sec), 램 높이(0.045±0.005mm)에서의 최적 jaw 압력은 0.15MPa 이었다.

2) 당김강도와 변위 이력 곡선 분석 결과, Sn-8Zn-3Bi의 경우에는 Au-Zn IMC의 영향에 의해 재료항복 후 파단까지의 변형이 다른 두 솔더에 비해 급격히 빠르게 진행되었다 반면 Sn-4Ag-0.7Cu와 Sn-37Pb의 경우, 비교적 안정화된 이력 곡선을 보였으며, 시효시간 경과에 따른 소성변형에 대한 저항력이 Sn-8Zn-3Bi 보다 상대적으로 우수하다는 결론을 얻을 수 있었다.

3) 솔더별 등온시효처리 후 당김강도 분석 결과, Sn-8Zn-3Bi솔더의 경우, 온도와 무관하게 등온시효 300시간 후, 초기치 보다 약15~16%의 강도값의 감소를 보였다.

4) Sn-4Ag-0.7Cu, 150°C의 당김강도는, 300시간 후 초기치 보다 약 17% 감소하였으며, 이는 미세조직의 조대화가 시효온도에 비례하여 진행되었기 때문인 것으로 판단된다.

5) 파면 분석 결과, Sn-8Zn-3Bi의 경우, Au-Zn 금속간 화합물이 시효처리로 인해 솔더 내부로 확산되어 이로 인해 파괴가 일어남을 확인할 수 있었다. 이를 통해 Au-Zn 금속간 화합물이 당김 강도 및 파단모드에 영향을 미치는 주요한 인자 중 하나라는 새로운 결론을 도출할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부 청정생산기술사업 “전자제품의 무연 Soldering 양산 기술 개발 (과제번호: 10006867)” 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Rao R.Tummala et al. : Fundamentals of Microsystems Packaging, McGRAW-Hill, 2-43.
2. Xingjia Huang, et al. : Characterization and Analysis of the Solder Ball Shear Testing Conditions, Proceedings of the 51st ECTC, 1065-1071
3. Richard J.Coyle and Patrick P.Solan : The Influence of Test Parameters and Package Design Features on Ball Shear Test Requirements, Proceedings of the 26th IEEE International Electronics Manufacturing Symposium, 168-177.
4. Robert Sykes and Rabans Lane : Pull Testing of Solder Balls on BGA and CSP Packages Without Reflow
5. Richard J.Coyle and Anthony J. Serafino : Ball Shear versus Ball Pull Test Methods for Evaluating Interfacial Failures in Area Array Packages, SEMI IEEE International Electronics Manufacturing Technology Symposium, 2002, 200-205
6. Robert Sykes : Cold Bump Pull for BGA and Miniature BGA Packages, Dage Technical Informer, Dage Precision Industries, Ltd., England
7. JESD22-B117, 2000 : Test Method for BGA Ball Shear, JEDEC 14.1 Test Methods Subcommittee, JEDEC Solid State Technology Association, Arlington, VA.
8. Kang Chung Yun : Fracture Mechanism and Micro-Practography: Ductile Fractured Surface, Journal of KWS, 21-7, 4-8.
9. H.G.Song et al.: Au-Ni-Sn Intermetallic Phase Relationships in Eutectic Pb-Sn Solder Formed on Ni/Au Metallization, Journal of Electronic Materials, 30-4, 409.
10. Z.Mei, M. Kaufmann, A.Eslambolchi, P.Johnson : Brittle interfacial fracture of PBGA packages soldered on electroless nickel/immersion gold, Proceedings of the 48th Electronic Components and Technology Conference, Seattle, Washington, USA, IEEE, 25-28(1998), 952-961
11. Paul Harris, "Interfacial Reactions of Tin-Zinc-Bismuth alloys," Soldering Surface Mount Technol. 11-3, 46