

전자부품의 Pb-free 솔더에 대한 기계적 특성에 관한 연구

A Study on Mechanical Properties for Pb-free Solders of Electronic Packages

허우진*, 백승세*, 정영훈*, 권일현**, 양성모**, 유효선**

* 전북대학교 대학원 정밀기계공학과

** 전북대학교 기계항공시스템공학부

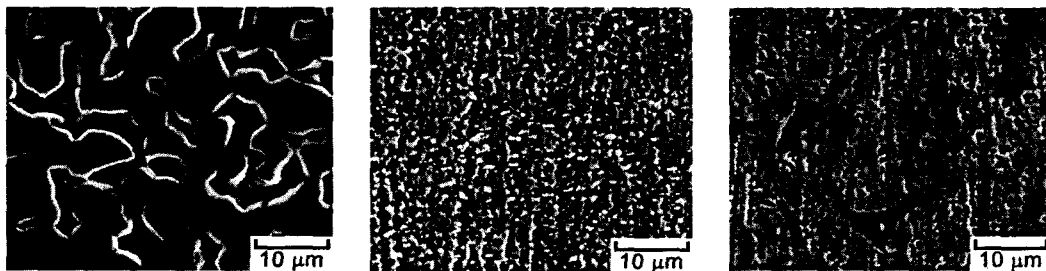
ABSTRACT This paper is investigated the shear strength by using the micro shear-punch test method for Sn-37Pb alloy, binary and ternary alloys of environment-friendly Pb-free solder alloys which would be surely applicable to the electronic packages. As a result, in case of Max. shear strength, Sn-4Ag-0.5Cu has the highest value and Sn-37Pb has the lowest value on every condition of experiment temperature. Also, In case of Pb-free solder joint specimens, it was found that Pb-free solder alloys have higher value of shear strength than eutectic Sn-Pb solder alloy and Sn-4Ag-0.5Cu has the highest value.

1. 서 론

현재 널리 사용되는 솔더링 재료는 Sn-37%Pb로서 용접, 접합성, 작업성 그리고 가격 등에서 양호하기 때문에 모든 전자기기 실장에서 사용되고 있다. 또한 Sn-37%Pb 솔더 합금은 전기전도도, 열전도도, 기계적 물성 측면에서도 매우 우수하다. 그러나 Sn-Pb 솔더 중에 함유된 Pb는 인체의 중추신경에 치명적인 손상을 주는 것으로 알려져 있으며, 지구의 환경보호 관점에서도 더 이상 사용할 수 없다는 분위기가 점차 확산되고 있는 실정이다. 이미 미국 국회에서는

Pb의 사용규제 조치에 대해 10년 전부터 상정 논의되고 있으며, EU는 2002년 6월 폐전기전자(WEEE : Waste Electronics and Electric Equipment) 처리지침 기본골격을 모두 확정된 가운데 WEEE 지침 발효 이전에 생산 중단된 제품의 폐기 책임에 대한 문제와 인터넷 판매제품에 대한 책임 등의 문제만을 남겨 놓을 정도로, 모든 친환경 규제(안)를 강화해 규정하고 있다.^(1,2)

따라서 Pb가 함유되지 않은 Pb-free 솔더의 개발은 현재 각 나라 및 전자산업 분야에서 매우 중요한 과제로 대두되고 있다.



(a) Sn-37Pb

(b) Sn-4Ag

(c) Sn-4Ag-0.5Cu

Fig. 1 Microstructures of Pb-free and Sn-Pb solders using SEM

본 연구에서는 향후, 전자 부품의 생산 공정에서 반드시 적용될, 그리고 현재 개발 중인 환경친화적 Pb-free 솔더 합금을 대상으로 미세조직 관찰을 수행하였고 미소 시험기법을 이용해 각 솔더 합금 종류에 따라 전단강도 특성 평가를 수행하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 시험재료와 시험편

2.1.1 Pb-free 솔더 합금 시험편

Fig. 1은 전자현미경을 이용하여 세 종류의 솔더 합금에 대한 미세조직을 나타낸 사진으로 이 같이 다양한 미세조직의 차이에 의해 솔더 합금의 상온 및 고온에서의 마이크로적인 기계적 특성치(micro-mechanical property)는 다르게 나타날 것으로 생각되며, 그의 특성에 따라 전자부품의 내구성 및 신뢰성에 큰 영향을 미칠 것이다.⁽³⁾

2.1.2 Pb-free 솔더 접합부 시험편

전자부품의 솔더 접합부에서 발생하는 응력은 인장응력(tensile stress)과 압축응력(compressive stress)도 있지만 전단응력(shear stress)이 주요 응력성분이다. 변형 또한 응력과 마찬가지로 주로 전단변형(shear strain)이다. 이처럼 솔더가 받는 응력과 변형이 접합상태에서 전단방향이므로 솔더 접합부의 전단강도에 대한 연구를 수행하였다. Fig. 2는 본 시험에서 사용한 미소시험편(특허출원: 솔더접합부의 미소 전단-편치 시험편 제작 기술)이다.

