

텅스텐 중합금의 동적변형 및 파괴거동과 고속충돌특성

(Dynamic Deformation, Fracture Behavior and High-Speed Impact Characteristics of Tungsten Heavy Alloys)

포항공과대학교 항공재료연구센터 김 동국* 이 성학
국방과학연구소 송 홍섭 노 준용

1. 서 론

텅스텐 중합금은 고밀도, 고강도, 고인성의 우수한 기계적 성질을 가지는 대표적인 복합재료로서 주로 장갑재를 관통하는 운동에너지탄의 관통자로 응용되고 있다. 관통자의 고속충돌성능은 금속학적인 측면에서 텅스텐 중합금의 미세조직, 기계적 성질, 파괴거동과 동적 변형거동 등 다양한 인자에 의해 결정된다. 일정한 운동에너지에서 고속충돌시 단면적이 작을수록 성능이 우수하므로, 충돌도중 가장자리가 잘 떨어져 나가는 self-sharpening 현상이 요구된다 하겠다. 인장연신율이 15~25% 정도로 연성재료인 텅스텐 중합금의 경우, 고속충돌과 같은 10^4 /sec 이상의 고변형율속도에서는 변형에너지에 의해 재료의 열적연화가 동반된다. 텅스텐 중합금의 이러한 열적연화와 파괴거동은 관통자의 변형형태에 영향을 미치는 중요한 인자가 된다. 본 연구에서는 텅스텐 중합금의 미세조직 변화와 이에 따른 동적 변형 및 파괴거동을 분석하고 고속충돌특성과의 관계를 조사하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 텅스텐 중합금의 화학조성은 93W-7(Ni,Fe) (wt.%)이다. 텅스텐 중합금의 미세조직에서 텅스텐 입자 크기를 10 ~ 60 μm 로 변화시키고, 불규칙한 입자 형태와 표면경화처리 등의 변화를 부여하여 비교 조사하였다. 각 시편들에 대하여 인장시험, 경도, 영상분석 등의 기본적인 물리적 성질을 조사하고 torsional Kolsky bar를 이용하여 대략 10^3 /sec의 변형율속도로 비틀림시험을 행하였다. 또한 미세파괴기구를 직접 관찰하기 위하여 SEM 챔버 내에서 *in situ* 파괴시험을 행하고 결보기 파괴인성을 측정하였다. 고속충돌시험 후 그 특성을 이러한 실험결과들과 연계하여 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

텅스텐 중합금의 고속충돌시 발생하는 self-sharpening 현상은 고속의 변형이 국부적으로 집중되어 형성되는 단열성 전단밴드에 의한 것으로 보고되고 있다. BCC 구조의 텅스텐 입자는 연한 지지상보다 훨씬 높은 강도를 가지므로, 단열성 전단밴드의 형성은 텅스텐 입자의 변형정도에 따라 결정된다 하겠다. 즉 텅스텐 입자의 크기가 작을수록 전단밴드의 진행에 방해가 작아지는 것이다. 기계적 합금화를 도입하여 10 μm 정도의 입자미세화가 가능하였으며, 이 재료의 단열성 전단밴드 형성 정도는 기존 액상소결재보다 우수하게 나타난다. 그러나 높은 W/W 계면파괴 분율과 잔류기공에 의한 인성감소는 충분한 관통을 방해한다. 반면 텅스텐 입자가 커질수록 텅스텐 입자는 충분히 변형되기 전에 쉽게 벽개파괴된다. 표면침탄으로 경화시킨 경우도 이러한 텅스텐 입자의 벽개파괴를 향상시키는 역할을 하며 self-sharpening의 새로운 기구로서 가능성을 제시하였다. 그러나 기계적 합금화로 만든 소재와 같이 과도한 벽개파괴 분율은 인성감소로 고속충돌시 fragmentation을 유발한다.

4. 참고문헌

- 1) T.A.C. Stock and K.R.L Thomson: *Metall. Trans.*, 1970, vol. 1, pp. 219-24.
- 2) A. Bose, H. Couque, and J. Lankford, Jr.: *Tungsten and Tungsten Alloys-1992*, A. Bose and R.J. Dowding, eds., Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1992, pp. 291-98.