

## SPS/용침 공정으로 제조된 W-Cu 경사기능재료의 미세조직과 물성에 관한 연구

### A Study on the Microstructure and Properties of W-Cu Functionally Graded Material Fabricated by SPS/Infiltration Process

울산대학교 첨단소재공학부/기계부품 및 소재특성평가 연구센터 \*신철균·김환태·김지순·권영순  
삼척대학교 재료금속공학과 석명진

#### 1. 서 론

W-Cu 복합재는 W의 우수한 내마모성, 내아크성과 Cu의 뛰어난 전기적, 열적 특성으로 다양한 산업분야에서 널리 활용되고 있다. 그러나, W-Cu 복합재를 완충영역 없이 W와 Cu를 직접 접합시켜 사용할 경우, 물성이 계면에서 급격히 변화하기 때문에 W와 Cu의 함량을 두께에 따라 점진적으로 변화시킨 경사기능재료의 필요성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 방전플라즈마소결법(Spark Plasma Sintering)을 이용하여 기공도 구배를 갖는 W 골격체를 제조한 후, 용침 공정을 이용해 W-Cu 경사기능재료를 제조하였다. 제조된 경사기능재료는 미세조직과 물성을 관찰, 조사하여 적층접합법으로 제조된 W-Cu 경사기능재료의 결과와 비교하였다.

#### 2. 실험방법

SPS를 이용한 예비소결실험으로, 800℃, H<sub>2</sub> 분위기에서 1시간 동안 환원한 분말을 이용해 1300℃에서 2000℃까지 100℃ 간격으로 각각 15, 30, 50MPa의 압력을 가하여 W 골격체를 제조하였으며, 수평관상로를 이용하여 1150℃, H<sub>2</sub> 분위기에서 1시간 동안 용침을 실시하였다. 얻어진 골격체에 대해, 소결온도와 압력에 따른 기공도와 기공형상 변화에 따른 용침 특성을 평가하였다. 경사기능재료 제조 실험에서는 몰드 상부에서 하부로 단면적이 증가하는 형태로 몰드를 제작하여 W 골격체를 SPS로 소결하여 기공도 구배를 갖도록 제조하였다. 소결체는 다이 압축방향에 수직으로 6등분하여 밀도를 측정하였고, 위와 동일한 조건으로 Cu를 용침시켜 지속적인 조성구배를 갖는 W-Cu 경사기능재료를 제조하였다. 또, 적층접합법에 의한 경사기능재료 제조를 위해 원통형 흑연 몰드에서 온도 조절을 통해 밀도를 제어하는 방법으로 앞에서의 6등분한 시편의 각 위치에 해당하는 기공도와 동일한 기공도를 가진 W 골격체를 먼저 제조한 다음, 용침시킨 후, SPS를 이용해 1000℃, 100MPa에서 접합하였다. 지속적인 조성구배를 갖는 W-Cu 경사기능재료와 적층된 W-Cu 경사기능재료의 조직관찰 및 열팽창계수, 전기전도도 그리고 열전도도 등을 측정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

소결된 W 골격체는 소결온도와 압력의 증가에 따라 상대밀도가 증가하였으며, 온도와 압력에 상관없이 비슷한 상대밀도에서 기공의 형상도 유사하였다. Cu 용침 시, W 골격체의 상대밀도가 90%까지 Cu의 침투가 양호하게 이루어졌으며, 94%의 W 골격체는 다수의 미세한 폐기공들이 관찰되었다. 경사기능몰드에서 제조한 W 골격체의 밀도는 하부 55%에서 상부 74%까지 3~5%의 일정한 간격으로 증가하는 양상을 나타내었다. 이 골격체의 파단면 사진과 용침 후의 시편 조직사진에서도 W의 양이 일정하게 증가함을 관찰할 수 있었다. 경도 측정 결과, 시편 상부로 갈수록 증가함을 나타내었다. 한편, 조성이 다른 W-Cu 소결체를 접합하여 제조한 적층된 경사기능재료는 지속적인 조성구배를 갖는 경사기능재료와 유사한 성질을 나타내었으나, 약간의 차이를 나타내는 것은 접합계면에서 상대적으로 더 큰 조성변화가 나타나기 때문으로 사료된다.