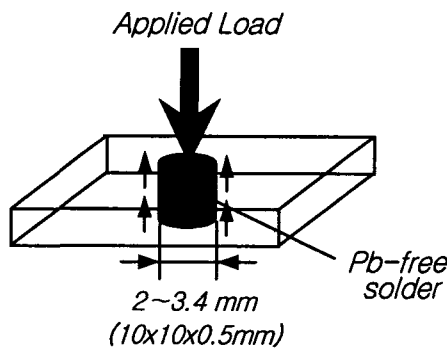
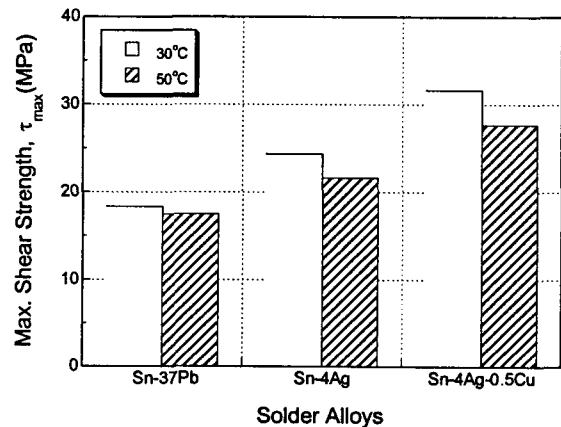


Fig. 2 The schematic diagram of micro solder joint specimen

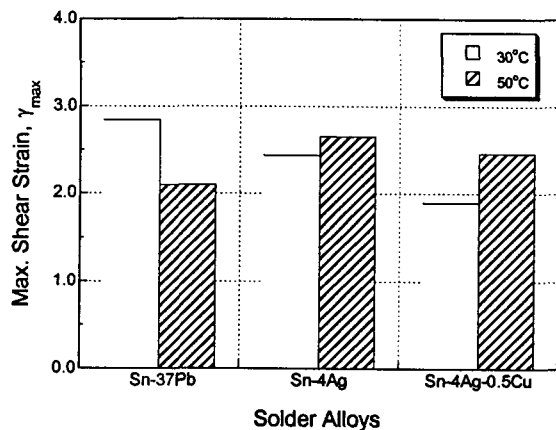
3. 실험결과 및 고찰

3.1 Pb-free 솔더와 공정 Sn-Pb 솔더 합금의 전단강도의 평가

Fig. 3은 Pb-free 솔더 및 공정 Sn-Pb 솔더의 미소시험편(micro specimen)을 대상으로 다양한 온도 범위에서 전단편치시험을 수행한 후 얻은 응력(σ)-변형률(γ) 선도로부터 얻은 각 시험온도별 솔더 합금의 최대전단강도(Max. shear strength : τ_{max})와 최대전단변형률(Max. shear strain : γ_{max})을 정리해 나타낸 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 모든 시험온도에서 Pb-free 솔더 시험재가 Sn-37Pb 솔더 시험재보다 높은 최대응력(τ_{max}) 거동을 보이고 있다

