

## 기계적합금화법으로 제조된 텅스텐 중합금의 동적변형 및 파괴거동

### (Dynamic Deformation and Fracture Behavior of Tungsten Heavy Alloy Fabricated through Mechanical Alloying)

포항공과대학교 항공재료연구센터 김 동국\* 이 성학  
한국과학기술원 재료공학과 류 호진 홍 순형

#### 1. 서 론

텅스텐 중합금은 텅스텐, 니켈과 철 또는 니켈과 구리의 조성으로 이루어지며 액상소결법으로 주로 제조된다. 고밀도, 고강도, 고인성의 우수한 기계적 성질을 나타내는 텅스텐 중합금은 그 용도가 다양하나 운동에너지를 이용하여 장갑판재를 관통하는 관통자 재료로서 가장 많이 사용되고 있다. 텅스텐 중합금의 관통성능의 향상은 관통과 같이 아주 빠른 속도의 변형하에서 형성되는 단열성 전단밴드가 잘 형성되어야 하는 것으로 알려져 있다[1,2]. 또한 2상(two phase)의 복합재료인 텅스텐 중합금에서 텅스텐 입자의 크기가 작을수록 단열성 전단밴드의 형성에 대한 방해가 작아 유리한 것으로 보고되고 있다[3]. 따라서 본 연구에서는 낮은 소결온도에서 치밀화와 입자 미세화를 동시에 이루기 위해 기계적합금화법으로 제조된 텅스텐 중합금에 대하여 동적변형 및 파괴거동을 분석하고자 하였다.

#### 2. 실험방법

본 연구에 사용된 텅스텐 중합금 시편은 93W-5.6Ni-1.4Fe의 조성이며, steel ball을 이용한 ball mill에서 72시간 동안 기계적합금화하여 제조되었다. 기계적합금화 후 미세조직 차이를 보기 위해 텅스텐 중합금의 액상형성온도인 대략 1450℃ 근처에서 소결온도를 변화시켜 1445, 1460, 1470, 1485℃에서 각각 1분 동안 소결하였다. 각 시편에 대하여 기본적인 영상분석 및 인장시험, 충격시험 결과를 얻었으며, 동적변형 및 파괴거동을 조사하기 위하여 torsional Kolsky bar를 이용하여 1500/s의 변형율속도에서 동적 비틀림시험을 실시하였다. 동적 비틀림시험 후 전단응력-전단변형 곡선을 분석하고 파단면의 파괴모드와 게이지 부의 변형 형태를 주사전자현미경으로 조사하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

소결온도가 증가할수록 텅스텐 입자의 크기는 5, 13, 17, 18 $\mu$ m로 증가하고 contiguity는 0.70, 0.46, 0.43, 0.40으로 감소하였다. 인장강도는 큰 변화가 없으나 텅스텐 입자가 미세해질수록 contiguity가 높아져 연신율과 충격에너지가 크게 감소되었다. 동적 비틀림시험에서도 5 $\mu$ m 입도의 텅스텐 중합금은 항복이후 충분한 소성변형없이 파괴되는 취성파괴를 나타내며, 입자가 커질수록 소성변형의 구간은 증가되나 텅스텐-텅스텐 입자계면의 취성파괴가 주도적이며 단열성 전단밴드의 형성은 없었다. 결국 기계적합금화법에 의해 기존의 텅스텐 중합금보다 입자미세화는 이루어지나 그에 따른 contiguity가 증가되어 취성을 보여 변형의 집중으로 생성되는 단열성 전단밴드는 형성되지 않은 것이다.

#### 4. 참고문헌

- 1) S.P. Andrews, R.D. Caligiuri, and L.E. Eiselstein: 13th Inter. Symp. Ballistics, Stockholm, (1992) TB36/4
- 2) L.S. Magness and T.G. Farrand: Proc. 1990 Army Science Conf., Durham, NC, (1990) 149
- 3) A. Bose, H. Couque, and J. Lankford, Jr.: Tungsten and Tungsten Alloys-1992, A. Bose and R.J. Dowding, eds., MPIF, Princeton, NJ, (1992) 291