

무연 솔더바에 대한 신뢰성 평가기준에 관한 연구

최재경 · 박재현¹ · 박화순 · 안용식*

부경대학교 신소재공학부, ¹포항산업과학연구원

Reliability Appraisal Standard for Lead-free Solder Bar

Jai-Kyoung Choi, Jai-Hyun Park¹, Hwa-Soon Park, and Yong-Sik Ahn*

Dept. of Materials Sci. & Eng, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

¹Research Institute of Industrial Science & Technology, Pohang 790-600, Korea

초 록 : RoHS, WEEE 등에서의 각종 환경문제에 대한 제약으로 Pb의 사용에 대한 규제가 점차 증가하고 있다. 따라서 무연 솔더에 대한 관심이 증폭되고 있으며, 마이크로 전자공학 산업에서 무연 솔더를 사용하기 위해서는 여러 가지 새로운 신뢰성 평가기준을 요구한다. 예를 들어 높은 온도공정을 만족하는 패키지, 새로운 솔더가 야기하는 복잡한 기계적 고장, 그리고 제품 수명을 최대한 유지시켜 줄 수 있는 무연 솔더 소재의 선택을 포함한다. 본 연구에서는 국내산 솔더바 소재를 사용하여 접합부의 기계적 특성 및 젖음성, 퍼짐성 등의 품질평가 방법을 해외규격과 비교하여 시험하고 새로운 평가기준을 찾고자 하였다. 젖음성 및 퍼짐성 시험 결과 Sn-0.7Cu 무연 솔더 소재는 평가기준을 충분히 만족하였다. 또한 이 소재를 사용한 솔더 접합부의 전단시험 결과, 열충격 및 고온방치 시험 후에도 솔더링 상태의 초기강도와 비교하여 접합부의 전단강도가 크게 저하하지 않은 상태에서 기준치를 크게 상회하였다.

Abstract: The growing environmental regulation governs the use of lead by RoHS, WEEE, and then. The electronic industry is moving to replace Pb-bearing solder with Pb-free solder. To use the Pb-free solder, microelectronic industry needs consequently the new reliability appraisal such as the packaging for high temperature process, various mechanical change caused by new solder, and the development of Pb-free solder for long life of product. The evaluation of solder bar and mechanical properties of joint were performed compared with international standard, and new appraisal standard was established. The solderability and spread ability of Sn-0.7Cu solder material showed up to the standard. Shear test of solder joint using by the solder resulted that the shear strengths after thermal shock or after aging were not much lower than the shear strength of as-soldered and that they were also up to the standard.

Key words : Lead-free Solder Bar, Standard, Reliability, Shear strength

1. 서 론

솔더링 공정은 주로 전자 부품의 접합에 사용되며, 솔더 접합부는 기계적인 강도뿐만 아니라 전기적으로 전자 부품과 회로의 통전을 가능하도록 하는 역할을 한다. 최근 환경 문제로 인하여 Pb가

첨가되지 않은 무연 솔더를 개발하는 연구가 진행되고 있으며, Sn-Ag 또는 Sn-Cu 등의 합금이 기존의 Sn-Pb를 대체할 수 있는 유망한 합금으로 알려져 있다. Sn-Ag 솔더는 Sn-Pb 솔더 보다 기계적 강도는 높지만, 용융 온도가 높은 등의 단점이 있기 때문에 합금원소를 추가로 첨가하여 단점을 보완

*Corresponding author
E-mail: ysahn@pknu.ac.kr

하는 연구가 재료 분야에서 활발하게 수행되고 있다. Pb첨가없이 새롭게 개발되고 있는 다양한 종류의 무연 솔더는 Sn을 포함하며, 일부 무연 솔더는 실용화 되어 있다.

전자 부품을 회로판에 접합하기 위한 대표적인 방법으로는 PTH(Pin-Through-Hole)에 사용되는 웨이브 솔더링(wave soldering)법과 SMT에 사용되는 리플로우 솔더링(reflow soldering)법들을 들 수 있으며, 최근 CO₂와 NdYAG 레이저를 이용한 레이저 솔더링 방법이 개발되어 일부 적용되고 있다. 웨이브 솔더링법은 전자 부품이 PTH로 장착된 기판이 솔더배스(solder bath) 위로 지나갈 때 용융 솔더의 웨이브(wave)를 발생시켜 솔더가 부품의 핀(pin)과 구멍을 따라 올라가며 접합부를 형성한다.¹⁾

이상과 같이 웨이브 솔더링 공정에 사용되는 솔더 소재로서 솔더바(solder bar)가 있으나, 솔더바에 관한 연구는 부족한 실정이다. 볼(ball), 와이어(wire), 페이스트(paste) 및 바솔더(bar solder) 모두 국내에선 규격이 체계적으로 표준화되지 않고 있어 각각의 형상에 따른 솔더 소재들에 대한 규격화가 필요하다. 본 연구에서는 솔더바 규격화 시험에서 국내산 바 솔더를 사용하여 품질을 테스트하고, 해외의 규격 항목을 참고하여 국내 규격의

표준을 설정하기 위한 최적의 조건을 구하는데 그 목적이 있다.

2. 실험방법

2.1 품질평가

본 시험에서는 국내산 Sn-Cu계 무연 솔더바(모델 : LFC7) 소재를 사용하였고, 시험횟수는 각 항목별로 10회씩 실시하였다. 실험에 참고한 솔더재료 및 접합부의 평가항목에 대한 해외의 규격들은 표 1에 나타내고 있다.

