

# Sn-Xwt%Cu 솔더의 젖음성에 관한 연구

The wettability of Sn-Xwt%Cu solder

이종범\*, 노보인\*, 정승부\*<sup>1</sup>

\*성균관대학교 신소재공학부

**ABSTRACT** The wetting balance test was carried out to compare the wettability of Sn-Xwt%Cu (0~3 wt%) solders. And, IMCs which were formed at interface between solders and substrates were investigated by using XRD (x-ray diffractometer), SEM (scanning electron microscope) and EDS (energy dispersive spectroscopy). The value of  $\gamma_{fl}$  and  $(\gamma_{fs} - \gamma_{ls})$  had a tendency to increase with increasing wetting temperature. The activation energy that was calculated between the bare Cu substrate and flux was increased in the following order : Sn-0.7wt%Cu (68.42 kJ/mol) ; Sn-3.0wt%Cu (72.66 kJ/mol) ; 100wt%Sn solder (94.53 kJ/mol).

## 1. 서 론

무연 솔더는 전자 부품에 손상을 입히지 않고 솔더링 할 수 있어야 한다는 관점에서 현재 사용되는 전자 부품의 내열성 범위내에서 솔더링을 할 수 있어야 하며, Sn-Pb 공정 솔더의 183°C 용점에 가까운 용점 특성이 요구된다<sup>1-2)</sup>.

솔더링성의 관점에서 무연 솔더의 도금을 포함한 전자 부품의 전극 소재 (Cu, Ni, Ag 등)에 대한 젖음성도 중요하다. 솔더링성은 전자 패키지에서 솔더의 가장 중요한 특성이다. 솔더링성은 "용융 솔더에 의해 표면에 젖는 특성"으로 간단하게 정의되며 젖음성은 솔더링성을 시험하는 방법으로 정의된다. 용융 솔더에 의한 표면의 젖음 특성을 언급할 때 젖음 범위와 젖음률의 중요한 두 인자가 있다. 젖음률은 시스템의 열적 요구, 열원으로부터 열이 공급되는 능력, 플럭스의 효과, 솔더의 점성과 계면에서 발생하는 화학적 반응에 의해 지배된다<sup>1-2)</sup>. 솔더링시에 소재의 표면 산화물을 플럭스의 화학반응에 의해 제거할 필요가 있지만, 젖음성이 떨어지는 솔더 합금의 경우에는 활성력이 강한 플럭스를 사용할 필요가 있으므로 부식, 마이그레이션 등의 화학적, 전기화학적 문제가 발생할 수도 있다. 솔더링의 작업성 관점에서 무연 솔더의 솔더링 불량 발생이 많다는 것이 문제가 된다. 브릿지, 납땀, 미납 등의 불량은 솔더 합금의 젖음 특성과 밀접한 관계가

있어 솔더 합금의 선정이 무엇보다도 중요하다. 또한, 재료적 관점에서 안전성과 독성의 제거는 언급할 필요도 없으며 경제적 관점에서는 공급의 안전성이나 가격이 중요한 인자이다.

본 연구에서는 웨팅 밸런스 시험기 (wetting balance tester)를 이용하여 100wt%Sn 솔더에 Cu의 함량 (0~3wt%)을 변화시키면서 젖음력과 젖음 시간을 측정하였고 Young - Dupre equation을 이용하여 각 솔더의 표면 장력과 활성화 에너지를 구하였다. 또한, 계면에 형성된 금속간 화합물을 XRD (x-ray diffraction), SEM (scanning electron microscope) 와 EDS (energy dispersive spectroscopy)를 이용하여 분석하였다.

## 2. 실험 방법

본 실험에서는 솔더 합금을 질소 분위기하에서 300°C 온도 구간에서 1시간 용융을 시켜 제조한 후 시차주사열량측정기 (differential scanning calorimetry, 이하 DSC, Seiko Co)를 이용하여 질소 분위기하에서 온도 구간 25°C~300°C, 승온 속도 10°C/min의 조건으로 솔더의 용융점을 확인하였다.

