

부분용융상태에서의 솔더링에 관한 연구(II)

- 미세조직과 생성기구 해석

A Study on the Partial Melting Soldering.(II)

- Microstructure and Mechanism Analysis

하준석*, 박재용*, 김문일**, 신규식**, 정재필**, 강춘식*

* 서울대학교 재료공학부

**서울시립대학교 재료공학과

1. 서론

최근 솔더 자체의 강도 및 계면의 금속간화합물 성장속도를 지연시키기 위하여, 복합 솔더에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이런 문제점들을 위한 새로운 기술로서 저자들은 부분용융솔더링이라는 새로운 방법을 도입했다.

만약 부분용융솔더링이 가능하다면 여러 가지 장점을 지닐 것으로 예상되는데, 첫째로 솔더 내부에 자체적으로 분산 강화효과를 갖는 초정이 존재하게 되므로 솔더 자체의 강도를 높일 수 있고, 둘째, 구리의 포화농도 이상의 조성을 가진 솔더를 이용하여 부분용융솔더링을 실시했을 경우 솔더 내에 과포화 된 구리농도에 의하여 기판과 솔더간 금속간화합물층의 성장속도가 지연되는 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

이에 본 연구의 목적은 선행 연구에서 wetting balance test를 통하여 physical wetting 특성에 대하여 조사된 만큼 chemical wetting의 관점, 즉 미세조직적인 접합특성과 접합 기구의 관점으로 부분용융솔더링의 가능성을 확인하려고 한다. 또한 부분용융솔더링에 적용 가능한 새로운 개념의 솔더를 도입하여 부분용융솔더링을 시도하였다.

2. 본론

실험

Sn-Pb의 경우 각각 30, 40, 50 wt%Sn의 아공정과, 70, 80, 90 wt%Sn의 과공정 솔더이며, Sn-Ag의 경우에는 93 wt%Ag의 솔더가 사용되었다. 새로운 solder로는 구리를 3%포함하고 있는 97wt%SnCu 솔더를 사용하였다. 이렇게 정해진 조성의 재료를 진공용해로에서 12시간 균질화처리한 후에 직경 6.5mm, 높이 0.35mm의 disc type으로 제조하였다. 이렇게 제조된 솔더를 미리 준비된 substrate에서 일반적인 열풍방식의 reflow로에서 실험을 실시하였다. reflow 온도는 아공정 Sn-Pb solder의 경우는 190℃로부터 230℃까지 10도씩 상승시켰으며, 과공정인 경우는 190℃부터 5도씩 상승시켜서 210℃까지 reflow를 행하였다. Sn-Ag의 경우 230℃, 240℃, 250℃, 260℃도에서, 그리고 새로운 솔더인 Sn-Cu의 경우는 240℃부터 20도씩 상승시켜서 300℃까지 4개의 온도 구간에서 reflow를 실시하였다.

Microstructure

사진 1에서 6은 부분용융솔더링에 의하여 접합된 Sn-Pb 솔더의 접합 단면을 보여주고 있다. 여기에서 주석의 함량이 증가할수록 초정 α 상의 양이 감소하는 것을 알 수 있으며 액상의 분율이 증가함을 알 수 있다. 또한 reflow 온도가 증가할수록 결정립 크기가 증가함도 볼 수 있다. 사진 7,8,9의 경우는 Sn-Ag계 솔더의 경우를 보여주고 있는데 여기서도 비슷한 경향을 보이고 있다.

Mechanical Properties

그림 1, 2, 3은 Sn-Pb계 솔더의 shear strength를 나타내고 있다. 완전용융솔더링에 비하여 부분용융솔더링 된 shear strength의 값이 80%정도 값을 가지고 있었다. 그림 4와 5에서 나타난 Sn-Ag계 솔더의 경우에 완전용융솔더링 된 공정 Sn-Ag의 경우는 1700gf를 나타내었고, 부분용융솔더링 된

Sn-Ag 솔더의 경우에는 800gf에서 1700gf까지 강도에서의 변화를 보였다. 또한 peak reflow 온도가 증가함에 따라 강도가 감소하는 경향을 보이고 있었다. Sn-Cu계 솔더의 경우에는, 그림 6에 나타나 있는 것처럼 Sn-Pb의 경우와 비슷한 값을 보이고 있다. 그림 7에서 10까지는 각 솔더의 경도 값을 보여주고 있다. Sn-Cu의 경우는 Sn-Ag 솔더의 경도 값과 비슷한 값을 나타내는 것을 알 수 있다.