(1) 인장시험

예비시험 시에는 Sn-3,0Ag-0.5Cu를 녹인 용탕을 135°C, 180°C, 220°C로 서로 다르게 예열된 몰드에 주입하여 인장시험편을 제작하여 인장강도를 비교하였다. 예비시험의 결과를 토대로 Sn-0.7Cu 소재를 사용한 본 실험에서는 180°C±10°C로 몰드를 예열하여 용융솔더를 주입하여 제작하였다. 시험방법은 KS D 6704규격의 인장강도 시험 규격에 따라 그림 1(a)와 같이 시험부 직경 10 mmφ, 표점길이 50 mm의 봉재 시험편을 사용하였으며,²⁾ 그림 1(b)와 같이 동일 조건에서 5개씩의 인장시험편이 주조되었다.

Table 1. The standards of foreign countries.

Standard	Country	Contents
JIS Z 3198-1	Japan	Measuring of melting temperature
JIS Z 3198-2	"	Tensile test
JIS Z 3198-3	"	Spread test
JIS Z 3198-4	"	Wetting balance test
JIS Z 3198-6	"	45° pull test of solder joints on QFP lead
JIS Z 3198-7	"	Shear strength of solder joints on chip components
IEC 600068-2-14	International	Thermal Shock
IEC 600068-2-69	"	Wetting balance test
JESD22-A100-B	"	Cycled Temperature-Humidity-Bias Life Test
JESD22-A104C	"	Temperature Cycling
JESD22-A106B	"	Thermal Shock
IPC-A-610C	"	Joint observation
MIL-STD-202C-107	America	Thermal Shock
MIL-STD-202F-108	"	Life Test(at elevated ambient temperature)

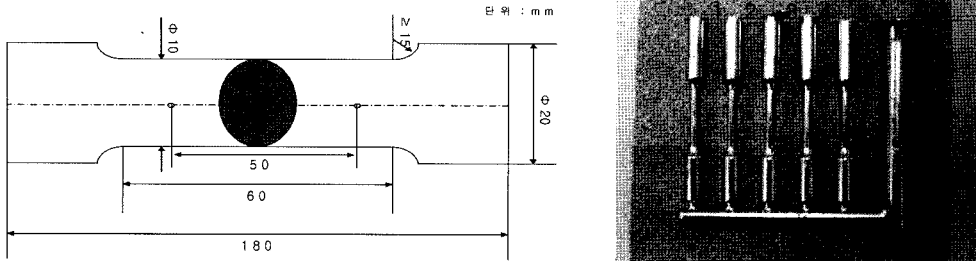


Fig. 1. The Geometry of tensile specimen and the casted solder material.

(2) 젖음성(solderability) 시험

젖음성 시험의 평가는 규정온도로 가열된 용융 솔더 용기(bath)중으로 시험편을 일정 속도로 일정 깊이까지 침적한 상태에서, 시험편에 가해지는 부력과 젖음력(젖음 개시 후의 표면 장력에 의해 시험편에 작용하는 힘)을 측정하여, 그 작용력 대 시간 곡선(그림 2)을 해석하는 것에 의해 평가하는 메니스코그래프(wetting balance)시험을 이용하였다. 실제 시험 시 구리판을 용융솔더에 침지한 후 평가하였다. 평가기준은 IEC 600068-2-69 규격을 참고하여 영점시간(Zero cross time, T_0)은 3초 이내, 젖음력은 2 mN이상으로 하였다. 시험방법은 JIS Z 3198-4 기준에 따라 용융조의 온도는 $260 \pm 5^\circ\text{C}$, 플럭스는 R형(type)이었다. 그림 3의 과정과 같이 규격 $0.3 \times 10 \times 30 \text{ mm}^3$ 의 동판 시험편을 플럭스에 60초 간 적신 후 용융솔더에 10초간 침적(dipping) 후 당김(pulling)하여 젖음력을 측정하였다. 이 때 침적깊이(dipping depth)는 2 mm, 침적속도(dipping speed)는 2~5mm/min 으로 하였다.²⁻⁴⁾

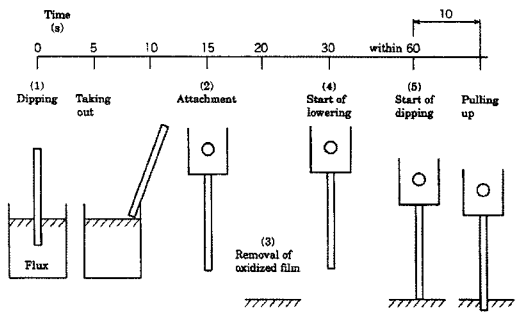


Fig. 3. Time sequence explanation figure of test operation items.

(3) 퍼짐성(spread ability)시험

JIS Z 3198-3 규격⁵⁾을 참고하여 시험하였고, 기준은 퍼짐성지수가 50이상 되어야 한다고 정하였다. 본 연구에서는 동일 조건에서 10회씩 반복 실시하였다. 플럭스는 R-type을, 솔더의 양은 0.3 g으로 하였다. 솔더의 퍼짐성 시험은 그림 4와 같이 구리판재 위에서 용점+30°C의 온도로 1분간 유지 후 퍼짐전과 퍼짐후의 높이비로 결정하였다. 퍼짐성지수(S)의 계산식은 다음과 같다.

