

## Sn-40Bi-X 합금의 기계적 물성과 미세조직 분석

이중현, 김주형, 현창용  
서울산업대학교 신소재공학과

### Mechanical Properties and Microstructural Analysis of Sn-40Bi-X Alloys

Jong-Hyun Lee, Ju-Hyung Kim and Chang-Yong Hyun  
Department of Materials Science & Engineering, Seoul National University of Technology,  
Seoul 139-743, Korea

#### Abstracts

저온용 무연 솔더의 대표 조성으로 고려되고 있는 Sn-58Bi(융점: 138°C) 공정(eutectic) 조성은 우수한 강도에도 불구하고 연성(ductility) 측면에서의 문제점이 지속적으로 보고되고 있다. 따라서 이 합금계의 연성을 최대화 개선시킬 수 있으면서도 실제 상용화가 가능한 합금 조성의 개발 연구가 요청된다. 본 연구에서는 Sn-Bi 2원계 조성에서 최대의 연성을 나타내는 것으로 보고된 Sn-40Bi 조성에 미량의 합금원소를 첨가함으로써 최대의 연성을 확보하는 한편, 그 연성 특성이 변형속도에 어느 정도 민감한지를 인장 실험을 통해 결정하고자 하였다. 합금원소로는 0.1~0.5 wt%의 Ag, Mn, In, Cu를 선택하였으며, 인장 시편을 제조하여  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  s<sup>-1</sup>의 3종류로 변형속도를 변형시켜가며 응력-변형 곡선(stress-strain curve)을 측정하였고, 조성별, 변형속도별로 최대인장강도(ultimate tensile stress, UTS) 및 연신율 결과를 정리하였다.

합금원소를 첨가한 조성의 경우는 모든 시험 조건에서 Sn-40Bi보다 우수한 연신율을 나타내는 것으로 측정되었으나,  $10^2$  s<sup>-1</sup>의 빠른 변형속도에서는 그 향상 정도가 상대적으로 감소하는 경향이 관찰되었다. 특히 Sn-40Bi-0.5Ag 조성의 경우 느린 변형속도에서 특히 눈에 띄는 연신율 값을 나타내며, 모든 변형속도 조건에서 가장 우수한 연성을 나타내었다. 한편 Sn-40Bi-0.1Cu 조성의 경우 변형속도에 따른 연신율의 변화 정도, 즉, 변형속도에 따른 연신율의 민감도가 매우 커  $10^4$  s<sup>-1</sup> 속도에서는 Sn-40Bi-0.5Ag에 버금가는 연신율 값이 측정되었으나,  $10^2$  s<sup>-1</sup> 속도에서는 가장 나쁜 연신율 특성을 보여주었다. Sn-40Bi-0.2Mn 조성은 최고의 연신율 향상 특성을 나타내지는 않았으나, In을 첨가한 경우보다는 대체적으로 우수한 연성을 나타내었다.

이상의 각 합금별 연성 특성은 인장시험 전의 미세조직 관찰 결과와 인장시험 후 파면부의 조직변화 관찰 결과로부터 해석되었다. 그 결과 석출상의 형성 여부, 인장 시험 중 재결정 조직의 형성 여부, 라멜라(lamellar) 조직의 분율과 라멜라 간격(lamellar spacing)의 정도 또는 β-Sn과 라멜라 조직 사이의 결정립계와 라멜라 조직 내 결정립계에서의 슬라이딩 모드(sliding mode) 변형 정도, 석출상의 크기와 분포 정도 등이 연신율 및 변형속도 민감도와 같은 연성 특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자인 것으로 분석되었다.

**Key Words** : Solder, Sn-Bi alloy, Ductility, Elongation, Strain rate