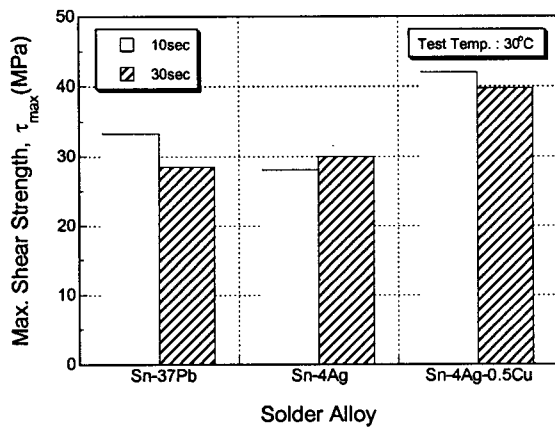


(a) Max. shear strength behavior

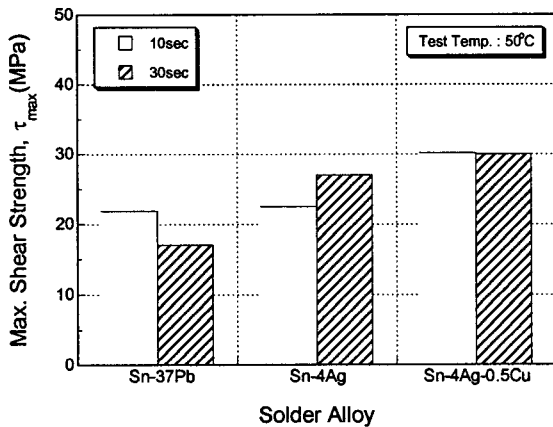


(b) Max. shear strain behavior

Fig. 3 The Max. shear strength and shear strain for Pb-free and Sn-Pb solders at 30°C, 50°C



(a) at 30°C



(b) at 50°C

Fig. 4 The Max. shear strength behavior for Pb-free solder joints and eutectic Sn-Pb solder joints at 30°C and 50°C

전체적으로 볼 때 모든 시험 온도 조건에서 최대 응력(τ_{max})은 Sn-37Pb, Sn-4Ag, 그리고 Sn-4Ag-0.5Cu 솔더 합금 순으로 증가하고 있다. 이에 반해 30°C에서 최대전단응력 점까지의 최대전단변형률(γ_{max})은 공정 합금인 Sn-37Pb 합금이 가장 큰 값을 보여 상온에서의 전단변형에 대한 우수성을 보이고 있다. 그러나 50°C에서는 Sn-37Pb 솔더가 Pb-free 솔더보다 최대전단변형률이 보다 작게 나타나고 있으며, Pb-free 솔더 시험재에서는 Sn-4Ag 솔더 합금이 다소 큰 최대전단변형률 거동을 보이고 있다.

3.2 Pb-free 솔더 및 공정 Sn-Pb 솔더 접합 시험편에 대한 전단강도 평가

Fig. 4는 마이크로 전단-편치시험기법을 이용

하여 reflow time 조건에 따라 수행된 솔더 접합부(solder joint)의 전단강도 시험결과를 나타낸 그림이다. 먼저 50°C경우에 솔더 접합부의 최대전단강도(τ_{max})는 모든 솔더 합금의 경우에 30°C의 경우와 비교해 약 20~30% 정도의 τ_{max} 의 감소를 보였다. Pb-free 솔더 합금 중 Sn-4Ag의 솔더는 전반적으로 30°C와 50°C에서 reflow time이 증가됨에 따라 응력-변형률 선도의 증가와 함께 최대전단강도가 증가하고 있어 Cu와 솔더 접합부에서 솔더링 시간에 따른 안정된 계면화합물의 생성이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 전반적으로 볼 때 Pb-free 솔더는 공정 Sn-37Pb 솔더보다 우수한 접합강도를 보였으며, 이는 접합 계면부에서 형성된 Cu_6Sn_5 와 같은 금속간화합물에 의한 결과로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 미소 시험기법을 이용하여 Pb-free 솔더 합금의 전단강도 특성 평가를 수행하였다. 본 연구에서 얻은 시험결과들은 다음과 같다.

- (1) 모든 시험온도에서 Pb-free 솔더가 Sn-37Pb 솔더 보다 높은 최대전단응력(τ_{max}) 값을 보였으며, 전체적으로 볼 때 모든 시험 온도 조건에서 최대전단응력(τ_{max})은 Sn-37Pb, Sn-4Ag, 그리고 Sn-4Ag-0.5Cu 솔더 합금 순으로 증가하였다.
- (2) 솔더 접합부의 전단강도 시험에서도 Pb-free 솔더는 공정 Sn-Pb 솔더 보다 우수한 접합강도를 보였으며, Sn-4Ag-0.5Cu 솔더 접합부가 가장 우수한 접합강도 특성을 보였다.

참고문헌

1. B. R. Allenby et al : Circuit World, 19-2 (1993), 18~24
2. Woo-Young Kim, Bo-In Noh, In-Chul Kim : The Estimate of Progress Conditions and Operation Property/Reliability of Pb-Free, Journal of KWS, 20-3, (2002), 287~292
3. K. N. Tu : Cu/Sn interfacial reactions : thin film case versus bulk case, Mat. Chem. And Physics 46 (1996), 217~223