

희토류금속 첨가에 의한 고신율 BCuP-2 삽입금속 개발에 관한 연구 (II)

-미세조직 및 기계적 성질에 관한 연구-

A study on the development of high elongated BCuP-2
filler metal with Rare Earth Metal(REM) (II)
-Microstructures & Mechanical properties-

이영진*, 이봉근*, 강정윤*, 우창세**, 양성철***

* 부산대학교 금속공학과 ** LG생산기술원 *** (주)삼화합금 연구이사

1. 서론

BCuP 삽입금속의 종류에는 Cu-P 2원계인 BCuP-1, BCuP-2와 연성증가를 목적으로 Ag를 첨가한 Cu-P-Ag 3원계의 BCuP-3, BCuP-4, BCuP-5, BCuP-6가 있다. BCuP-2는 접합온도에서 유동성이 양호하고 좁은 접합간격(0.02~0.08mm)의 브레이징이 가능하며, 제조원가도 매우 낮아 경제적이다. 그러나 P의 함유량이 높아서 다량의 취성적인 Cu_3P 금속간 화합물이 생성되어 강도가 높아지는 관계로 Ring 등 다양한 형태로의 가공이 어렵다. 이러한 가공성을 개선하기 위해서 일반적으로 Ag를 첨가한다.⁽¹⁾ 그러나 본 실험에서는 연성을 증가시키기 위한 방법으로 고가의 Ag대신 REM을 첨가하여 그 미세조직 및 기계적 성질을 고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험은 Cu와 REM으로 이루어진 모합금을 Ar분위기의 진공 Arc로에서 Bulk형태로 제조하여 용탕 용해시에 사용하였다. 용탕 용해는 대기중 분위기에서 고주파로를 사용하여 흑연도가니에서 용해하였고, 용해온도 및 용탕 주입온도는 Pyrometer를 사용하여 1200℃로 일정하게 유지시켰으며, 용탕 주입 5분전에 모합금을 장입하였다. 몰드 온도는 전기저항로에서 300℃로 1시간 이상으로 유지한 후 용탕 주입 10초전에 꺼내어 사용하였다.

합금 성분의 분석은 ICP-AES를 이용하였으며, 융점은 고온 DSC를 이용하여 승온속도를 분당 20℃로 설정하여 측정하였다. 조직관찰은 2g KCr_2 - 100ml H_2O - 4ml H_2SO_4 로 부식한 후 Optical Microscope(이하 OM)/Scanning Electron Microscope(이하 SEM)을 이용하여 관찰하였고, Image Analyzer를 이용하여 Pseudo Primary Phase(Cu_3P)의 분율을 측정하였다. Ingot는 압출을 통해 Wire재로 가공하였다. 기계적 성질을 알아보기 위하여 tensile test/wrapping test, hardness test를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에서 REM이 첨가되지 않았을 때 거시적 조직을 (a)에 나타내었으며, (a)의 일부분을 확대하여 (b)에서 SEM조직으로 관찰하였다. (b) 조직에서는 두가지 상이 관찰되는데 A로 표시된 상과 공정상이 그것이다. A상의 성분이 무엇인지 알아보기 위하여 EDX분석한 결과를 (c)에 나타내었으며, Cu상인 것으로 나타났다. 이에 대하여 REM이 첨가됨에 따른 거시적 조직을 (d)에 나타내었으며, (d)의 일부분을 확대하여 (e)에서 SEM조직으로 관찰하였다. (e) 조직에서는 REM이 첨가되지 않았을 때에 비하여 초정상 주위에 검은부분(B)이 나타난다. 이 B부분이 무엇으로 이루어졌는지 알아보기 위하여 EDX분석을 행한 결과를 (f)에 나타내었으며, Cu_3P 상인 것으로 나타났다.

그림 1에서 REM이 첨가되지 않았을 때(a)와 REM이 첨가되었을 때(d)를 비교해보면 REM이 첨가될수록 초정Cu의 분율이 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 실제로 희토류 금속이 증가함에 따른 Cu 및 Cu_3P 상의 분율변화를 측정해 본 결과가 그림 2이다. 여기서 Cu초정의 경우 희토류 금속이 첨가되지 않는 시편에 비해 1~2%정도 증가하는 경향을 보이고 있으며, Cu_3P 상의 경우에는 희토류 금속의 첨가량이 0.03wt%이상에서 급속도로 증가하는 경향을 보이고 있다. 초정Cu의 분율이 증가하는

