

W-Cu 나노 복합재료의 열적 특성 평가 (Characterization of Thermal Properties of W-Cu nano composite)

한국과학기술원 이용연*, 차승일, 홍순형
한국기계연구원 홍성현, 김병기

1. 서론

W-Cu 복합재료의 경우 W과 Cu의 상호불용도로 인하여 보통의 액상소결법을 이용하여 고밀도의 소결체를 제조하는데 한계가 있다. 이로 인해 보통은 Fe, Ni, Co 등의 전이원소들의 첨가를 통한 활성화 소결을 이용하여 고밀도 소결체를 제조하고 있으나 이러한 불순물 원소의 첨가는 최종 소결체의 열적 특성, 특히 열전도도를 크게 저하 시키게 된다. 분말의 소결능을 향상시켜 열적특성이 우수하고 고밀도의 소결체를 제조하기 위해 mechano-chemical process를 이용하여 100nm 미만의 미세한 W grain size를 가지는 W-Cu 나노 분말을 제조하였다. 제조 분말은 염상태에서 제조되어 염제거 후 환원 단계를 거치게 되는데 분말의 환원 조건에 따라 분말 특성 뿐만 아니라 최종 소결체의 특성도 큰 차이를 보이게 된다. 본 실험에서는 환원 조건을 700°C 4시간, 750°C 4시간, 700°C 8시간 3가지 조건으로 변화하였을 때 W-20wt%Cu 나노분말의 소결특성 및 열적 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 KIMM에서 mechano-chemical process를 이용해 제조된 W-20wt%Cu nano powder를 사용하였다. W 염인 AMT $[(\text{NH}_4)_6(6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 와 Cu 염인 Copper Nitrate $[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ 가 W-20wt%Cu 조성으로 녹아 있는 수용액을 분무건조를 통하여 시초분말을 제조하였다. 분무건조된 시초분말은 대기중에서 300°C~750°C 온도에서 염제거를 한 후 알루미늄 용기에 초경볼과 헥산을 장입하여 12시간 동안 볼밀링으로 분말을 분쇄하였다. 분쇄된 분말은 수소분위기에서 700°C 4시간, 750°C 4시간, 700°C 8시간 각 3가지 조건으로 환원하였다. 환원된 분말은 $\phi 13\text{mm}$ Mold를 이용하여 일축가압 3t 으로 성형하였다. 성형된 분말은 수소 분위기에서 승온 속도 5°C/min으로 1250°C 1시간동안 액상소결을 해주었다. 소결체는 수중부유법을 통하여 밀도를 측정하였으며, 미세조직 관찰을 위해서 SEM 관찰을 해주었다. 열적 특성 평가는 열전도도의 경우는 Laser Flash Method 장비를 이용하여 열확산계수를 측정하여 열전도도를 구하였으며, 열팽창계수의 경우는 TMA 장비를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

나노분말 소결체의 경우 W 입도는 분말 환원조건에 관계없이 0.5 μm 정도로 기존 상용 W-Cu 제품에 비하여 1/5 수준이었다. 또한 소결체의 열전도도의 경우는 환원 조건에 따라 220-240 W/mK로 상용제품에 비하여 15-20%정도 우수한 값을 보인 반면 열팽창계수의 경우는 7.3-7.8 ppm/K 으로 큰 차이가 없었다. 환원 조건에 따라서는 700°C 4시간, 750°C 4시간, 700°C 8시간 순서로 밀도가 높고, 열전도도도 우수하였으며, 특히 700°C 8시간 환원 분말의 경우 상대밀도 99%이상의 고밀도 소결체의 제조가 가능하였다. 이를 통해 700°C 8시간 환원 조건이 최적의 환원 조건으로 생각되며, 나노분말을 통한 고밀도, 고순도 소결체의 제조가 열적 특성에 큰 향상을 줄 수 있었다.