

## Cu용 브레이징 삽입금속 BCuP-2의 특성에 미치는 Sn의 효과

### Effect of Sn on the Characteristics of Brazing Filler Metal, BCuP-2 for Cu

엄인섭\*, 이봉근\*, 강정윤\*

\* 부산대학교 재료공학과

#### 1. 서 론

현재 열교환기 등의 동 및 동합금의 브레이징에 가장 널리 사용되어지고 있는 삽입금속은 BCuP-2이다. 이 BCuP-2 삽입금속은 값이 매우 저렴하고, self fluxing 작용에 의해서 플럭스 없이 접합이 가능하다. 그러나 다량의 Cu<sub>3</sub>P로 인하여 다양한 형태로의 가공이 힘들다. 이 문제점을 위해 Ag의 첨가로 용점을 낮출 수 있고 인장성질 또한 개선할 수 있는 BCuP-3, BCuP-4, BCuP-5, BCuP-6가 개발되어 있다. 본 연구에서는 Ag보다 가격면에서 우수한 Sn의 첨가가 BCuP-2의 특성에 미치는 효과에 대해 알아보고자 Sn을 첨가량에 따른 BCuP-2의 미세조직, 용점, 경도, 퍼짐성을 측정하였다.

#### 2. 실험방법

Cu 및 Cu-15%P 합금을 흑연도가니에서 고주파 유도로를 통해 가열하여 용해하였으며, 용탕에 Sn을 첨가하여 총 8개의 시험편(Cu-7.5P, Cu-7.5P-1Sn, Cu-7.5P-2Sn, Cu-7.5P-3Sn, Cu-7P, Cu-7P-2Sn, Cu-7P-3Sn, Cu-7P-4Sn)을 제조하였다. P의 기화되는 정도를 알기 위해 GDS를 통하여 성분분석을 실시하였으며, 조직관찰을 위해 알루미나를 이용해 연마하여 2g KCr<sub>2</sub> - 200ml H<sub>2</sub>O - 4ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 로 5초간 부식 후 광학현미경 및 SEM을 통하여 조직을 관찰하였다. 또한 각 조직의 성분을 알기 위해 EDX를 통하여 상을 이루고 있는 성분을 측정하였다.

용점은 고온 DTA를 이용해 측정하였고, 경도는 Vickers 경도기(하중 500g, 유지시간 10sec)를 이용하여 10군데의 경도값을 측정한 후 평균값을 계산하였다.

퍼짐성은 실제 사용되고 있는 토치 브레이징

장치를 사용하여 아세톤으로 세정한 Cu 판재(두께:5mm, 가로x세로:50mmx50mm) 위에 시험편(무게:300mg, 단면직경:0.455mm)을 놓고 Cu 판재 아래쪽을 토치를 이용하여 가열하였다. 토치 불꽃은 LPG 50ℓ, O<sub>2</sub> 100ℓ으로 유량을 조절하였으며, Cu 판재와 7.7cm의 거리를 두고 4sec간 유지하여 용융된 시험편의 면적을 측정하였다. 퍼진 면적은 이미지분석기(image analyzer)를 이용하여 측정하였으며 퍼짐성은 Equation 1 을 이용하여 계산하였다.

$$Spreadability(\%) = \frac{(S - S_0)}{S} \times 100$$

Equation 1. Definition of spreadability

S<sub>0</sub>는 가열 전 시험편의 단면적이고 S는 시험편을 가열 후 Cu 판재위에 퍼진 면적을 나타내는 값이다.

#### 3. 결과

##### 3.1 미세조직

Fig 1은 BCuP-2에 Sn의 첨가에 따른 미세조직의 변화를 광학현미경을 통해 관찰한 사진이다. (a)그림과 (b)그림 모두 Sn의 첨가에 따라 Cu 조정의 분율이 감소하면서 공정상의 변화를 보이고 있다. Sn이 첨가되지 않은 Cu-7P와 Cu-7.5P 조성에서는 조정형태의 Cu상과 Cu와 Cu<sub>3</sub>P로 이루어진 lamella 구조의 공정상이 관찰된다. Sn의 첨가량이 증가할수록 이런 lamella 구조의 공정상들이 점차 감소하면서, 동시에 Cu matrix에 구상에 가까운 형태를 가지는 Cu<sub>3</sub>P상의 양이 증가하며, 동시에 Cu<sub>3</sub>P로 이루어진 침상형태의 조직이 점차 많아지면서 Cu-P-Sn의 3원계 공정상의 형태로 변하는 결과를 보이고 있다.