금속간화합물 성장률

그림 11은 Sn-Cu계 솔더의 경우에 금속간화합물 층의 성장속도에 대한 graph이다. 이 그래프에서 알 수 있듯이 일반적인 솔더의 경우에 비하여 제면의 금속간화합물 성장이 억제됨을 알 수 있다.

3. 토의 및 결론

사진 10에서 바늘 모양의 상과 피모양의 상인 두 가지 금속간화합물을 볼 수 있다. 이들 두 가지 상은 Auger E. 분석결과 같은 조성의 상임을 알 수 있었다. 그러나 이들 옆의 조성을 분석한 결과 이들 상이 생성된 기지의 조성은 서로 다름을 확인 할 수 있었는데, 이로부터 바늘모양의 상이 더 낮은 온도에서 마지막으로 액상으로부터 응고 될 때 형성된 상임을 알 수 있었다. 이들 바늘모양의 상은 접합 후 솔더의 edge부분에서 많이 발견되는데 이는 다음을 설명한다. 즉, 일단 부분용융상태에서 액상의 분율이 어느 정도 되고 또한 이들이 Cu와의 wetting force가 충분하다면 이들이 Cu pad와 반응을 시작하면서 chemical wetting을 전 영역에서 이루게 되고, 그 후 응고함에 따라 접합이 이루어지게 된다는 것이다. 즉 초기에는 solder가 없던 부분에서 액상이 Cu와 반응함에 따라 밀려나간 액상이 그 자리에서 응고하게 되어 edge부분에서 많은 수의 바늘모양의 상이 나타나게 된 것으로 생각된다. 즉 이들은 부분용융솔더링 시의 액상이 충분한 Cu와의 반응성을 가지고 있다는 것을 반증하는 것이며, 부분용융솔더링이 가능하다는 것을 보여주고 있다.

shear stress로부터 substrate와 솔더 사이의 강도가 솔더링 공정을 위하여 충분하다는 것을 확인 할 수 있었다. 아공정 Sn-Pb 솔더의 경우 reflow 온도가 증가함에 따라 경도 값이 증가하였고, 반대로 과공정의 경우에는 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이는 솔더링온도에서의 액상 양과 관련된다고 생각되는데, 냉각 시에 액상량이 많을수록 비평형 응고에 의한 최종 응고조직에서의 공정조직의 양이 많아진다는 것이다. 이 때, 아공정의 경우는 경도 값이 높은 Sn-rich상의 분율이 높아짐을 의미하므로 경도가 증가하고, 과공정의 경우는 반대현상이 나타나게 된다.

Sn-Cu계 솔더의 경우 사진 11에서 나타나듯이 과포화된 Cu가 초정의 형태로 조직 내에 고르게 분산되어서 모재 자체가 분산강화 된 성질을 보여주게 된다. 이는 의도적으로 분산상을 첨가하지 않고 본래의 응고조직만을 가지고도 복합솔더의 효과를 나타낼 수 있음을 보여준다.

또한, Cu가 과포화 되어 있음에 의하여 식 (1)과 (2)로부터 구한 계면 금속간화합물 성장률을 나타내는 n값이 0.35를 나타내고 있다.

$$x - x_0 = At^n \quad (1)$$

$$\ln(x - x_0) = \ln A + n \ln t \quad (2)$$

이는 일반적인 layer 성장일 때의 0.5에 비하여 낮은 값이며, 이로서 금속간화합물 층의 성장이 억제됨을 알 수 있다.

4. 참고문헌

Korea Patent #1999-044400-3, 1999.

J.Y. Park et al., JEM, in process.

