

기계적합금화에 의한 텅스텐 중합금의 미세조직 변화와 동적 비틀림 거동

(Microstructural Changes and Dynamic Torsional Behavior of Tungsten Heavy Alloys
Fabricated through Mechanical Alloying)

포항공과대학교 항공재료연구센터 김동국* 이성학
한국과학기술원 재료공학과 류호진 홍순형
국방과학연구소 노준용

1. 서 론

텅스텐 중합금에서 단열성 전단밴드는 다른 금속에 비해 형성되기 어렵고, 형성된 전단밴드도 폭이 넓고 약하게 나타나는 것이 일반적이다[1]. 따라서 텅스텐 중합금의 self-sharpening을 향상시키기 위해서는 전단밴드의 형성거동 외에도 텅스텐 입자의 형상, 크기 등의 미세조직학적 요인, 정도, 강도, 연신율, 파괴인성 등의 기계적 물성, 그리고 동적 하중하에서의 변형 및 파괴거동을 자세히 분석할 필요가 있다. 특히 중요한 미세조직인자 중 하나는 텅스텐 입자 크기 및 형태로서, 일반적으로 입자의 크기를 미세하고 구형이 되도록 하고 텅스텐 입자 사이의 계면을 감소시키면 전반적인 기계적 성질이 향상된다[2]. 그러나 텅스텐 입자의 크기를 어느 정도까지 감소시키는 것이 기계적 성질을 향상시킬 수 있는지, 또 self-sharpening을 증진시킬 수 있는지에 대해서는 아직 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 기계적합금화(mechanical alloying; MA) 방법을 텅스텐 중합금에 적용함으로써 텅스텐 입자를 미세화시킨 W-Ni-Fe계 텅스텐 중합금 시편들을 제조하였다. 이로써 텅스텐 입자 크기, 기지의 분율 및 분포, 텅스텐 입자 사이의 계면분율 등의 미세조직학적 요인과 동적 변형의 기구를 이해하고, 나아가서 텅스텐 중합금 판공자의 판공성능 해석을 위한 실험자료로 사용하고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 텅스텐 중합금 시편의 조성은 93W-5.6Ni-1.4Fe이며, 4 종류의 시편, 즉 1) 통상적인 액상소결시편, 2) MA 후 소결한 시편, 3) MA 후 고상소결, 액상소결을 차례로 적용한 2단 소결 시편, 4) 부분적인 MA 방법으로 기지를 불균일하게 분포시킨 시편을 제조하였다. 편의상 4 시편을 'A', 'B', 'C', 'D'로 구분하였다. B-시편에서 MA 후 1445, 1460, 1470, 1480 °C에서 소결된 시편들을 'B1', 'B2', 'B3', 'B4'로 각각 구분하였다. MA는 steel ball을 이용한 ball mill에서 72시간 동안 처리되었다. 각 시편에 대하여 기본적인 영상분석 및 인장시험, 충격시험 결과를 얻었으며, 동적 변형 및 파괴거동을 조사하기 위하여 torsional Kolsky bar를 이용하여 1500/s의 변형률속도에서 동적 비틀림시험을 실시하였다. 동적 비틀림시험 후 전단응력-전단변형 곡선을 분석하고 파단면의 파괴모드와 게이지부의 변형 형태를 주사전자현미경으로 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 MA법을 텅스텐 중합금에 적용하여 텅스텐 입자의 크기와 기지분율 및 분포를 변화시킨 텅스텐 중합금 시편들의 동적 비틀림특성을 조사하였으며, 그 결과를 기존의 액상소결법으로 제조된 시편의 경우와 비교하였다. 텅스텐 중합금에 MA법을 적용하여 제조된 시편들의 텅스텐 입자 크기는 통상적인 액상소결법으로 제조된 시편에 비해 미세하고, 소결온도가 증가함에 따라 텅스텐 입자 크기와 기지분율은 증가하고 contiguity는 감소하였다. MA, 고상소결 및 액상소결의 2단 소결방법을 사용하여 텅스텐 입자 미세화와 contiguity를 동시에 얻을 수 있었다. MA 후 소결된 시편에서는 contiguity가 높아져 낮은 연성과 충격흡수에너지를 나타내었으며, 텅스텐-텅스텐 입자 사이의 계면파괴가 주된 파괴형태로 나타났다. 동적 비틀림시험 결과, 텅스텐-텅스텐 입계파괴가 광범위하게 일어나고 변형이 분산되어 단열성 전단밴드의 형성가능성이 낮을 것으로 예상되었다. 부분적인

MA법을 적용하여 기지를 불균일하게 분포시킨 시편은 연한 기지에서 변형이 우선적으로 진행되어 변형집중을 유발하는 site로 작용하게 되며, 이러한 변형집중은 단열성 전단밴드의 형성을 조장시킬 것으로 예상되었다.

4. 참고문헌

- 1) 김동국, 이성학, 노준용 : 대한금속학회지, 33 (1995), 1528.
- 2) D. Chaiat, E.Y. Gutmanas, and I. Gotman : Tungsten and Refractory Metals-1994, A. Bose and R.J. Dowding, eds., McLean, VA (1994), 57.