

## 부분적 기계적합금화에 의한 텅스텐 중합금의 제조 및 특성평가

(Fabrication and Characterization of Partially Mechanically Alloyed Tungsten Heavy Alloy)

한국과학기술원 \*류호진, 홍순형  
국방과학연구소 김은표, 백운형

1. 서론 : 텅스텐 중합금은 90wt%이상의 W을 포함하고 있으며, BCC구조의 W입자가 FCC구조의 W-Ni-Fe 기지에 분포되어 있는 2상 조직으로서, 높은 밀도와 강도 및 높은 연신율로 인해 장갑판 파괴용 탄두로서 널리 사용되고 있다. 기존 텅스텐 중합금은 1460°C 이상의 온도에서 액상 소결법에 의해 제조되고 있으며, 현재 관통력을 향상시키기 위해 단열 전단 변형 거동을 통해 self sharpening 거동을 보이는 텅스텐 중합금을 제조하기 위한 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 단열 전단 변형 거동을 향상시키는 것으로 보고되는 불균일한 기지상 조직을 얻기 위해 부분적 기계적합금화법을 도입하였으며, 그에 따른 텅스텐 중합금의 미세조직 및 기계적 성질의 변화를 분석하였다.

2. 실험방법 : 93W-5.6Ni-1.4Fe 조성의 텅스텐 중합금을 제조하기 위해 원료 분말의 일부를 SPEX mill에서 직경 5mm의 tool steel ball을 이용하여 ball-to-powder ratio 10:1, ball filling ratio 25%의 조건으로 60분 동안 기계적 합금화하였다. 부분적 기계적합금화를 위해 기계적합금화하는 조성을 30W-56Ni-14Fe, 65W-28Ni-7Fe로 변화시켰으며 나머지 조성에 해당하는 텅스텐 분말을 turbular mixer를 이용하여 혼합하였다. 부분적 기계적합금화 후 혼합된 분말을 compaction한 후 1300°C와 1485°C의 소결온도에서 수소 분위기로 1시간 소결하여 텅스텐 입자 크기와 소결 밀도 및 인장 강도, 연신율을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰 : 부분적 기계적 합금화된 93W-5.6Ni-1.4Fe 텅스텐 중합금을 1300°C의 온도에서 고상소결한 결과, 100 $\mu$ m이상의 고립된 기지상이 발견되며 이는 기지상 조성의 기계적 합금화에서 형성된 조대한 기지상 합금분말의 효과로 분석된다. 부분적 기계적 합금화된 조성이 30W-56Ni-14Fe일 경우 기지상 조직만으로 이루어진 고립상이 주로 관찰되었고 부분적 기계적 합금화된 조성이 65W-28Ni-7Fe일 경우 기지상 속에 2-3 $\mu$ m정도 크기의 작은 텅스텐 입자들이 관찰된다. 1485°C에서 액상소결한 후의 미세조직은 부분적 기계적 합금화된 조성이 30W-56Ni-14Fe일 경우에만 불균일한 조직을 나타내었고 부분적 기계적 합금화된 조성이 65W-28Ni-7Fe일 경우 기존 액상 소결 조직의 동일한 미세조직을 나타내었다. 30W-56Ni-14Fe 조성이 부분적 기계적 합금화되어 액상 소결 후 불균일한 기지상 분포를 보이는 텅스텐 중합금의 기계적 특성 평가 결과 불균일한 미세조직에도 불구하고 기존 텅스텐 중합금과 유사한 950MPa의 높은 인장강도와 30%의 우수한 연신율을 나타내었다.

#### 4. 참고문헌

- 1) D.J. Williams, S. Clyens and W. Johnson, *Powder Metallurgy*, (1980) p.92.
- 2) A. Bose, H. Conque and J. Lankford, Jr., *Tungsten and Tungsten Alloys*, (1992) p.291.
- 3) H.J. Ryu, S.H. Hong and W.H. Baek, *J. of Mater. Process. Technol.*, 63 (1997) p.292.