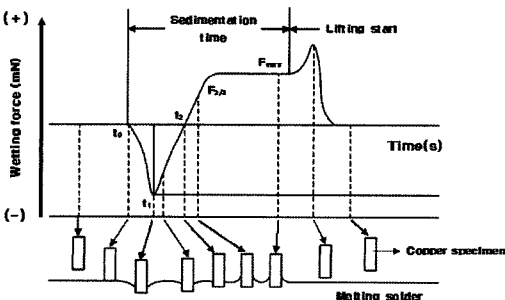


Fig. 2. Meniscograph method (wetting balance).

$$S = \frac{D-H}{D} \times 100(\%)$$

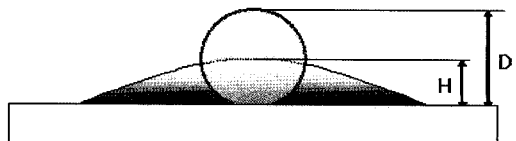


Fig. 4. Schematic figure of the spread ability test method.

단, H: 퍼진 후 솔더의 높이(mm)
 D: 실험에 사용한 솔더를 구(球)로 만들었을
 경우의 직경(mm)
 $D=1.24V^{1/3}$ (V: 구의 부피)

2.2 기계적 특성 평가

(1) 접합부 시료제조 및 샘플링
 접합될 대표적인 패키지의 종류(그림 5) 및 PCB
 기판(크기 : 70× 100 mm) 및 lead의 종류 등은 표
 3에 나타내었다. 접합부 제조조건 등은 사용자에게

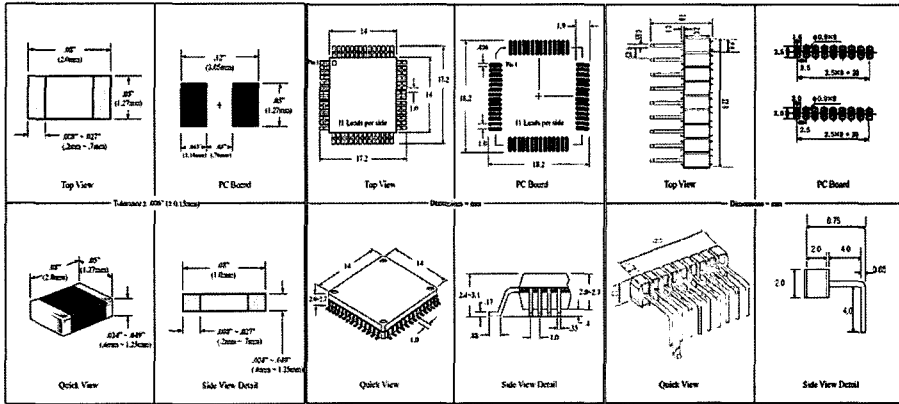


Fig. 5. Geometry of the components

Table 3. Specification of materials used for tests

		Package	QFP
Lead	Frame material		Cu, Kovar alloy 42
	Plating material		Ni-Pd, Sn-2.0Cu, Sn-0.3Bi
	Plating thickness		5~16 μm
	Materials		PCB(Print Circuit Board) FR-4
PCB substrate	Thickness		1.6 mm
	Surface treatment		Ni: 2.54~7 μm Au : <0.7 μm
		Package	MLCC(Chip)
Lead	Plating material		100Sn
	Plating thickness		3~4 μm
	Materials		PCB(Print Circuit Board) FR-4
	Thickness		1.6 mm
PCB substrate	Surface treatment		Ni: 2.54~7 μm Au : <0.7 μm
		Package	Connector
Lead	Frame material		Cu, Kovar alloy 42
	Plating material		Ni-Sn, Sn
	Plating thickness		Ni-Sn → Ni : 1.3 μm >, Sn : no rule Sn → Sn : 7.5 μm >
	Materials		PCB(Print Circuit Board) FR-4
PCB substrate	Thickness		1.6 mm
	Surface treatment		Ni: 2.54~7 μm Au : <0.7 μm

따라 달라질 수 있으므로 특별히 규정하지는 않으나 본 연구에서는 Sn-0.7Cu 조성의 플로우 프로파일(flow profile) 예열구간은 $100 \pm 5^\circ\text{C}$, 피크온도는 $255 \pm 5^\circ\text{C}$, 침지시간 4 ± 1 초, 속도 1.0~1.4 m/min, 플럭스는 RMA형(type)을 사용하였다. 단, QFP 및 칩 부품의 경우 플로우 솔더링 전에 본딩재를 이용 사전접착을 하였다. 샘플링 시료는 대표성을 갖는 로트(lot)에서 채취한 솔더를 이용한 접합부에 평가하고 평가시험은 최소 10개 이상의 기관시료를 사용하였다.⁶⁻⁷⁾

(2) 접합부 표면 및 내부 관찰

표면관찰실험의 경우 QFP, MLCC, connector 접합부의 솔더 표면을 현미경으로 관찰하여, 편홀, 균열 등의 결함 유무를 확인하였고, 내부관찰 실험의 경우 IPC-A-610C 기준을 참고하여 관찰하였다. 시편은 커넥터를 사용하였으며 젖음각도, 젖음면적 및 내부 충전 정도(외관, 필렛 높이)를 파악하였다.⁸⁾

(3) 접합강도평가

QFP는 JIS Z 3198-6⁹⁾에서 정한 규격으로 그림 6(a)에서 나타낸 바와 같이 시험하였고, 커넥터(Connector)의 경우 기판을 고정한 상태에서 강도기를 사용하여 커넥터의 솔더링부가 파괴되어 분리될 때까지 압축력을 가하여 기판과 부품간의 압축 강도를 측정하였다(그림 6(b)). 그리고 MLCC(Chip)는 그림 7에서 나타낸 바와 같이 전단시험표준화의 시험방법¹⁰⁾을 적용하였다.