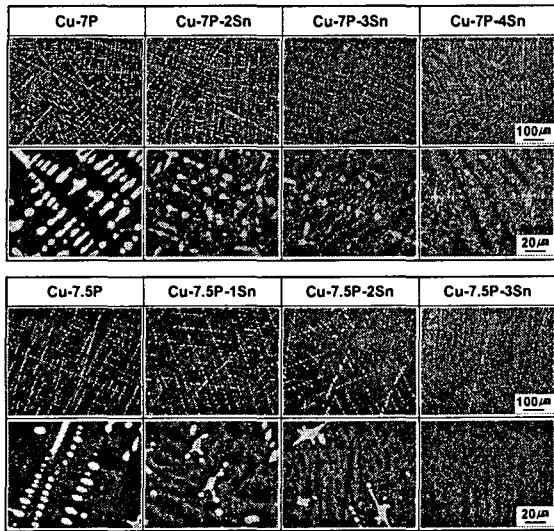


Fig 1. Microstructures of BCuP-2 contained different Sn

Fig 2의 Cu-7.5P-2Sn의 SEM 사진과 EDX 결과를 나타낸다. A부분은 Cu 초정상이고 B부분은 구형에 가까운 Cu<sub>3</sub>P상이며, C부분은 Cu matrix이고 D부분은 침상형태의 Cu<sub>3</sub>P상이다. Sn은 공정상 내부에 Cu matrix에서 발견된 것으로 보아 Sn의 함량이 적어 Cu에 고용된 상태로 사료된다.

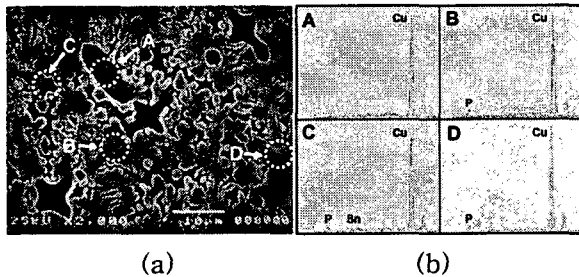


Fig 2. SEM and EDX analysis of Cu-7.5P-2Sn  
(a) SEM of Cu-7.5P-2Sn  
(b) EDX analysis of Cu-7.5P

### 3.2 용점, 경도 및 퍼짐성

#### 3.2.1 용점

Sn의 첨가에 따른 용점강화는 익히 알려져 있다. Cu-P-Sn 3원계 상태도에 따르면 Cu-7.5P-3Sn에서 공정상이 나타나며 이는 조직 관찰을 통해 알 수 있고 가장 낮은 용점을 보인다.

#### 3.2.2 경도

Fig 3에서는 Sn의 첨가량에 따른 Vickers 경

도값의 변화를 나타내고 있다. Sn의 함량이 증가할수록 경도값은 증가하며, P의 함량이 많을수록 높은 경도값을 나타낸다.

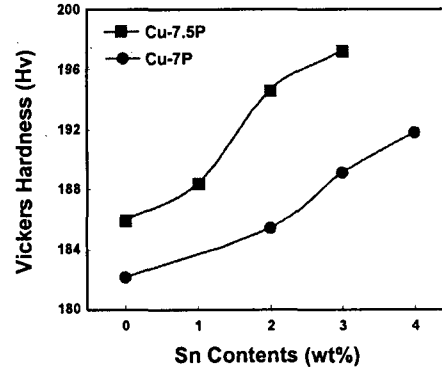


Fig 3. Vickers Hardness of BCuP-2 contained different Sn

#### 3.2.3 퍼짐성

Fig 4은 Sn의 첨가량에 따른 퍼짐성을 나타내고 있다. Sn의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성이 낮아지는 결과를 보이고 있다. 1wt%의 Sn 첨가에도 퍼짐성 감소가 눈에 띄게 감소하며 Sn의 첨가량이 점차 증가할수록 퍼짐성의 감소폭은 점차 줄어든다.

