Sn-3Ag-0.5Cu을 적용한 QFP 솔더 접합부의 크립특성에 관한 연구

Creep Characteristic of QFP Solder Joint using Sn-3Ag-0.5Cu

조 윤성*, 한 성원*, 김 종민*, 최 명기*, 박 재현**, 신 영의*
*중앙대학교 공과대학 기계공학부
** 포항산업과학 연구원 신뢰성 평가팀

ABSTRACT Sn-3Ag-0.5Cu is one of candidate as an alternative approach to conventional lead-tin solder. In order to evaluate that creep characteristic of QFP, we used Sn-3Ag-0.5Cu where the operating temperature is 100℃. The specimens were loaded to failure at average pull strength in the range of 20% to 25%. X-ray machine is used to eliminate effect of void. In this paper, relation of time-displacement and steady state creep rate was studied, and used to analyze the experimental result.

1. 서 론

주로 사용되는 솔더인 Sn-Pb계는 Pb의 유해성 때문에 미국 유럽 등에서는 Pb사용에 대해 EU의 납을 포함한 물질규제(RoHS/WEEE)가 비관세 무역장벽화 추세로 대두되었고, 이와 같은 환경규제에 대응하기 위해 각국에서는 유연 솔더를 대체할 수 있는 무연솔더에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

무연솔더는 융점에 따라 크게 고온계, 중온계, 저온계로 구분된다. 특히, Sn-3Ag-0.5Cu솔더는 중온계솔더중에 Sn-Pb계 대비 우수한 작업특성을 가지고 있어 유력한 양산후보합금으로 평가받고 있다.

크립은 재료에 용융점의 40%이상의 온도에서 일정하중을 가하게 되면, 시간과 더불어 변형이 일어나는 성질이다. 전자제품의 구성재료는 이종재료가 많고, 이종재료의 접합부는 구성재료의 응력완화로 응력을 흡수하여 마이크로접합부의 크립 파단을 막아준다. 또한 탑재되는 부품 및 소자가 가볍고, 기하학적으로 구속되는 조건이 많기 때문에 크립에 의한 파괴는 많지 않다고 보고 있다. 하지만 용융점이 낮은 재료인 솔더의 경우 상온하에서도 용융점의 50%이상인 상태이기 때문에 언제나 크립의 발생이 가능한 조건에 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 Sn-3Ag-0.5Cu솔더를 이용하여 하중에 대한 QFP 접합부의 크립 특성을 관찰 하였다.

2. 실험방법

Sn-3Ag-0.5Cu솔더를 사용한 QFP 솔더접합부를 Fig.1에 나타낸 크립 테스터기를 이용하여 실험하였다. QFP 접합부의 평균인장강도는 2000gf로 측정되었고, 평균인장강도의 20~25% 구간의 하중에서 크립 실험을 진행하였다. 하중조건에 대하여 실험은 100℃로 선정하였고, Strain은 테스터에 Linear Gauge를 연결하여 측정하였다. 실험 시 시료의 흡온을 고려하여 테스터의 챔버 온도를 보정하여 실험을 실시하였다.

Fig 1. 크립 테스터

2.1 실험온도의 선정

Fig2.의 조사결과에서 알 수 있듯이 크립실험 온도의 경우 상온조건과 130℃조건이 가장 높은 빈도를 차지했지만, 130℃의 조건의 경우 자동차 엔진룸온도를 기준으로 설정한 온도이므로 실제 자동차 전장품에 적용할 수 있는 가혹한 조건인 100℃를 기준으로 테스트를 진행하였다.

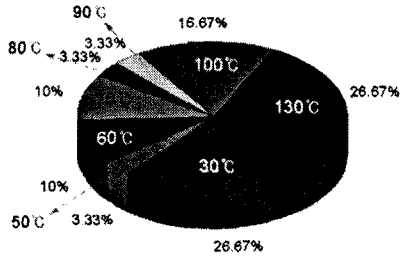

Fig 2. 선행연구에서 적용된 크립온도 조사결과

2.2 시편 선정

Fig.3에는 실험에 사용한 5~16㎛두께의 Sn도금 처리가된 QFP 시편의 형상을 나타내었다. 시험에 사용된 QFP는 Ni/Au표면처리된 PCB에 실장되어 리플로우 공정을 실시하였다. QFP 접합부의 경우, 접합강도에 영향을 미치는 다양한 요소(보이드, 초기균열, 접합부의 형상)를 가진다. 본 실험에서는 이러한 영향을 배제하기 위해 1차로 Digital Microscope(Keyence社 VHX-100)를 이용해 접합부 형상을 관찰하였으며 2차로 보이드의 영향을 최소화하기 위해 X-Ray inspection Machine(SXV-090A)을 이용하여 보이드의 유무를 확인하였다. Fig 4.에는 솔더접합부의 X-Ray 분석결과와 보이드의 분포에 따른 샘플분류예를 제시하였다.