(4) 열충격(thermal shock)시험

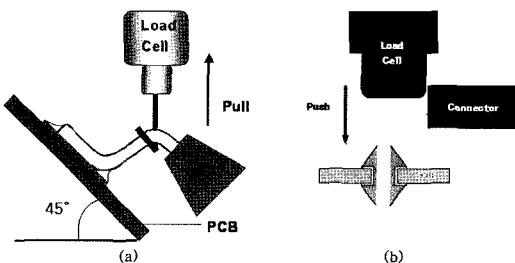


Fig. 6. Joint strength evaluation by (a) QFP(pull test) and (b) Connector(push test).

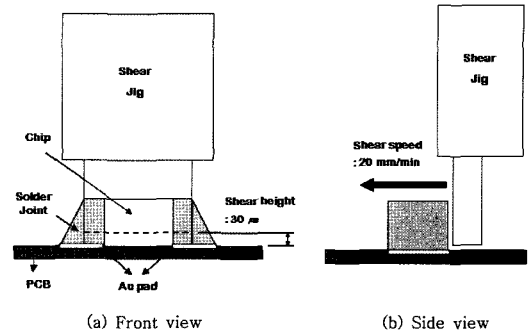


Fig. 7. Joint strength evaluation by chip shear test.

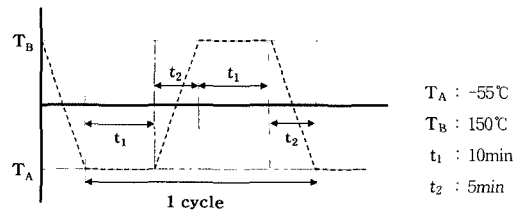


Fig. 8. Thermal shock test method.

전자부품의 접합부가 반복되는 온도 변화를 받을 때, 접합부를 구성하는 재료의 파괴를 측정하는 시험으로서 시험방법은 그림 8에서 나타나는 바와 같이 -55°C 에서 10분 유지, 5분 이내 승온, 150°C 에서 10분 유지, 5분 이내 냉각하는 과정을 1 사이클로 하고 총 1357사이클까지 반복하였으며, 구체적인 시험은 MIL-STD-202C-107규정에 따라 실시하였다.¹¹⁾

(5) 고온방치(high temperature aging)시험

기준은 열충격 시험과 같이 시험 후 초기 접합강도 대비 50% 이상으로 하였으며, 시험방법은 100°C 에서 500시간 유지한 후 강도변화를 측정하였고, 구체적인 방법은 MIL-STD-202F, Method 108A(고온시험방법)¹²⁾을 따라 수행하였다. 표 4는 참고한 MIL 규격의 조건을 나타내고 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Solder bar의 품질평가

(1) 인장시험결과

Sn-3.0Ag-0.5Cu 소재를 사용한 예비실험 결과,

Table 4. MIL-STD-202F (Method 108A)¹²⁾

Temperature and tolerance		Temperature and tolerance	
°C	°F	°C	°F
70±2	(158±3.6)	150±3	(302±5.4)
85±2	(185±3.6)	200±5	(392±9)
100±2	(212±3.6)	350, tolerance as specified.	(662, tolerance as specified.)
125±3	(257±5.4)	500, tolerance as specified.	(932, tolerance as specified.)

Test condition name	Length of test, hours	Test condition name	Length of test, hours
A	96	G	3,000
B	250	H	5,000
C	500	I	10,000
D	1,000	J	30,000
E	1,500	K	50,000
F	2,000		

인장 강도는 몰드의 예열온도가 135°C>180°C>220°C의 순으로 나타났고, 연신율은 180°C>200°C>135°C의 순으로 나타났다(그림 9(a, b, c)). 예비실험을 참고하여 Sn-0.7Cu 소재를 사용한 본 실험에서는 180°C로 몰드를 예열하여 사용하였으며 그 결과 인장강도는 약 25~30Mpa 정도로 Sn-

3.0Ag-0.5Cu계 보다 10MPa 정도 낮게 나타났다.(그림 9(d)) 원인을 분석하기 위해 광학현미경으로 인장시편의 단면조직을 관찰하였다. 그림 10에서 나타내는 바와 같이 Sn-3.0Ag-0.5Cu 주조시편의 경우 셀 수지상이 보이지만 Sn-0.7Cu 주조시편의 경우에는 나타나지 않았다. 또한 Sn-0.7Cu의 조직은

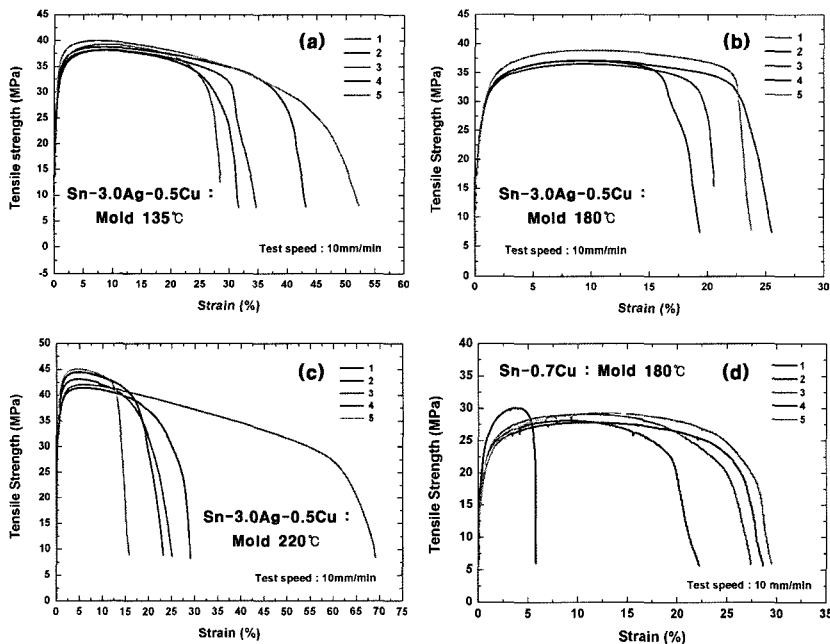


Fig. 9. Tensile strength of Sn-3.0Ag-0.5Cu and Sn-0.7Cu.

