

Sn-5Pb-1.5Ag-xIn계 Solder합금의 특성에 관한 연구

(A Study on the Characteristics of Sn-5Pb-1.5Ag-xIn Solder Alloys)

주철훈 김인배 강정운 홍순국
부산대학교 금속공학과

1. 서론

최근 Pb에 의한 환경오염문제가 심각한 사회문제로 부상함에 따라 전자기기의 기판에 사용되고 있는 Sn-Pb solder합금에 대해서 미국 등지에서 Pb 사용에 대한 규제 조치의 입법화를 추진중에 있는 것으로 알려지고 있다. 이러한 배경때문에 미국, 일본 등지에서는 새로운 solder 합금개발에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있지만, 아직 국내에서는 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 새로운 solder 합금개발에 대한 연구방향은 Pb를 완전히 배제한 Pb-free solder와 환경상의 문제를 유발하지 않을 정도로 Pb함량을 낮춘 low-Pb solder의 2 방향으로 크게 나누어 볼 수 있는데, 기존의 Soldering 공정상의 측면에서 보면 low-Pb solder가 더 유리할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 기존의 Sn-37wt%Pb solder에서 Pb함량을 5wt%로 낮추고 1.5wt%Ag를 첨가한 3원계 합금과 여기에 4원소로서 Bi 또는 In을 각각 1, 3, 5wt% 첨가한 합금에 대하여 용점, soldering성, 산화성, 경도값 및 인장특성과 미세조직을 검토하였다. 이 결과로부터 최적조성으로 Sn-5Pb-1.5Ag-2In-0.3Cu를 선정하고, 이 합금에 대해서 제 특성을 검토한 결과를 보고한다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 합금들은 합금원소들을 중량비에 맞춰서 전기로에서 용해한 후 미리 예열시킨 직경 15mm의 동금형에 주조하여 제조하였다. 용점은 시차주사열량계(DSC)를 이용하여 측정하였고, soldering성은 Menisco Graph법으로 젖음시간과 최대젖음력을 측정하여 평가하였다. 산화성은 일정한 온도로 유지된 용융 solder를 교반시킨 경우 생성된 산화물 양으로 평가하였다. 각합금의 미세구조조직은 광학현미경 및 SEM으로 관찰하였고, EDS와 XRD를 이용하여 상분석을 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

시차주사열량계(DSC)를 이용하여 용점을 측정한 결과 Sn-5Pb-1.5Ag-Bi(1~5wt%) 및 Sn-5Pb-1.5Ag-In(1~5wt%)합금 모두 200℃이하이고 고액공존영역도 모두 10℃미만으로 매우 좁은 영역인 것으로 나타났다. 특히 5wt%In의 첨가시 용점은 약 183℃로 기존의 solder와 거의 같았다. Menisco Graph법으로 젖음시간과 최대젖음력을 측정한 결과 각 합금 모두 기존의 solder와 거의 동등한 soldering성을 가지는 것이 확인되었다. 산화성 측정결과 Bi가 첨가된 경우 기존의 solder와 비슷한 양의 산화물이 생성 되었으나, In이 첨가된 경우

2wt%이상에서는 산화물이 전혀 생성되지 않았고, 2wt%이하에서는 산화물이 생성되었지만 기존의 solder에 비해서 그 양은 적었다. 인장시험 결과 Bi와 In을 첨가함에 따라 인장강도는 증가하였으나 연신율은 감소함을 알 수 있었다. Sn-5Pb-1.5Ag의 미세조직을 관찰한 결과 미세한 cellular dendrite 양상의 주조직을 나타내었고 dendrite boundary 부근에 광학현미경상으로는 구분이 명확하지 않은 제2상 또는 3상이 분포하였다. 이 합금에 Bi나 In을 1~5wt% 첨가한 경우 광학현미경상의 미세주조직의 양상은 크게 변하지 않았다. 상분석 결과 Sn-5Pb-1.5Ag의 경우 Sn기지에 미세한 Pb와의 공정상이 분포되어 있었고 아주 미세한 $Ag_3Sn(\epsilon)$ 상의 금속간화합물이 소량 관찰되었다. Bi를 첨가한 합금의 경우 Bi와 Pb가 반응하여 Pb_7Bi_3 라는 금속간화합물이 생성되었고, In을 첨가한 합금의 경우 In과 Ag가 반응하여 Ag_3In 의 화합물을 생성함을 알 수 있었다.

최종 선정된 Sn-5Pb-1.5Ag-2In-0.3Cu의 특성을 아래표에 나타낸다. 이 합금의 용점은 약 183℃로 기존의 solder와 거의 같고, 고액공존영역도 3℃정도로 매우 좁아 용점측면에서는 기존의 Solder를 대체가능한 것으로 판단된다. Soldering성을 평가하기 위해 젖음시간과 최대젖음력을 측정한 결과로부터 이 합금의 soldering성은 기존의 solder와 거의 동등한 수준임을 알 수 있다. 산화물생성 실험결과 이 합금은 180분까지 전혀 산화물이 생성되지 않은 반면 기존 solder는 상당한 양의 산화물이 생성된 결과로부터 기존 solder에 비해 산화저항성이 매우 우수함을 알 수 있다. 인장시험 결과 기존 solder에 비해 최대인장강도는 높지만 연신율은 다소 떨어짐을 알 수 있다. 미세주조직을 관찰한 결과 Cu첨가에 따른 광학현미경상의 조직 변화는 관찰되지 않았으나 XRD와 EDS로 상분석을 행한 결과 Cu와 Sn이 극히 미량의 금속간화합물을 생성한 것으로 판단된다. 이상의 결과로부터 본 연구에서 선정된 Sn-5Pb-1.5Ag-2In-0.3Cu는 기존 solder를 대체가능한 것으로 사료된다.

Table A Comparison of the Characteristics of Sn-5Pb-1.5Ag-2In-0.3Cu and Sn-37Pb

Characteristic	Sn-5Pb-1.5Ag-2In-0.3Cu	Sn-37Pb
Liquidus (℃)	183.2	183
Solidus (℃)	180.2	183
Wetting Time (sec)	0.22~0.30	0.21~0.31
Max. Wetting Force (mN)	0.42~0.53	0.46~0.54
Hardness (Hv)	15.1	7.8
U.T.S. (MPa)	48.3~51.7	40~42
Elongation (%)	18.2~22.6	39~43
Weight of Oxide (g)	≈0	142