이유는 그림 3에서와 같이 회토류 금속이 불균일 핵생성 사이트로 작용하기 때문으로 사료된다. 이 초정 Cu상의 경우 연한 성질을 갖고 있으므로 연성증가에는 좋은 영향을 나타낼 것으로 사료된다. 초정주위의 Cu_3P 상의 생성은 초정이 불균일 핵생성에 의해 과다하게 생성되면, 그 주위로 P를 배출하여 주위는 순간적으로 과공정의 상태로 변화하여 초정 주위에 Cu_3P 상이 생성되는 것으로 사료된다. 그러나 공정상중에 존재하는 Cu_3P 상의 경우에는 상기 원인으로 설명을 할 수 없으며, 이는 회토류 금속에 의한 것으로 사료되어 그림 4에서 BSE 이미지로 관찰하여 보았다. 공정상 중의 Cu_3P 내에서 흰색침상이 관찰되었는데 이를 EDX 분석하여 보았다. EDX분석 결과 흰색침상에서 회토류 금속이 검출되었으며, 그림 5에서 보는 바와 같이 EPMA mapping으로 분석하여 보면, 주위보다 회토류 금속이 많고, Cu의 양이 작은 것을 관찰할 수 있다. 상기 Cu_3P 상들은 매우 취약한 성질을 갖게 됨으로 그 양이 증가한다면 기계적 성질에는 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 사료된다.

또한, 회토류 금속이 첨가되게 되면 공정상의 형상이 변화하게 된다. 이것을 그림 6에서 나타내었다. 형태는 일반적인 층상구조에서 미로형상으로 변화하는 것을 볼 수 있다. 이러한 공정상의 형태 변화는 회토류 금속에 의한 것으로 Al-Si합금계에서 많이 나타나며, 이는 첨가되어진 회토류 금속이 초정Cu 및 고액계면의 표면에너지를 낮추기 때문으로 사료된다.⁽²⁾ 또한, 공정상의 층간거리를 구하여 보면 회토류 금속의 첨가량이 증가함에 따라 층간간격이 넓어지는 것을 볼 수 있다.⁽²⁾ 일반적으로 층간간격과 냉각속도는 반비례 관계에 있으므로 회토류 금속이 첨가되면 냉각속도는 감소하는 것으로 사료된다. 일반적으로 공정상의 층간간격이 넓어질수록 연성에는 좋은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

그림 7은 Rockwell Hardness값을 나타낸 그래프이다. 여기서 보면 0.003wt% REM까지 감소하다 이후 증가하는 경향을 나타내고 있다.

4.결론

REM 첨가량이 증가함에 따라 초정의 분율은 점차적으로 증가하는 경향을 띤다. Cu_3P 의 분율은 0.01wt% REM까지 감소하다 이후 급격히 증가하는 경향을 가지고 있다. 공정상의 형상은 층상구조에서 미로형상으로 변화하며, 그 층간간격이 넓어진다. 경도값은 0.03wt% REM까지 감소하다 이후 증가하는 경향을 보인다.

이상의 결과에서 미세조직 및 기계적 성질을 고려해 볼 때 최적조성은 0.01wt% REM 내외인 것으로 사료된다.

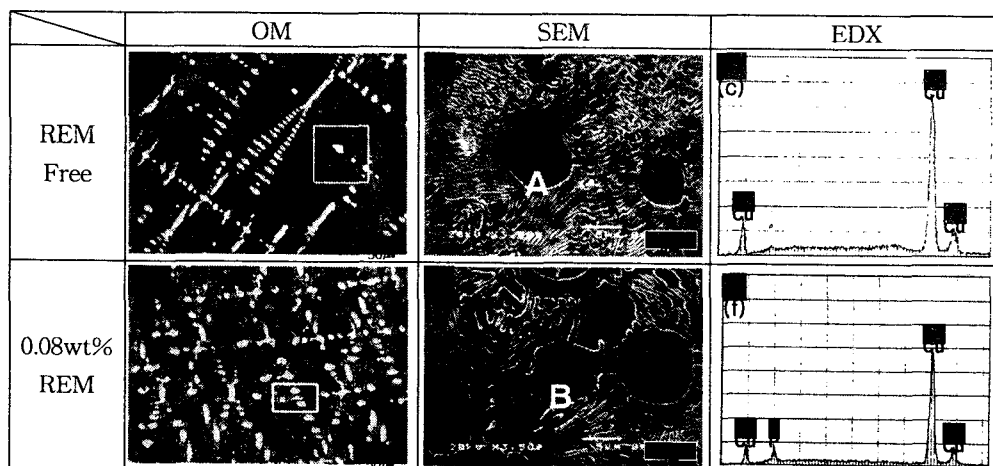


Fig 1. A Comparison of microstructures and EDX analysis result with variation of REM additives(BCuP ingots)