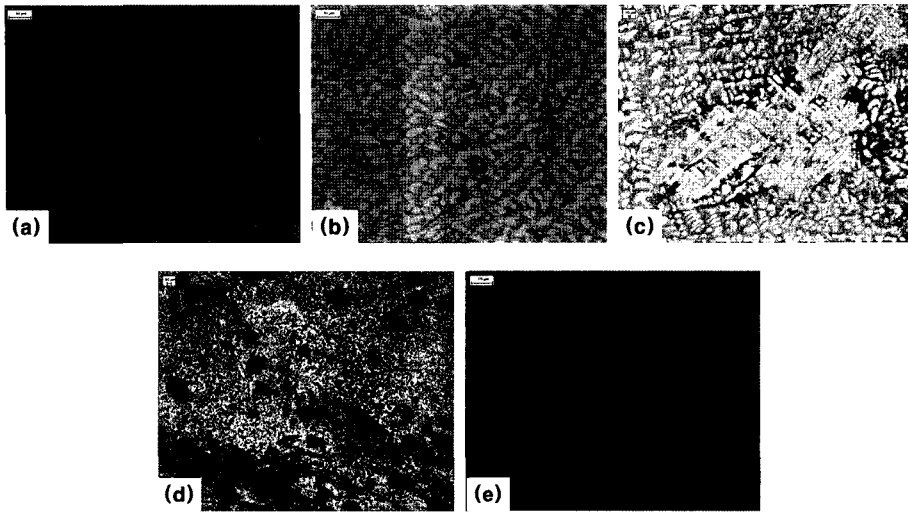


Fig. 10. Microstructure photograph. Sn-3.0Ag-0.5Cu (a) mold 135°C, (b) mold 180°C, (c) mold 220°C, Sn-0.7Cu (mold : 180°C) (d) ×100, (e) ×500.

미세하지만 조밀하지 못하여 Sn-3.0Ag-0.7Cu에 비하여 낮은 강도를 얻는 것으로 판단되며 이는 Korehonen¹³⁾ 등의 시험결과와 잘 일치한다..

(2) 젖음성시험(spread ability test) 결과

그림 11은 젖음성시험을 10회 실시한 결과를 나타내고 있다. Sn-0.7Cu의 경우 평균 영점시간 0.4초, 젖음력 3.46mN으로 평가기준을 만족하였고, Sn-3.0Ag-0.5Cu의 경우 영점시간 0.4~0.5초, 젖음력은 3.6~3.8mN으로 역시 기준을 만족하였다. 보통 Sn-0.7Cu는 젖음성이 떨어지는 것으로 보고되어 있으나, 본 실험결과 Sn-3.0Ag-0.5Cu와 비교하

여 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

(3) 퍼짐성시험(spread ability test) 결과

그림 12는 Sn-0.7Cu 솔더소재의 퍼짐성 시험과정을 고온관찰장비를 사용하여 동영상을 촬영 후 편집한 사진을 나타내고 있다. 시험은 총 10회 실시하였고 퍼짐성은 평균 77.25%를 나타내어 평가기준을 만족하였다. 시험을 통해 알 수 있었던 사항으로, 솔더바 소재는 플럭스가 전혀 함유되어 있지 않은 상태이므로 플럭스를 적당량 뿌려주지 않은 시편의 경우엔 퍼짐 면적이 정상적인 경우보다 작거나 일반적으로 알고 있는 소재의 용점보다 더 높은 온도에서 녹기 시작하는 경향을 보였다. 따라서 시편의 산화를 방지하기 위해서는 플럭스의 양이 시편의 표면에 골고루 묻혀 질 수 있도록 해야 하며, Bondi의 연구¹⁴⁾에서도 언급된 바와 같이, 시험의 오차를 되도록 줄이기 위해선 정밀한 측정 장비를 사용하여 퍼진 후의 솔더 높이를 정확히 측정해야 할 필요가 있었다.

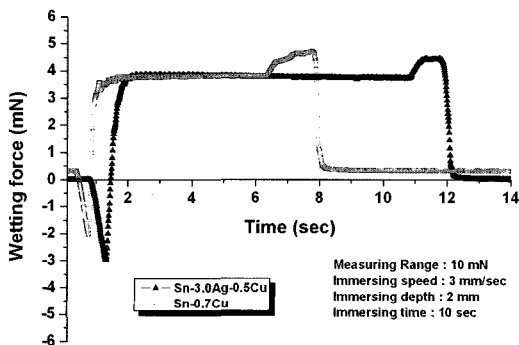


Fig. 11. Wetting balance test.