S.Jin, M.McCormack JEM v.23 n.8 1994

J. L. Marshall Part 1,2,3 soldering & Surface mount technology n.26 July p23 1997

Yujing Wu, JEM V.22 N7 1993

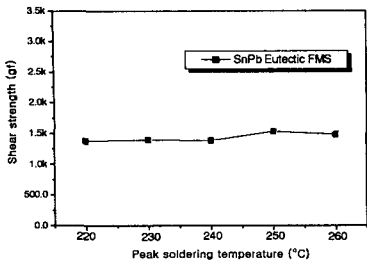


그림 1 shear strength of full melting eutectic solder

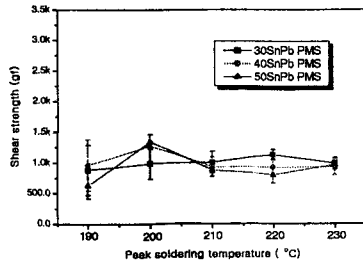


그림 2 shear strength of hypo eutectic PMS

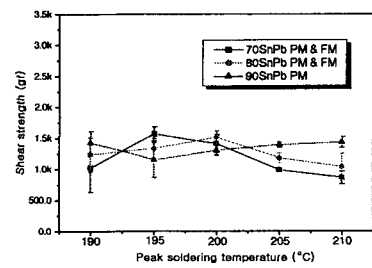


그림 3 shear strength of hyper eutectic PMS

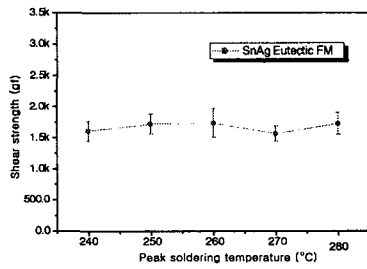


그림 4 shear strength of SnAg eutectic FMS

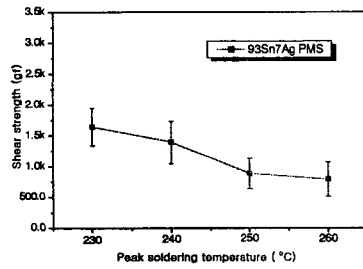


그림 5 shear strength of 93Sn7Ag PMS

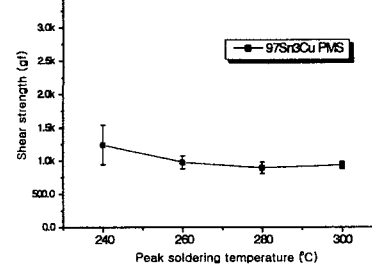


그림 6 shear strength of 97Sn3Cu PMS

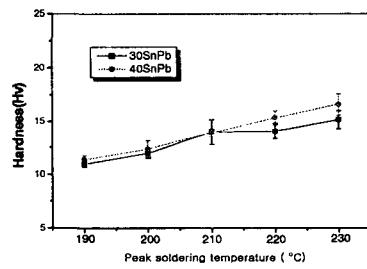


그림 7 Hardness of hypo SnPb PMS

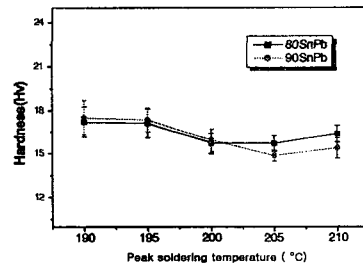


그림 8 Hardness of hyper SnPb PMS

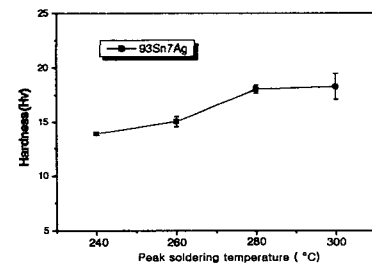


그림 9 Hardness of SnAg PMS