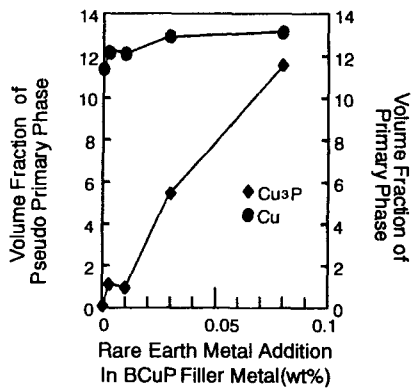


Fig 2. The change in Volume fraction of primary phase & pseudo primary phase with variation of REM additives (BCuP-2 ingots)

Fig 3. SEM observation of heterogeneous nucleation site & EDX analysis result of REM-added BCuP-2

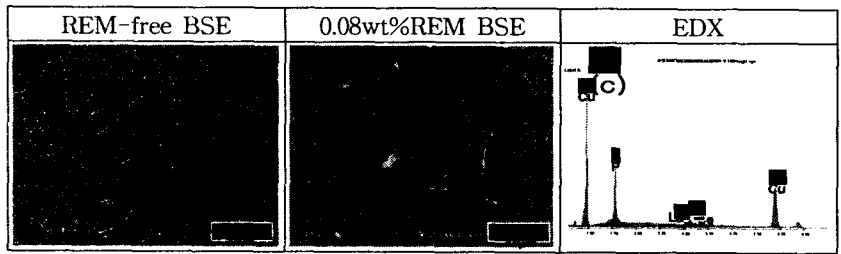


Fig 4. BSE microstructures with variation of REM additives

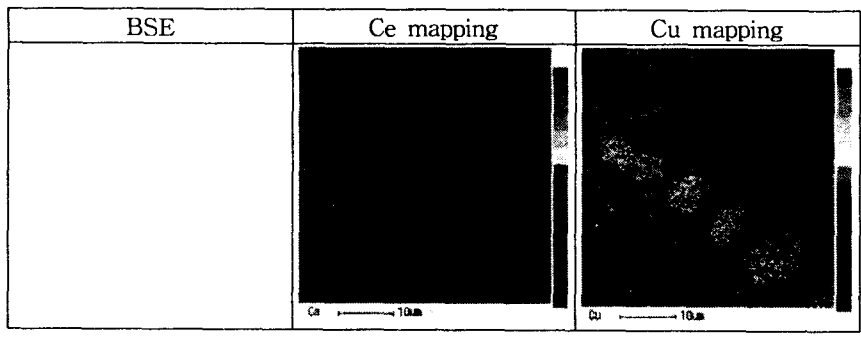


Fig 5. EPMA result with 0.08wt%REM additives specimen.

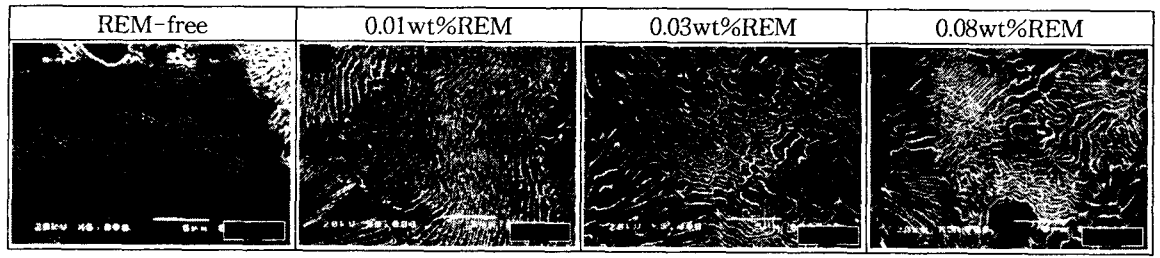


Fig 6. Change in SEM microstructures of eutectic phase with variation of REM additives

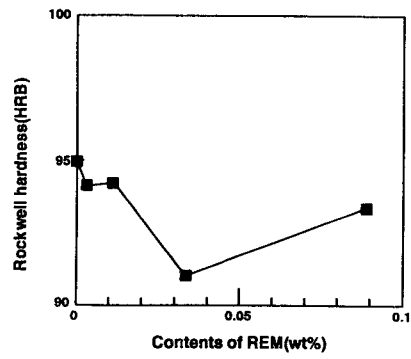


Fig 6. Rockwell hardness Test result with variation of REM additives

References :

- (1) Wayne D.Rupert, Welding Journal, 43-45, 5 (1996)
- (2) J.Zang, Z.Fan, Y.Q.Wang, B.L.Zhou, Materials science & Engineering, A281,104-112(200)