3.2 접합부의 기계적 특성 평가

(1) 접합부 표면 및 내부 관찰

IPC-A-610C⁸⁾에 따르면 젖음각(wetting angle)은 90° 미만이어야 하고, Au pad(도금부분) 주위의 젖음은 270°를 초과해야 하며, Hole 내부의 Solder

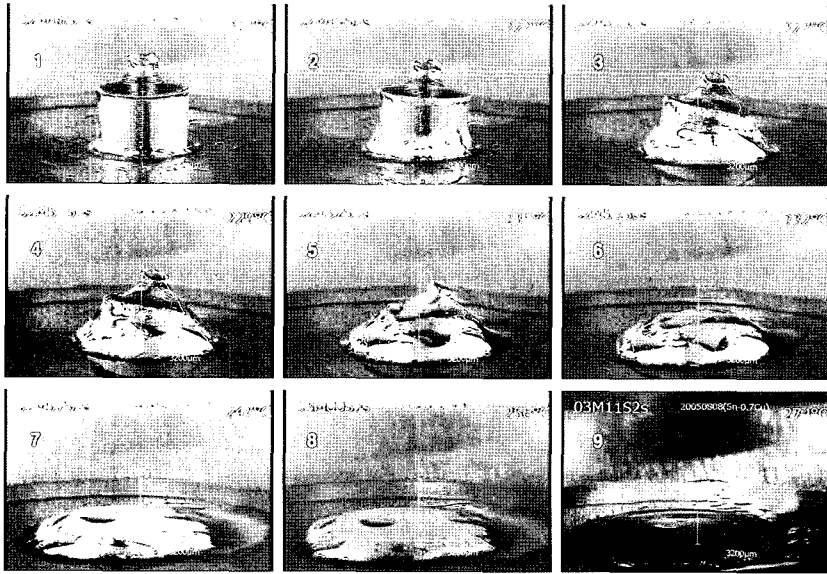


Fig. 12. Process spreading of the solder bar.

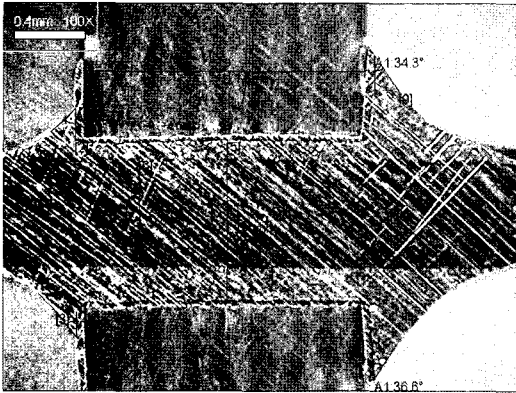


Fig. 13. Cross section photograph of connector.

깊이가 Hole 길이의 75% 이상이어야 양호한 접합 상태이다. 커넥터를 절단하여 단면을 관찰한 결과 그림 13에서 나타내는 바와 같이 wetting angle이 90° 미만이고 pad 주위의 젖음은 360° (270° 이상 합격)이며 solder 깊이 역시 100% 기준을 만족하였다. 접합부 표면은 SEM을 사용하여 관찰하였으며 외관상 결함은 나타나지 않았다. 웨이브 공정상의 문제로 잘 발생되는 PCB의 도금 패드(pad) 부위와 커넥터의 솔더 접합부간의 lift off 현상은 나타나지 않아 시험에 사용된 웨이브 프로파일은

적절하다고 판단된다.

(2) 접합강도평가(열충격 및 고온방치시험)

그림 14에서 보여주는 바와 같이 솔더링 상태(as-soldered)에서의 접합부 전단강도는 MLCC칩의 경우 98N(기준: 50N 이상), QFP의 경우 27N(기준: 5N 이상), 커넥터의 경우 35N(기준: 20N 이상)으로 모두 평가기준을 만족하였다.

열충격 및 고온방치시험에 관한 사항은 참고한 해외 규격에 나타나 있지 않아 평가기준을 본 실험의 온도조건과 cycle 수(시간)를 고려하여 솔더링 상태의 접합 강도 대비 50%이상으로 정하였다. 2012칩의 열충격시험의 경우(그림 14(a)) 시험전(as-soldered)의 평균 강도는 98N 이고 시험 후(after thermal shock)는 70N으로 저하된 강도값이 초기대비 50%이상이어서 기준을 만족함을 알 수 있었다. 마찬가지로 QFP는 시험 전 27N에서 열충격 후 22N(그림 14(b)), 커넥터는 시험 전 35N에서 열충격 후 25N(그림 14(c))으로 강도값이 모두 초기 솔더 접합부의 것의 50%를 훨씬 상회하였으므로 기준을 만족하였다고 할 수 있다. 고온방치시험 후(after aging)의 강도변화에 대한 경우, 그림 14(a)에서 보면 2012칩의 경우 솔더링 초기의 평균 강도는 98N이고 시험 후는 94N으로 초기대비

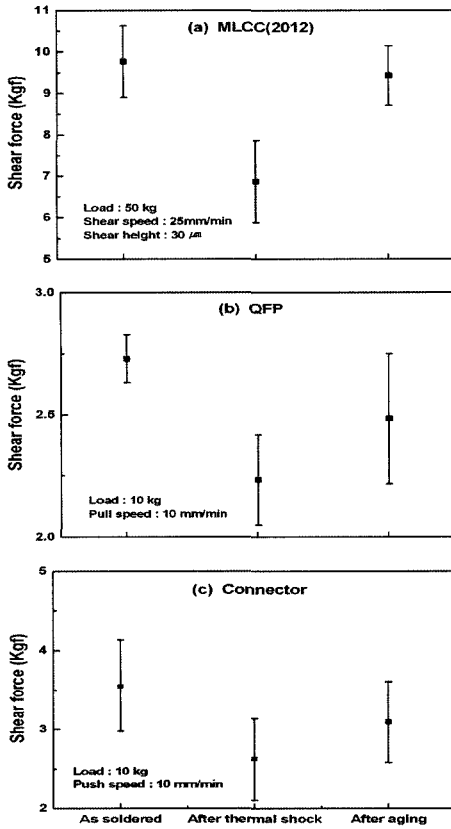


Fig. 14. Joint strength resulted from the various test methods at various test conditions.

