

## 기계적 합금화된 텅스텐 중합금의 변형 거동 (Deformation Behavior of Mechanically Alloyed Tungsten Heavy Alloy)

한국과학기술원 류호진\*, 홍순형  
국방과학연구소 백운형

1. 서론 : 텅스텐 중합금은 높은 밀도와 강도 및 높은 연신율로 인해 장갑판 파괴용 탄두로서 널리 사용되고 있다. 텅스텐 중합금은 1460°C 이상의 온도에서 액상 소결법에 의해 제조되고 있으나, 현재 관통력을 향상시키기 위해 self sharpening 거동을 보이는 텅스텐 중합금을 제조하기 위한 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화된 텅스텐 중합금의 미세조직 변화가 변형 거동에 미치는 영향을 분석하기 위해 미세조직에 따른 텅스텐 중합금의 변형거동을 관찰하고 분석하였다.

2. 실험방법 : 93W-5.6Ni-1.4Fe 조성의 텅스텐 중합금을 기본으로 하여 3가지의 다른 미세조직을 가지는 텅스텐 중합금을 기계적합금화법을 이용하여 제조하였다. 혼합 분말을 tumbler ball mill에서 72시간동안 기계적 합금화한 분말을 1300°C에서 1시간 고상소결 후 1470°C의 온도에서 급속 액상소결하는 2단계소결을 통해 텅스텐 입자크기를 10 $\mu$ m이하로 미세화시킨 텅스텐 중합금과, 30W-56Ni-14Fe 조성의 혼합 분말을 60분 동안 Spex mill에서 기계적합금화한 후 1:9의 비율로 W 분말과 혼합한 텅스텐 중합금 분말로 1485°C에서 1시간 소결한 불균일 기지상 분포를 가지는 텅스텐 중합금과, 93W-5.6Ni-1.4Fe 조성으로 혼합된 분말에 2 $\mu$ m의 평균입도를 갖는 99.9% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 0.1wt% 72시간동안 기계적 합금화한 후 1485°C에서 1시간 소결한 ODS 텅스텐 중합금을 제조하였다. 소결된 텅스텐 중합금의 미세조직을 관찰한 후 gauge 길이 25mm의 인장시편과 직경 4mm 길이 7mm의 실린더형 시편을 제조하여 상온과 800°C에서 10<sup>3</sup>/s과 10<sup>1</sup>/s의 변형률속도로 인장 및 압축시험하여 항복강도와 연신율을 측정하였다. 또한 단열전단변형의 미세조직 영향을 분석하기 위하여 10<sup>4</sup>/s의 변형률 속도로 split Hopkinson pressure bar 시험을 통해 각 텅스텐 중합금에 발생하는 단열전단변형밴드의 미세조직 영향을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰 : 텅스텐 중합금의 항복강도는 텅스텐입자 크기, D와 기지상 부피분율, V<sub>M</sub>의 함수,  $\sigma_y = \sigma_0 + k\{(1-V_M)/(DV_M)\}^{1/2}$ 로 나타낼 수 있었으며, 텅스텐 중합금의 연신율은 기지상 부피분율, V<sub>M</sub>과 W/W contiguity, C<sub>ww</sub>의 함수,  $\epsilon = \epsilon_0 + k' V_M(1-C_{ww})$ 로 나타낼 수 있었다. 기계적 합금화된 93W-5.6Ni-1.4Fe 텅스텐 중합금의 2단계 소결을 통해 텅스텐 중합금의 항복강도는 660~1100MPa의 범위로 조절되었으며, 텅스텐 중합금의 연신율은 0.5~27%의 범위로 조절되었다. 텅스텐 중합금의 미세조직이 단열전단변형 밴드의 형성에 미치는 영향을 분석한 결과 불균일 기지상을 가지는 경우 단열전단변형 밴드의 발생이 용이함을 알 수 있었으며, 텅스텐 입자의 크기가 작아질수록 변형이 확산되는 경향을 나타냈고, ODS 텅스텐 중합금은 단열전단 변형이 없이 crack이 전파되는 부분을 나타내었다.

#### 4. 참고문헌

- 1) H.J. Ryu, S.H. Hong and W.H. Baek, *J. of Mater. Process. Technol.*, **63** (1997) p.292.
- 2) S.H. Hong, H.J. Ryu, E.P. Kim and W.H. Baek, *Key Eng. Mater.* **141-143** (1998) p.453.
- 3) H.S. Song, J.W. Noh, W.H. Baek, S.J.L. Kang and B.S. Chun, *Metall. Trans. A.* **28** (1997) p.485.
- 4) D.K. Kim, S. Lee, H.S. Song, *Metall. Trans. A.* **29** (1998) p.1057.