젖음성 평가는 MIL-STD-883D 조건에 따라 wetting balance tester (Rhesca Co. Ltd., SAT-5100)를 이용하여 실험을 실시하였다. 시편은 7.0×30.0×0.2 mm 크기의 bare Cu를

사용하였으며, 10% $H_2SO_4$  + 90% $CH_3OH$  용액을 이용하여 산화막을 제거하였다. 침적 시간 10 sec, 침적 깊이 5 mm, 침적 속도 10 mm/s의 조건으로 젖음성 시험을 실시하였다. 플럭스는 비중이 25°C에서 0.818이며, 고형분을 15% 함유하고 있는 RMA 타입을 사용하였다.

100wt%Sn 솔더에 Cu의 함량 (0~3wt%)을 변화시키면서 젖음력과 젖음 시간을 측정하였고 Young - Dupre equation을 이용하여 각 솔더의 표면 장력과 활성화 에너지를 구하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

솔더링 과정을 금속학적으로 보면 용융 솔더와 모재와의 접촉, 솔더와 모재간의 젖음 및 솔더와 모재간의 고상-액상 반응 (모재의 용융, 반응층 형성, 솔더 성분의 확산)으로 나눌 수 있다. 젖음성이란 고체 표면 위에서 액체가 퍼지는 정도를 나타내는 금속 표면의 성질로 금속의 종류, 플럭스의 종류 및 금속 표면의 오염물이나 표면 거칠기의 상태 등에 의해서 변화한다. Fig.1은 젖음 과정을 보여준다. 젖음의 물리적 현상은 Young-Dupre equation에 의해 지배되며 이 시스템은 총 자유 에너지가 최소가 되는 방향으로 진행된다. Young - Dupre equation은 다음 식과 같다<sup>3-4)</sup>.

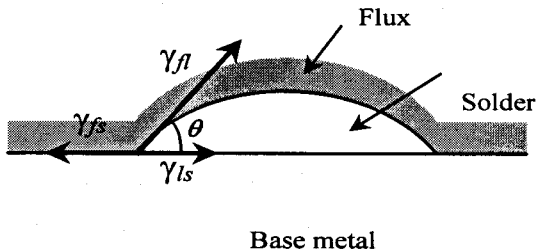


Fig.1 Wetting process

$$\gamma_{fs} = \gamma_{ls} + \gamma_{fl} \cos \theta$$

여기에서  $\gamma_{fs}$ ,  $\gamma_{ls}$ ,  $\gamma_{fl}$ ,  $\theta$ 는 각각 플럭스와 기판 사이의 표면 장력, 솔더와 기판 사이의 표면 장력, 플럭스와 솔더 사이의 표면 장력, 젖음각을 나타낸다.

일반적으로 젖음성을 평가할 때 젖음력이 높고 젖음 시간이 짧을수록 상대적으로 젖음성이 우수하다고 판단할 수 있다.

Fig.2는 플럭스를 이용하여 Cu 기판과 젖음성을 시험한 결과이다. 이 결과로부터, 온도가 올라갈수록 젖음력이 증가하고 젖음 시간이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. Sn-0.7Cu 솔더의 젖음 시간이 가장 작은 이유는 Sn-0.7Cu가 공정 조성으로 가장 낮은 용점을 가지고 있기 때문으로 사료된다.

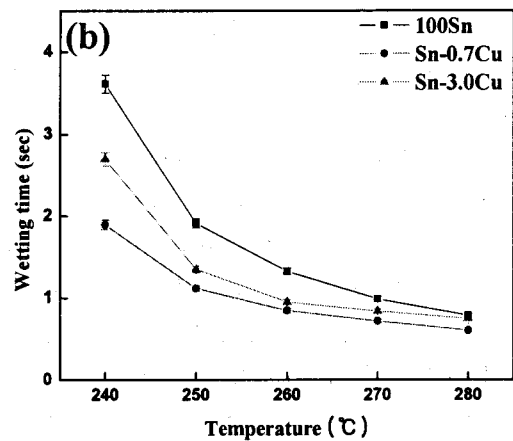
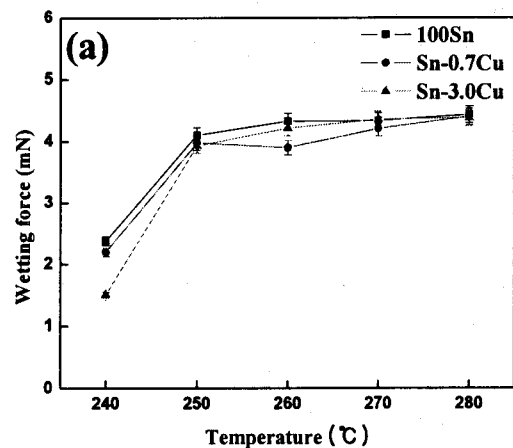


