소량의 Ag를 함유하는 Sn-Ag-Cu-In계 솔더 재료의 특성 분석

유아미, 이종현, 이창우, 김목순*, 김정한
한국생산기술연구원 정밀접합팀, 인하대학교 신소재공학부*

Characteristics of Sn-Ag-Cu-In Solder Alloys Incorporating Low Ag Content

A-Mi Yu, Jong-Hyun Lee, Chang-Woo Lee, Mok-Soon Kim* and Jeong-Han Kim
KITECH(Advanced Joining Technology Team), Inha Univ.(School of Material Science & Engineering)*

Abstract : 지난 수년 동안 Sn-3.0Ag-0.5Cu 합금은 전자산업의 표준 무연솔더 조성으로 전자제품의 제작에 사용되어져 왔으며, 그 신뢰성도 충분히 검증되어 대표적인 무연 솔더 조성으로의 입지를 굳혀왔다. 그러나 전자제품의 mobile화에 따른 내충격 신뢰성에 대한 요구와 최근의 급격한 Ag 가격의 상승은 Ag 함량의 축소에 의한 원가절감을 요청하게 되었으며, 이에 따라 소량의 Ag를 함유하는 솔더 조성 개발에 대한 연구가 산업 현장을 중심으로 절실히 요청되고 있다.

Sn-Ag-Cu의 3원계 합금에서 Ag는 합금의 융점을 낮추고, 강도와 같은 합금의 기계적 특성을 증가시키는 한편, 모재에 대한 합금의 젖음성을 향상시키는데 필수적인 원소로 인식되고 있다. 따라서 Sn-Ag-Cu의 3원계 합금에서 Ag의 함량을 감소시키게 되면, 합금액 액상선 온도와 고상선 온도가 벌어져 pasty range(또는 mush zone)가 증가하게 되고, wettability도 감소하게 되어 솔더 합금으로서의 요구 특성을 많이 상실하게 된다. 또한 Ag 함량을 감소시키게 되면 합금의 elongation이 향상되면서 내 impact 수명이 향상되는 효과를 볼 수 있으나, 합금의 creep 특성 및 기계적인 강도는 감소하면서 열싸이클링 수명은 감소하는 경향을 나타내게 된다. 따라서 솔더 합금의 내 impact 수명과 열싸이클링 수명을 동시에 만족시키지 위해서는 Ag 함량을 최적화하기 위한 고려가 필요하며, 합금원소에 대한 연구가 요청된다고 하겠다. 한편 Ag의 함량을 3wt.% 이상으로 첨가할 경우에도 비교적 느린 응고 속도에서는 조대한 판상의 Ag_3Sn 상을 형성하는 경향이 있어 외관 불량을 야기 시킬 가능성이 매우 커지는 현상도 보고되고 있다. 따라서 Ag의 첨가량을 최적화 하면서 솔더 재료로서의 특성을 계속적으로 유지하기 위해서는 제 4 원소의 함유가 필수적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 Sn-Ag-Cu계에 첨부하는 제 4원소로서 In을 선택하였다. 비록 In은 Ag보다 고가이기 때문에 산업적인 적용을 위한 솔더 합금 원소로는 거의 각광받지 못했으나, 본 연구의 결과로는 In은 매우 소량 첨가할 경우에도 Sn-Ag-Cu계 합금, 특히 소량의 Ag를 함유하는 Sn-Ag-Cu계 합금의 wettabilty와 기계적 특성 향상에 매우 효과적임을 알 수 있었다.

결론적으로 본 연구를 통해 구현된 Sn-Ag-Cu-In계 최적 솔더 조성의 경우 Sn-3.0Ag-0.5Cu의 표준 조성에 비하여 약 18%의 원자재 가격 절감을 도모할 수 있을 것으로 예상되는 한편, Sn-3.0Ag-0.5Cu에 유사하거나 우수한 wettability 특성을 나타내었고, Sn-1.0Ag-0.5Cu 또는 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 조성보다는 월등히 우수한 wettability 특성을 나타내었다. 더구나 Sn-Ag-Cu-In계 최적 솔더 조성은 합금의 강도 저하는 최소화 시키면서 합금의 elongation은 극적으로 향상시켜 합금의 toughness 값이 매우 우수한 특성을 가짐을 알 수 있었다. 이렇게 우수한 toughness 값은 솔더 조인트의 대표적 신뢰성 요구 특성인 열싸이클링 수명과 내 impact 수명을 동시에 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

요컨대 본 연구를 통해 구현된 Sn-Ag-Cu-In계 솔더 조성은 최적 솔더 조성에서 요구되는 4가지 인자, 즉, 저렴한 원재료 가격, 우수한 wettability 특성, 합금 자체의 높은 toughness, 안정하고 낮은 성장 속도의 계면 반응층 생성을 모두 만족시키는 특징을 가짐으로서 기존 무연솔더 조성의 새로운 대안으로 자리 잡을 것으로 기대된다.

Key Words : Pb-free solder, Sn-Ag-Cu-In alloy, wettability, melting point, undercooling, mechanical properties