강도값이 50% 이상이어서 기준을 만족함을 알 수 있다. 마찬가지로 QFP는 시험 전 27N에서 시험 후 25N, 커넥터는 시험 전 35N에서 시험 후 31N으로 강도저하가 모두 50% 이내로 기준을 만족하였다.

고온방치시험에서는 강도저하가 크지 않았다. 그러나 열충격시험 후 각 부품의 접합부 강도는 평가기준은 만족하였으나, 시험 후 강도값이 시험전과 비교하여 크게 저하한 것은 열충격 동안에 발생한 결정립 성장 또는 금속간 화합물의 형성 및 성장 등에 기인한 것으로 판단된다. 원인을 규명하기 위해 SEM 분석을 한 결과 그림 15와 16에서 나타난 바와 같이 1357 cycle의 열충격시험 후 솔더 접합부는 crack 발생이나 land 박리는 나타나지 않았다. 하지만 EDS 분석결과(표 5), QFP의 lead와 도금 pad 경계면에서 Cu_6Sn_5 , Cu_3Sn 등의 금속간 화합물들이 성장한 것을 관찰할 수 있었다. 500시간의 고온방치시험 후 관찰한 시편에서도 금속간 화합물이 발생하였으나 열충격시험 후 보다는 발생량이 적었다. 열충격시험편의 경우 전단, 압축, 당김 시험 시 접합부와 부품 lead부의 경계에서 파단이 발생하고 pad와 접합부간의 경계면에서는 파단이 발생하지 않았다. 이것은 pad와 접합부간의 계면에서 성장한 금속간화합물(Cu_6Sn_5/Cu_3Sn) 층에 비해 lead 경계면의 금속간화합물(Cu_6Sn_5) 층이 더 두껍고 취약하여 crack의 진행에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. Madeni 등의 연구¹⁵⁾에 의하면 Cu/Sn-0.7Cu계면에서 Cu_6Sn_5 가 Cu_3Sn 보다 더 불규칙하게 성장하여 계면의 접합강도를 저하시킬 수 있다고 하였으며 이러한 사실은 본 연구결과와 잘 일치한다.

열충격 시 고온(150°C)에 노출될 경우 칩(chip) 부품의 경우 Cu와 세라믹의 사이에 놓이는 솔더 주변의 열용량(열전도도차= 1×10^{-2} order)이 커지게 되어 승온이 어려워져 결정립 조대화가 발생하

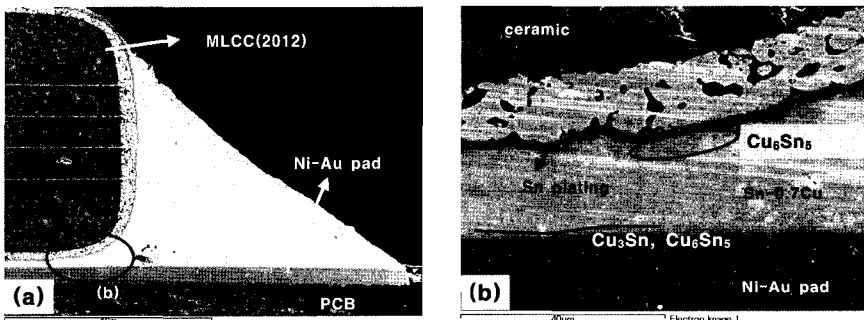


Fig. 15. SEM analysis of 2012 chip after thermal shock.

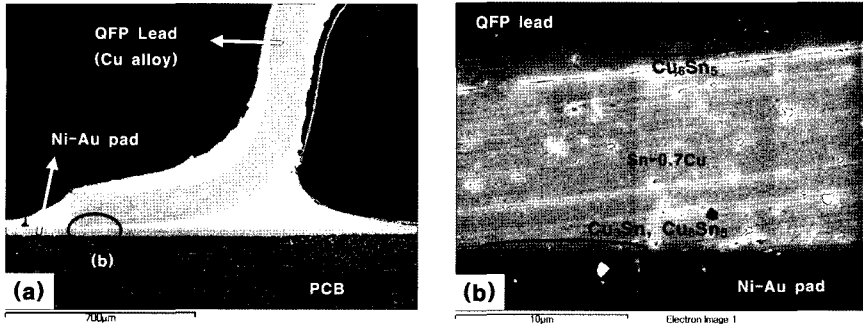


Fig. 16. SEM analysis of QFP after aging.

Table 5. EDS analysis result of Sn-0.7Cu solder joint.

