

## 기계적 합금화 방법에 의해 제조한 극초미세구조의 W-Cu합금의 조밀화에 관한 연구

( A Study on the Densification of Nanostructured W-Cu Alloys  
Prepared by Mechanical Alloying )

한양대학교 재료공학과 김진천\*, 류성수, 문인형

### 1. 서론

기계적 합금화 방법은 최근 주목받는 재료분야인 극미세 결정립재료(nanostructured materials; NS materials)를 분말형태로 가장 쉽게 제조할 수 있는 공정이며, 특히 상호고용도가 없는 합금 계에서 극미세 구조화의 응용이 기대되는 공정이다. 그러나 현재까지의 기계적 합금화 방법에 의한 NS재료의 연구는 대부분 합금분말 제조시 제조공정에 따른 NS분말 특성 연구에 한정되어 있고, 특히 액상소결 합금계에서 기계적 합금화 방법에 의한 NS분말의 제조 후 소결거동 및 조밀화 거동의 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구그룹은 열소산재료등의 반도체 주변재료로서 큰 관심을 끄는 상호 불고용성의 W-Cu계를 선택하여 MA방법으로 NS-구조의 복합분말을 제조하고 일부 물성을 평가한바 있다. 본 연구는 앞선 연구의 후속 연구로 나노크기 상태로 매우 균질하게 분포하는 NS W-Cu 복합분말을 이용하여 액상소결을 할 때 고상 및 액상소결 단계에서의 조밀화 거동을 조사하고자 한다.

### 2. 실험방법

본 연구에서는 99.9%의 순도를 갖는 평균 입도  $4.28\mu\text{m}$ 의 텅스텐 분말과 99.5%의 순도를 갖는 -325mesh의 Cu분말을 사용하여 NS W-Cu 복합분말을 제조하였다. 복합분말의 미세구조 및 물리적 특성평가로 400rpm으로 50시간 이상 기계적 합금화를 진행하였을 때 정상상태의 금속복합분말을 제조할 수 있었다. 소결온도에 따른 조밀화 거동을 조사하기 위하여 정상상태 분말을 일반적인 냉간 압축성형 방법으로 성형체를 제조한 후, 900~1400°C 온도 범위에서 소결을 행하였으며, SEM으로 미세구조를 조사하였다. 조밀화 및 소결조직에 가장 큰 영향을 미치는 복합분말의 온도에 따른 극미세 구조의 변화는 MA분말을 200~900°C에서 열처리한 후, 300mesh Cu-grid에 분말을 부착하여 TEM으로 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

기계적 합금화한 NS W-Cu 복합분말의 성형체는 Cu액상이 출현하기 이전의 고상소결 단계에서 매우 급격한 밀도 증가를 보였으며, 액상이 출현하는 1100°C에서 95%이상의 비밀도를 얻을 수 있었다. 이후 액상소결단계인 1200°C의 온도이상에서는 98%이상의 비밀도를 얻을 수 있었으며, 1300°C에서는  $1\mu\text{m}$ 이하의 W 입자가 매우 균일하게 분포하는 소결조직을 얻을 수 있었다. 이러한 미세하고 균일한 조직의 소결체는 기계적 합금화 방법에 의한 W과 Cu상의 균일한 혼합상태에 기인하며, 특히 고상소결 온도범위에서 복합분말내에서 급격하게 발생하는 두 성분 사이의 극미세 소결(nanosintering)로 형성된 Cu rich상에 의한 복합분말의 재배열과 액상소결 온도 범위에서의 복합분말내의 W 입자의 빠른 재배열이 중요한 역할을 하였다.