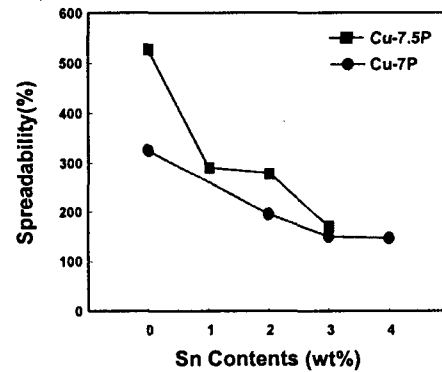


Fig 4. Spreadability of BCuP-2 contained different Sn

### 4. 결 론

본 실험의 결과에 따르면 Sn의 첨가(1wt%~4wt%)에 따른 BCuP-2의 특성변화는 다음과 같다.

- 1) Sn 첨가량이 증가할수록 미세조직의 변화는 lamella 구조의 공정상의 분율이 감소하고 Cu<sub>3</sub>P상은 구상에 가까운 형태로 변화한다. 또한 침상 형태의 조직의 분율이 증가하면서 공정상에 가까워진다.
- 2) Sn 첨가로 인해 기존의 BCuP-2 보다 용점이 낮아지며 Sn의 첨가량이 증가할수록 용

점은 더욱 감소한다.

- 3) Sn 첨가량이 증가할수록, P의 양이 증가할수록 경도값은 증가한다.
- 4) Sn 첨가에 의해 퍼짐성은 급격히 낮아지며 Sn의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성의 감소량은 점차 적어진다.

후 기

합금 제조시 Fig 6의 Cu-P 2원계 상태도에서 보듯이 15wt%P를 용해하게 되면 P이 기화되는 현상이 일어난다. P의 기화되는 정도를 정확히 조절하기 힘들기 때문에 GDS 성분분석을 실시하였는데 목표로 한 P의 양과는 ±0.2% 내외의 오차가 발생하였다. 이는 동일한 합금 제조공정을 통한 GDS성분분석으로 검증선을 나타내는 Data을 얻을 필요가 있다.

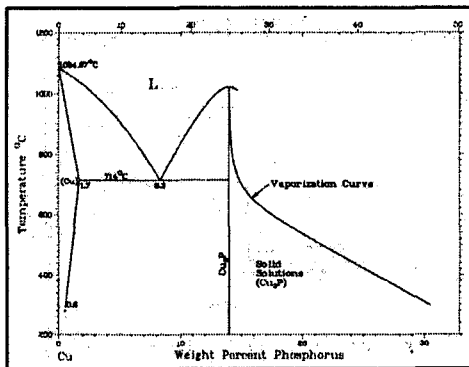


Fig 6. Cu-P Binary Phase Diagram

본 실험은 최소한의 Sn 첨가에 따른 효과를 보기 위해 Sn의 첨가량을 1%에서 4%로 제한하였다. 그 이유는 BCuP의 경우 Ag의 첨가로 인해 용점강화와 연성증가를 가져온 BCuP-3, BCuP-4, BCuP-5, BCuP-6가 개발되어 있기 때문에, Ag보다 값싼 Sn의 첨가하여 같은 목적을 달성하고자 하였으나 경도와 퍼짐성에서 문제점이 드러났다.

최초에 인장성질은 경도값과 비교하여 예측하려 하였다. 결과적으로 경도값에 대한 문제점이 드러났지만 조직상으로 공정부분의 Cu<sub>3</sub>P상이 구상에 가까운 형태를 가지기 때문에 가공성은 오히려 증가할 것이라 예상되므로 인장시험이 추가적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 인장성질에도 문제점이 드러난다면 가공성을 증가를 가져오는 Rare Earth Metal(REM)을 미량 첨가함으로써 해결할 수 있을 것이라 사료된다.

또한 퍼짐성 문제는 용점을 증가시키지 않고 인장성질을 감소시키지 않는 원소 중에 퍼짐성이 좋은 원소를 첨가하여 해결할 수 있을 것이라 사료된다.

그 외에 브레이징 접합에 있어서 현재 결과에 따르면 Sn의 첨가(1wt%~4wt%)에 따른 BCuP-2의 특성이 용점저하 이외에는 기대할 수가 없다. 하지만 다른 원소의 미량 첨가로 충분히 기존의 BCuP 제품들보다 우수한 특성을 가지는 브레이징 삼입금속의 제조가 가능할 것으로 사료된다.