

불밀링한 W-15wt%Cu 복합분말로 제조된 금속사출성형 부품의 소결거동과 물성  
The Sintering Behavior and Properties of MIM Parts Made of Ball Milled  
W-15wt%Cu Composite Powders

한양대학교 김순옥\*, 류성수, 김영도, 문인형

### 1. 서론

W-Cu 합금은 고출력 집적회로의 열소산재로 많이 응용되고 있으며, 형태 특성상 금속사출성형(Metal Injection Molding; 이하 MIM) 방법이 적합한 제조법이다. MIM은 금속분말과 유기 결합제의 혼합, 사출성형, 결합제 제거 및 소결로 이어지는 공정에서 많은 변수들이 최종 소결체의 특성에 큰 영향을 미친다. 특히 금속분말의 입도크기 및 분포, 형상, 입자간의 마찰력 등의 특성들은 MIM 응용시 전체공정의 중요한 변수로 작용을 한다. 따라서, 본 연구에서는 W-Cu 합금을 열소산재로 응용하기에 적합한 물성을 갖는 W-15wt%Cu 조성의 합금계를 선택하여 불밀링 방법으로 제조된 복합분말의 특성이 MIM 공정에 미치는 영향을 조사하였다. 또한, MIM 성형체의 소결특성과 소결체의 전기적 특성 등을 조사하였다.

### 2. 실험방법

평균입도가 1.77 $\mu\text{m}$ 인 W 분말과 분급된 -400mesh Cu (이하 Cu(-400)로 표기) 및 수지상인 3 $\mu\text{m}$  Cu (이하 Cu(3 $\mu\text{m}$ )로 표기) 분말을 원료분말로 사용하여 단순혼합 방법과 불밀링 방법으로 W-15wt%Cu 복합분말을 제조하였다. 이때, Cu(-400)는 -325mesh Cu 분말을 불밀링 조건인 불과 무게비로 1:10으로 하여 Turbula Mixer에서 62회/분 속도로 1시간 동안 불밀링한 후 분급하여 얻었다. 비중차가 큰 W 분말과 Cu 분말의 균일한 혼합을 위하여 불밀링 시간을 2, 5, 10시간으로 증가시켰다. 복합분말의 특성으로 입자크기 및 분포, 겉보기 밀도와 안식각, 기공도 등을 측정하였다. 다성분 결합제에 복합분말을 부피비로 62%로 혼합하여 제조한 feedstock을 금형과 실린더를 각각 75 $^{\circ}\text{C}$ , 125 $^{\circ}\text{C}$ 로 예열하여 40MPa 압력으로 사출성형하였다. 결합제가 제거된 시편은 수소분위기에서 소결온도와 소결시간을 변화시켜 소결하였다. 소결체의 SEM 미세조직을 정량적으로 분석하기 위하여 W 입자크기를 측정하고, 전기비저항 측정을 통한 전기전도도 값을 구하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

단순혼합 방법으로 제조된 W-15wt%Cu 복합분말은 W 분말과 Cu 분말의 큰 비중 차이로 인해 편석이 일어난 반면, 불밀링 방법으로 제조된 W-15wt%Cu 복합분말은 미세하고 균일한 분포를 나타내었다. 또한, 불밀링 방법으로 W-15wt%Cu 복합분말 제조시 연질의 Cu 분말의 크기와 형상은 불밀링 시간이 증가함에 따라 W 원료분말의 크기로 균일화되었다. 소결체의 미세조직은 불밀링 시간과 Cu 분말 종류에 상관없이 1400 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5시간 소결로 치밀화가 이루어지면서 Cu 기지상에 W 입자들이 균일하게 분포하고 W 평균 입자크기는 일정하였다. 이는 불밀링 시간이 2시간에서 10시간으로 증가하여도 불과 용기벽의 마찰에 의해 혼입되는 불순물의 양의 증가는 Cu 기지상에 대한 W 입자 성장에 영향을 미치지 않았기 때문이다. W-15wt%Cu 합금의 이론적 전기전도도 값은 IACS 40%이지만 본 연구에서는 2시간 불밀링한 복합분말로 제조된 W-15wt%Cu(3 $\mu\text{m}$ ) 합금에서 IACS 35%의 값을 얻었다.