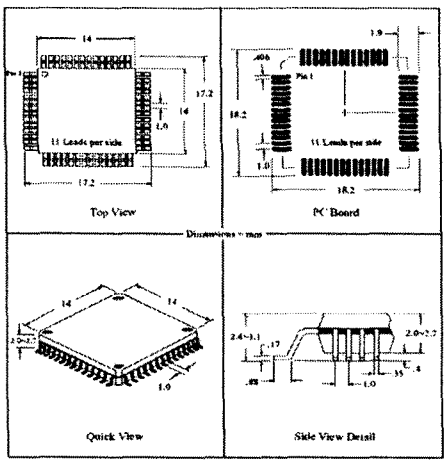

Fig 3. 실험에 사용된 QFP

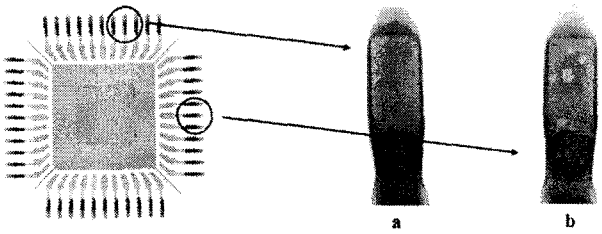

Fig 4. 솔더접합부의 X-Ray 분석결과
a. 보이드가 최소인 접합부
b. 보이드가 다수인 접합부

3. 실험결과 및 고찰

3.1 크립의 시간-하중 관계

평균인장강도(2000gf)의 20%에 해당하는 하중인 400g을 적용한 경우 파단까지 평균 1000000s 이상의 시간이 소요되었다. 반대로 평균인장강도의 25%인 500g의 하중 하에서는 파단까지 소요되는 시간이 평균 3600s 이내로 측정되었다. Fig 5.에는 하중에 대한 파단시간의 평균값을 나타내었다. 450g이상의 하중에 대해서는 파단시간이 매우 작아 크립에 의한 파괴로 보기 힘들며 이는 변형율 분석을 통해 확인되었다.

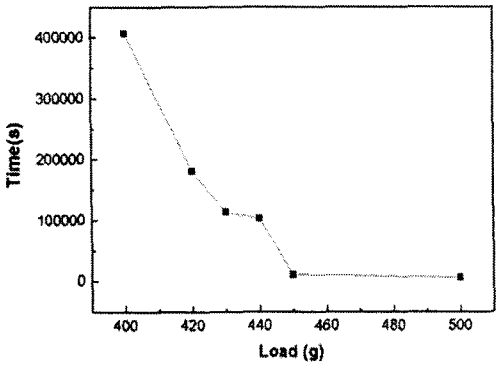

Fig 5. 시간 - 하중 곡선

3.2 크립의 변위-하중 관계

Fig 6.은 각각의 하중에서 파단이 일어날 때까지의 평균변위값을 나타내었다. 변위는 어느 정도 난수 값을 갖는 결과를 보여주었지만 평균적으로 크립파단까지의 시간이 길어질 수 록 파단까지의 변위역시 길어지는 경향이 있었다. 하지만 접합부 특성상 가해진 하중이 적을 때 파단시간이 극단적으로 늘어난 것과는 반대로 가해진 하중이 많아질 수 록 파단까지의 변위는 극히 짧아지는 특성을 보였다.

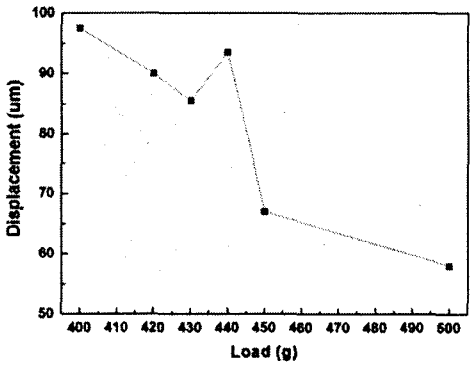

Fig 6. 변위 - 하중 곡선

3.3 크립의 변형율-시간 관계

Fig 7.은 각 하중에 대한 크립 변형율 곡선를 보여준다. 정상상태 크립변형율의 값이 작을 수록 크립저항이 뛰어남을 이용하여 각각의 하중에 대한 크립 특성을 확인하였다.

