

텅스텐 중합금의 기계적 합금화 공정 및 특성 (Mechanical Alloying Process and Properties of Tungsten Heavy Alloy)

한국과학기술원 류호진*, 홍순형
국방과학연구소 노준용, 백운형

1. 서론

텅스텐 중합금은 90 wt%이상의 W과 함께 Ni, Fe등이 혼합된 조성을 가지며, BCC구조의 구상 W입자가 FCC구조의 W-Ni-Fe 기지에 분포되어 있는 2상 조직으로서, 높은 밀도와 강도 및 높은 연신율로 인해 항공기 균형 지지대, 진동 감쇄 장치, 장갑판 파괴용 탄두로서 널리 사용되고 있다. 텅스텐 중합금은 1450 °C 이상의 온도에서 액상 소결법에 의해 제조되고 있으며, 현재 관통력을 향상시키기 위해 단일 진단 변형 거동을 일으키는 텅스텐 중합금을 제조하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금화법에 의해 치밀화와 입자 미세화를 동시에 이룬 텅스텐 중합금을 제조하여, 기존 액상 소결에 의한 텅스텐 중합금과의 차이점을 미세조직과 기계적 성질을 통해 비교 분석하고자 하였다.

2. 실험방법

93W-5.6Ni-1.4Fe 조성의 텅스텐 중합금 분말을 직경 255 mm, 용적 15 l의 tumbler ball mill에서 직경 8mm의 tool steel ball을 이용하여 75 rpm, ball-to-powder ratio 20:1, ball filling ratio 15 %의 조건으로 기계적 합금화하였다. 기계적 합금화 시간에 따른 분말의 평균 크기, lamellar spacing을 측정하였으며 XRD peak broadening 분석을 통해 결정립 크기를 측정하였다. 기계적 합금화된 분말을 compaction한 후 1300 °C의 소결온도에서 수소 분위기로 1 시간 소결하여 텅스텐 입자 크기와 소결 밀도, 인장 강도, 연신율 및 충격에너지를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

93W-5.6Ni-1.4Fe 텅스텐 중합금의 기계적 합금화 공정은 75 rpm, 20:1의 ball-to-powder ratio, 15 %의 ball filling ratio 조건에서 시간에 따라 초기단계, 압접지배단계, 구상입자 형성 단계, 임의방향 lamellar형성단계, 정상상태의 5단계로 분류되었으며, 48시간이후의 정상상태에서 0.2 μm 의 lamellar spacing과 16 nm의 결정립크기를 가지고 있었다. 고상소결에서는 기계적 합금화 시간이 증가할수록 99 %이상의 밀도를 유지하며 텅스텐입자의 크기가 미세해져 72시간 기계적 합금화한 후 1300 °C에서 1시간 고상소결 시 3 μm 로 기존 제조 공정에 의한 30-50 μm 보다 훨씬 미세한 크기를 가지고 있었다. 인장 강도 측정 결과 기계적 합금화 후 고상 소결된 텅스텐 중합금은 1100 MPa로 액상 소결 공정에 의한 것보다 높은 값을 나타내었으나 연신율과 충격에너지는 낮은 기지상량과 높은 W/W contiguity에 의해 낮은 값을 나타내는 것으로 분석되었다.

4. 참고문헌

- 1) A. Bose, H. Conque and J. Lankford, Jr., Proc.. Inter. Conf. on Tungsten and Tungsten Alloys '92 (1992) 291
- 2) B. H. Rabin and R. M. German, Metall. Trans. A, 19 (1988) 1523
- 3) D. Chaiat, E. Y. Gutmanas and I. Gotman, Proc. 2nd Inter. Conf. on Tungsten and Refractory Metals (1994) 57