Fig.2 Wettability with Cu substrate; (a) wetting force and (b) wetting time

활성화 에너지를 구하기 위한 Arrhenius plot은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$t = t_0 \exp(Q/RT)$$

여기에서  $t$ 는 젖음 시간,  $T$ 는 절대온도,  $R$ 은 기체 상수 ( $8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ) 그리고  $Q$ 는 활성화 에너지를 각각 나타낸다.

Fig.3은 솔더에 따른 플럭스와 Cu 기판 사이의 활성화 에너지를 구한 결과이다. 100Sn 솔더의 경우,  $94.53 \text{ kJ/mol}$ 의 활성화 에너지가 요구되며 Sn-3.0Cu 솔더의 경우,  $72.66 \text{ kJ/mol}$ 의 활성화 에너지가 요구되는 것을 확인할 수 있었다. Sn-0.7Cu 솔더의 경우,  $68.42 \text{ kJ/mol}$ 의 활성화 에너지가 요구되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 활성화 에너지가 낮은 Sn-0.7Cu 솔더가 다른 100Sn 솔더와 Sn-3.0Cu 솔더보다 쉽게 젖음 반응이 일어나는 것이라 사료된다. 이는 다른 두 솔더에 비해 Sn-0.7Cu 솔더의 젖음력이 높고 젖음 시간이 짧다는 것을 의미하며 상대적으로 젖음성이 우수하다는 것으로 판단할 수 있다.

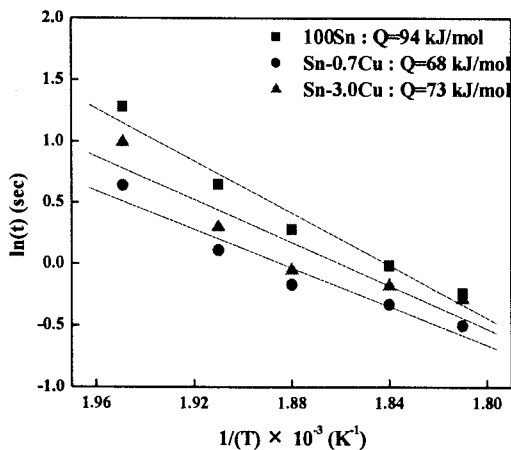


Fig.3 The Arrhenius plot with Cu substrate and Sn-Xwt%Cu

#### 4. 결 론

용융된 솔더의 온도가 증가할수록 Sn-Xwt%Cu 솔더의 젖음력은 증가하고 젖음 시간은 감소하는 것을 확인할 수 있다.

젖음 시간은 Sn-0.7Cu 솔더가 짧음을 확인할 수 있었다. 따라서, Sn-0.7Cu 솔더의 젖음성이

100Sn 솔더와 Sn-3.0Cu 솔더에 비해 우수하다고 판단되어진다.

또한, 100Sn, Sn-3.0Cu, Sn-0.7Cu 솔더 순으로 활성화 에너지가 감소하는 것을 알 수 있었으며, 활성화 에너지가 가장 낮은 Sn-0.7Cu 솔더가 기판과 가장 쉽게 반응을 시작하며 젖음성이 높은 것으로 사료된다.

#### 후기

본 연구는 산업자원부의 지역 기술 개발 프로그램(MOCIE : No.RTI04-03-04)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. F. J. Yost, F. M. Hosking and D R. Frear, The mechanics of solder alloy wetting and spreading, New York (1993) p.37-38
2. H. H. Manco, solders and soldering, McGraw-Hill (1992) p.128
3. A. J. Sunwoo, H. Hayashigatani, J. W. Morris, G.K. Lucey, JOM 43 (1991) p.21
4. A. J. Sunwoo, J. W. Morris, G. K. Lucey, JEM 21 (1992) p.54.