Fig 9.에서 볼 수 있듯이 정상상태 크립변형율를 살펴보면 420g은 0.22㎛/sec, 400g은 0.26㎛/sec, 440은 0.32㎛/sec, 430은 0.48㎛/sec의 순서로 해당 하중에 대해서 크립 저항이 뛰어난 특성을 보였다. 450g이상의 하중일 경우 정상상태 크립구간이 존재하지 않았다.

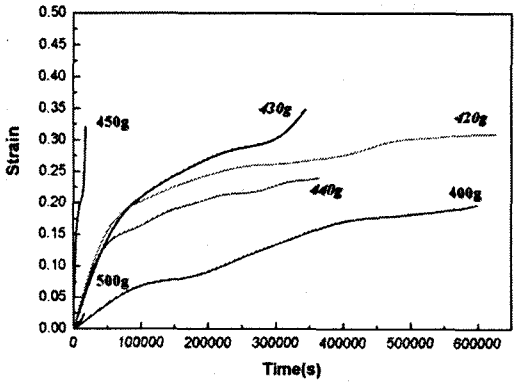

Fig 7. 변형율-시간 곡선

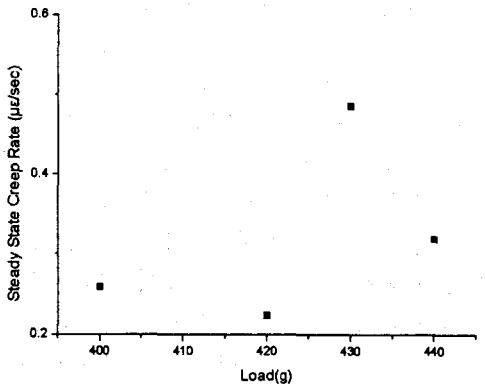

Fig 8. 정상상태 크립변형율

4. 결 론

Sn-3Ag-0.5Cu를 이용한 QFP 솔더 접합부의 크립 테스트를 진행한 결과 하중의 증감에 따라 파단시간과 파단변위가 변화한다. 크립특성의 평가는 하중과 크립시간·변위의 관계, 정상상태 크립변형율를 이용하여 분석하였다. 하중이 적어질수록 솔더가 하중에 대한 크립저항은 좋아지지만 평균인장하중의 21%미만으로 작아지면 파단까지의 시간이 무한대로 길어지고, 평균인장하중의 22%를 초과하면 크립특성을 볼 수 없는 단시간내에 파단이 일어남을 확인할 수 있었다. 실험결과를 종합해 볼 때 평균인장하중의 21~22%구간인 420~440g의 하중이 Sn-3Ag-0.5Cu를 이용한 QFP 접합부의 크립특성을 판단할 수 있는 적정하중임을 확인하였다.

후 기

본 과제는 산업자원부 지원과제인 "무연솔더페이스트의 전단·크립특성의 표준화"(10016488)의 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Sanka Ganesan, Michael Pecht : Lead-free Electronics 2004 Edition, 2004, Chapter 2, pp 45-63
2. Rao r. Tummala et al : Fundamental of Microsystems packaging, Chapter 21, pp847-877, McGRAW-Hill
3. F.Guo, J.P.Lucas,K.N.subramanian : Creep behavior in Cu and Ag particle-reinforced composite and eutectic Sn-3.5Ag and Sn-4.0Ag-0.5Cu non-composite solder joints, Journal of materials science, Materials in electronics 12(2001)27-35
4. DUTTA : A constitutive model for creep of lead-free solders undergoing strain-enhanced microstructural coarsening, first report, Journal of electronic materials, Vol.32,No.4,2003
5. M.H.Poech, R.Eisele : A modelling approach to assess the creep behaviour of large-area solder joints, Microelectronics Reliability 40(2000) 1653-1658
6. Deng Pan, I, DUTTA : A mechanics-induced complication of impression creep and its solution : application to Sn-3.5Ag solder, Materials science and engineering A 379(2004)154-163
7. D.J.Xie : A new experimental method to evaluate creep fatigue life of flip-chip solder joints with underfill, Microelectronics Reliability 40(2000) 1191-1198