

전기선폭발법으로 제조된 나노크기 W 분말의 방전플라즈마소결  
 Spark-Plasma Sintering of Nanoscale W Powder  
 Produced by 『Electric Explosion of Wire』 Process

김철화<sup>\*1</sup>, 박은주<sup>1</sup>, 권대환<sup>2</sup>, 최벽파<sup>2</sup>, 권영순<sup>2</sup>, 김지순<sup>2</sup>

<sup>1</sup>울산대학교 첨단소재공학부

<sup>2</sup>울산대 기계부품및소재특성평가연구센터

## 1. 서론

텅스텐은 전기저항 특성, 내열 충격성, 고온강도, 내마모성 등 고온 특성이 우수하여 우주 로켓용 노즐재료 등의 항공재료로 각광을 받고 있다. 하지만 고용점 금속은 주단조방법등 다른 제조 및 가공기술로서는 제조하기가 어렵다. 그러므로 분말야금기술을 응용함으로써 용점이하의 온도에서 소결하여 필요한 금속제품을 제조할 수 있다.

금속분말의 경우 입자가 나노크기가 될수록 입자의 비표면적의 증가로 인하여 체적특성은 감소하고 표면특성이 급격히 증가하기 때문에 강도, 자기적, 전기적 특성 등이 혁신적으로 증가하는 특징이 나타난다. 그러므로 나노금속분말의 특성을 벌크화된 소재에도 계속 유지시키기 위해서는 입자 성장이 억제된 완전 치밀화 공정의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 전기선폭발법으로 고순도, 무응집 결정상의 나노 텅스텐 분말을 제조하였으며, 제조된 분말을 소수 분위기에서 환원하였다. 이는 표면산화층이 소결거동에 미치는 영향을 조사하기 위함이다.

## 2. 실험방법

나노 텅스텐 분말은 Ar 1.5atm 분위기에서 직경 0.2mm인 텅스텐 와이어에 20kV의 전압을 가하여 제조하였다. 제조된 분말은 공기 중에서 24시간 동안 Passivation시켰다.

제조된 텅스텐 분말의 Passivation에 의한 표면산화층이 소결거동에 미치는 영향을 조사하기 위해 700℃와 850℃에서 1시간 동안 수소 분위기에서 환원하였다. 준비된 텅스텐 분말은 방전플라즈마소결장치를 사용하여 내경이 15mm인 흑연 다이 내에서 1900℃까지 승온속도 140℃/min, 60MPa의 다이 압력으로 진공분위기에서 소결하였다.

나노 텅스텐 분말과 소결체의 특성을 조사하기 위해 레이저회절분석기, EPMA, TEM, FE-SEM과 XRD를 이용하였고, 소결거동을 조사하기 위해 온도에 따른 수축길이와 진공도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

나노 W 분말과 (700℃와 850℃에서)환원한 W 분말의 상분석 결과 환원 온도가 증가함에 따라  $\beta$ -W이 점차 감소하는 것을 알 수 있었다. 소결 과정에서 나노 W 분말의 산화막이 환원되고 확산이 촉진되어 치밀화와 함께 입자성장도 촉진되었음을 알 수 있었다. 나노 W 분말의 소결 전 환원과 소결하는 동안의 환원을 통하여 소결체의 밀도가 증가함을 알 수 있었다.

### 4. 결론

전기선폭발법으로 제조된 나노 텅스텐 분말의 표면은 Passivation에 의해 산화물 층이 형성되었다. 이 산화물층은 텅스텐의 소결과정에서 다이를 구성하고 있는 흑연 중의 탄소와 반응하여 환원되는 과정에서 가스를 형성하는 것을 소결 중 진공도 변화로부터 확인할 수 있었다. 그리고 소결 전 환원 처리한 텅스텐 분말의 경우 94.5%의 소결밀도를 나타낸 반면, 환원처리를 하지 않은 텅스텐 분말의 경우 87.6%의 소결밀도를 내어 치밀화에 미치는 환원가스의 영향을 재확인하였다.