Component	Element	Atom (%)	Wt (%)	
MLCC	base phase	Sn	72.49	83.12
		Cu	27.51	17.88
	boundary phase	Sn	60.59	73.4
		Cu	24.69	17.15
QFP	base phase	Sn	47.01	61.97
		Cu	52.99	38.03
	boundary phase	Sn	72.6	78.7
		Cu	24.93	19.51
		Ni	2.47	1.79

지 않게 된다. 반면에 QFP와 같이 IC리드(lead 재질: Cu)의 경우, Cu pad와 인접한 솔더가 Cu pad와 Cu 리드 사이에 아주 짧은 거리에 놓이게 되어 열전도도가 높은 Cu(열전도도차=1.0 order) 사이에서 솔더의 승온이 상대적으로 쉬워진다. 따라서 가열 시 기지상인 Sn의 재결정온도($\approx 0.5T_m$, 113.5°C)에 쉽게 접근하게 되어 조대화가 발생한다고 생각된다.^{1,16-19)}

본 연구에서 수행한 고온방치시험의 경우 강도차이가 초기와 비교하여 크게 나지 않았으므로 추가적으로 온도조건을 보다 가혹하게 하거나 시험시간을 증가시켜 관찰할 필요가 있다고 판단된다.

4. 결 론

이상과 같이 실험결과에 의해 도출한 무연 솔더

바의 평가방법에 대한 표준화 기준에 대한 결론은 다음과 같다.

1) 국내의 무연관련 표준규격이 없으므로 해외 규격을 참고하되 국내의 실정과 요구조건에 맞도록 그 범위를 조절해야 하며, 신뢰성을 만족하기 위해 최소 10회 이상을 기준으로 실시 하였다.

2) 주요한 인장시험의 시험결과 몰드의 예열온도가 135°C와 225°C의 경우에 비해 180°C일 때 비교적 높고 고른 강도 분포를 나타내었다.

3) 참고한 해외 규격의 평가기준에 의거하여 시험한 결과 국내산 무연 솔더바 Sn-0.7Cu는 인장시험을 제외한 모든 평가항목에서 기준치를 만족하였지만, 시험방법의 기준만 제시되어있는 규격도 있으므로 인장강도, 전단강도, 퍼짐성 및 젖음성 등의 평가기준은 따로 정해야 할 필요가 있다.

4) 접합부 강도 시험에서 초기 강도와 비교하여 열충격시험 후의 접합부 강도는 크게 저하하였으나, 고온방치시험의 경우 초기강도와 비교하여 큰 차이는 나타나지 않았다. 강도감소에 대한 이유는 열충격 동안 접합부에서 발생한 결정립 성장과 Cu₆Sn₅, Cu₃Sn 등 금속간 화합물의 발생 및 성장의 영향 때문으로 생각된다.

참고문헌

1. 유충식, 정종만, 김진수, 김미진, 이종연, "Sn-Cu-Ni 계를 이용한 Pb-free Wave Soldering의 공정 적용 및 신뢰성에 관한 연구", 마이크로전자 및 패키징학회지, 8, 47, (2001)
2. IEC 600068-2-69, Environmental testing - part 2 : Solderability testing of electronic components for surface mount technology by the wetting balance

- method, International Electro-mechanical Commission, (1995)
3. JIS Z 3198-4, Test methods for lead-free solders - Part 4 : "Methods for solderability test by a wetting balance method and a contact angle method", Japanese Standards Association, (2003)
 4. T. C. Pruitt, "A Repeatable Standard for Wetting Balance Evaluation", IPC Technical Review, July (1992)
 5. JIS Z 3198-3, Test methods for lead-free solders - Part 3 : "Methods for spread test", Japanese Standards Association, (2003)
 6. Ron Demko, "SMT Process Characteristics of AVX Transguards", AVX Corporation, <http://www.avxcorp.com>.
 7. Jrgen Friedrich, "Practical Experience in Lead-free Wave Soldering", ERSA GmbH, Wertheim, AKurtz Company, 15. 2009. 03/MEG-fi.
 8. IPC-A-610C
 9. JIS Z 3198-6, Test methods for lead-free solders - Part 6 : "Methods for 45° pull test of solder joints on QFP lead", Japanese Standards Association, (2003)
 10. 최재경, 박재현, 안용식, "Standardization of shear test method for lead-free solder paste chip joint (I)", 대한금속재료학회지, 44, 367, (2006)
 11. MIL-STD-202C-107
 12. MIL-STD-202F-108
 13. T. K. Korhonen, P. Turpeinen, L. P. Lehman, B. Bowman, G. H. Thiel, R. C. Parkes, M. A. Korhonen, D. W. Henderson, and K. J. Puttlitz, "Mechanical Properties of Near-Eutectic Sn-Ag-Cu Alloy over a Wide Range of Temperatures and Strain Rates", Journal of Electronic Materials, 33, 1581, (2004)
 14. A. Bondi, "The Spreading of Liquid Metals on Solid Surfaces", Chem. Rev, 52(2) 417 (1953).
 15. J. Madeni, S liu, T. Siewert, "Intermetallics formation and growth at the interface of tin-based solder alloys and copper substrates", 2nd Inter. Brazing and Soldering Conference(ISBC), Feb. 17-19, 2003, San Diego, California
 16. JIS Z 3198-7, Test methods for lead-free solders - Part 7 : "Methods for shear strength of solder joints on chip components", Japanese Standards Association, (2003)
 17. Y. G. Lee, J. G. Duh, "Phase Analysis in the Solder Joint of Sn-Cu Solder/IMCs/Cu Substrate", Materials Characterization, 42, 143 (1999)
 18. Jung-Sub Lee, Kun-Mo Chu, and Duk-Young Jeon, "Shear strength of Sn-3.5Ag solder bumps formed on Ni/Au and organic solderability preservative surface-finished bond pads after multiple reflow steps", J. Mater. Res., 20, 3088, (2005)
 19. P.G. Harris and K.S. Chaggar, "The role of intermetallic compounds in lead-free soldering", Solder. Surf. Mt. Tech. 10, 38, (1998)