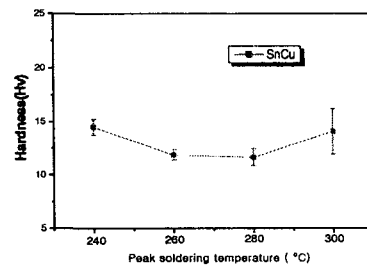


그림 10 Hardness of 97Sn3Cu PMS

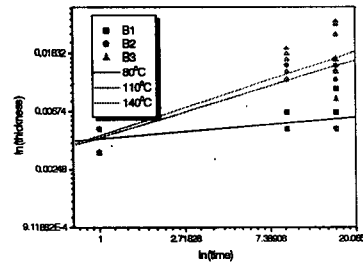


그림 11 Intermetallic compound's growth rate of SnCu system

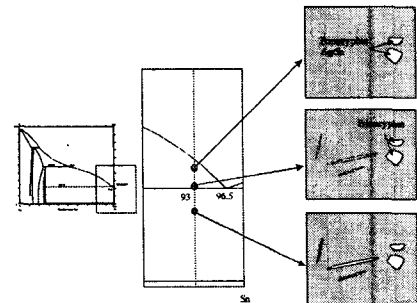


그림 12 Illustration of Solidification sequence

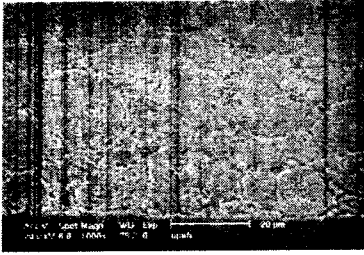


사진1 30SnPb 210 °C

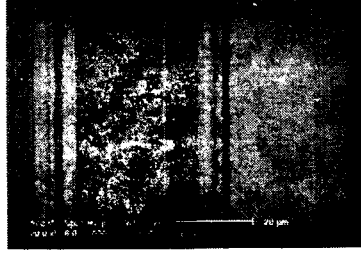


사진2 40SnPb 210 °C

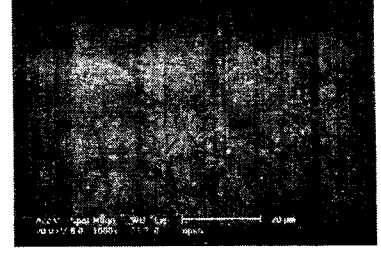


사진3 50SnPb 210 °C

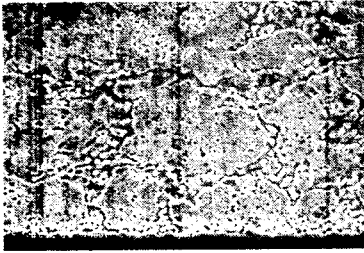


사진4 30SnPb 230 °C



사진5 40SnPb 230 °C

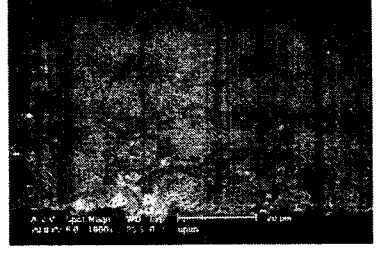


사진6 50SnPb 230 °C

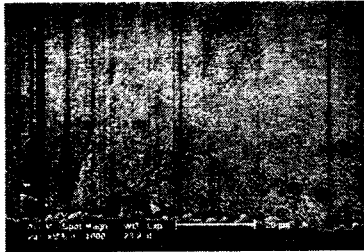


사진7 93SnAg 230 °C

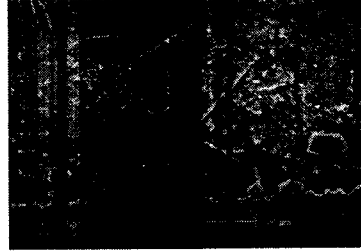


사진8 93SnAg 240 °C

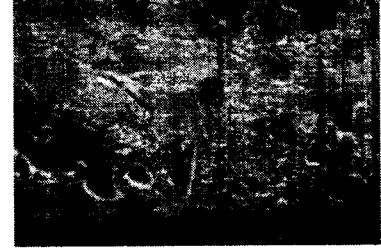


사진9 93SnAg 230 °C



사진10 Microstructure in the edge of SnAg Solder

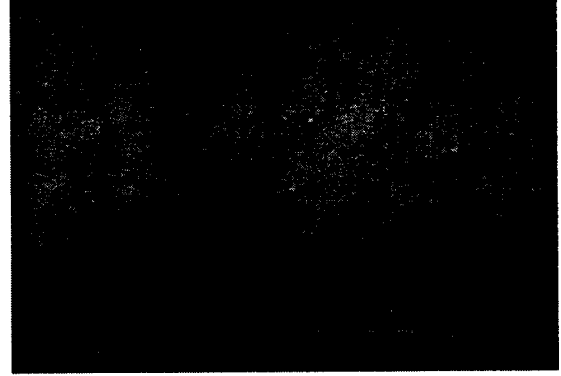


사진12 Microstructure of SnCu-dispersion hardening