

## Analysis of Penetration Performance of Tungsten Heavy Alloys Using Torsional Kolsky Bar

포항공과대학교 항공재료연구센터 \*김 동국 이 성학  
국방과학연구소 송 홍섭  
(주) 풍 산 박 경진

### 1. 서 론

90wt.% 이상의 W과 Ni, Fe 또는 Ni, Cu로 구성되어 액상소결법으로 제조되는 텅스텐 중합금은 고밀도, 고강도, 고가공성으로 여러 부분에 널리 사용된다. 특히 가장 많이 사용되는 장갑관 파괴용 관통자는 장갑관재와 충돌시 고속으로 변형되고 단열성 전단밴드(adiabatic shear band)가 형성되는 것으로 보고되고 있으나, 동적하중조건에서의 변형거동에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 기존의 소결-열처리-swaging-aging의 제조공정으로 제조된 텅스텐 중합금이 구형의 텅스텐 조직을 보이는 반면 이중소결처리된 텅스텐 중합금은 불규칙적인 형태(shape instability)의 텅스텐 조직을 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 텅스텐 중합금에서 이러한 shape instability가 동적변형거동에 미치는 영향을 조사하였다.

### 2. 실험방법

본 연구에 사용된 텅스텐 중합금은 93W-4.9Ni-2.1Fe (Ni:Fe=7:3)의 화학조성으로 「소결-열처리-swaging」 공정을 반복하여 이중소결처리된 재료이다. 동적변형거동을 조사하기 위하여 고속충돌시험과 torsional Kolsky bar를 이용하여 동적 비틀림시험을 실시하였다. 제조공정 및 미세조직 차이의 영향을 파악하기 위해 기존의 소결-열처리-swaging-aging의 제조공정으로 제조된 텅스텐 중합금도 시험, 비교하였다. 고속충돌시험 후 조직을 분석하고 동적 비틀림시험 후 전단응력-전단변형 곡선과 파면분석을 통하여 파괴거동을 조사하였다. 또한 재료의 미세파괴기구(microfracture mechanism)를 조사하기 위하여 SEM 챔버내에서 *in situ* 파괴시험을 행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

이중소결처리된 시편은 텅스텐 입자가 기존의 제조공정 시편보다 100%이상 큰  $60\mu\text{m}$  정도이며 구형이 아니라 불규칙적인 형태를 나타내었다. 동적 비틀림시험에서 이중소결처리된 시편은 기존의 제조공정 시편에 비하여 낮은 최대전단응력값( $\tau_{\text{max}}$ )을 보이며, 소성불안정(plastic instability)이후 파괴에 이르기까지 응력감소가 급격하지 않았다. 파면조사 결과, 기존의 제조공정 시편은 텅스텐-텅스텐 입계파괴와 텅스텐 입내파괴의 혼재된 파괴양상을 보이나, 이중소결처리된 시편은 텅스텐-텅스텐 입계파괴의 비율이 현저히 감소하고 텅스텐 입내파괴가 주도적인 파괴양상을 보였다. 이중소결처리된 시편에서 텅스텐 입내파괴 주 파괴모드인 것은 고속충돌시험과 *in situ* 파괴시험에서 확인할 수 있었다.

### 4. 결 론

이러한 파괴모드의 변화는 이중소결처리된 시편에서 텅스텐 입자가 shape instability로 인하여 균열생성이 용이해질 뿐 아니라 반복된 swaging의 가공을 텅스텐 입자가 대부분 감당하여 기지상보다 더욱 경도가 커져 파괴인성( $K_{Q, \text{이중소결처리}} \approx 0.8 K_{Q, \text{기존제조공정}}$ )이 감소된 것 때문으로 분석된다. 따라서 동적변형거동에 있어서도 이중소결처리된 시편의 경우 기존의 단열성 전

단밴드 형성과 다른 관점에서 분석되어야 하겠다.

##### 5. 참고문헌

- 1) K. T. Ramesh and R. S. Coates : Metall. Trans. A, vol. 23A, (1992) 2625
- 2) H. Couque, R. J. Asaro, J. Duffy and S. H. Lee : Metall. Trans. A, vol. 19A, (1988) 2179