

텅스텐 중합금의 동적변형 및 파괴거동에 미치는 소결조건의 영향

Effects of Sintering Condition on Dynamic Deformation and Fracture Behavior of Tungsten Heavy Alloys

포항공과대학교 항공재료연구소 *김 동국 이 성학
국방과학연구소 송 흥섭 노 준웅

1. 서 론

지금까지 텅스텐 중합금의 관통성을 향상시키기 위해서 단열성 전단밴드의 형성을 조장하는 방향으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 텅스텐 입자 크기의 관점에서 보면 텅스텐 입자와 기지금속의 이상(two phase)조직인 텅스텐 중합금에서 일단 단열성 전단밴드가 형성된 경우 텅스텐 입자가 작을수록 단열성 전단밴드의 진행에 대한 방해가 작아 결과적으로 단열성 전단밴드의 형성에 좋은 영향을 준다는 보고도 있다. 그러나 변형의 집중으로 형성되는 단열성 전단밴드에 의한 기존의 self-sharpening 개념과는 달리 변형의 집중이 거의 없이 텅스텐 입자의 벽개파괴가 주도하는 self-sharpening 개념의 경우 동적변형거동에 미치는 미세조직인자의 영향에 대해서 새로운 접근이 요구된다 하겠다. 따라서 본 연구에서는 소결시간 변화와 반복소결처리를 통하여 텅스텐 입자의 크기와 형태, contiguity 등의 미세조직 인자를 변화시키고 그에 따른 동적변형 특성과 파괴거동을 해석하여 텅스텐 중합금의 관통성능을 예측하고자 한다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 텅스텐 중합금 시편의 조성은 93W-4.9Ni-2.1Fe이며, 소결시간을 20 min, 3 hr, 4 hr으로 증가시켜 액상소결 후 열처리하여 소결시간에 따른 미세조직과 동적 비틀림특성을 조사하였다. 동적 비틀림시험은 torsional Kolsky bar를 이용하여 약 1500/s의 변형률속도에서 경향을 조사하기 위하여 각 시편당 3회를 실시하였으며, 시험 후 파단면의 파괴모드와 게이지 부의 변형 형태를 주사전자현미경으로 분석하였다. 또한 이러한 시편을 10회 반복열처리하여 텅스텐-텅스텐 입자 계면의 비율, 즉 contiguity를 감소시키고, 그 후 다시 액상소결하는 재소결공정을 도입하여 열응력에 의한 텅스텐 입자 형태의 불안정성(shape instability)을 유도하였다. 이러한 반복열처리-재소결된 시편과 재소결을 20회 반복한 시편의 동적 비틀림특성도 조사하여 기존의 소결-열처리된 시편과 비교 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

소결시간이 증가할수록 텅스텐 입자의 크기는 18, 38, 52 μ m로 증가하고 contiguity는 감소하였으며, 이를 재소결한 경우 텅스텐 입자의 크기는 거의 같으나 불규칙한 형태를 나타내며 열응력에 의해 contiguity는 감소하고 경도는 증가되었다. 텅스텐 입자가 작을수록 텅스텐과 기지의 열팽창계수 차이에 의한 열응력의 불균일성이 커 shape instability의 정도도 보다 크게 나타났다. 20회 반복재소결한 경우 74 μ m로 상당히 조대해지고 보다 불규칙한 형태를 나타내며 경도증가가 현저하였다. 동적 비틀림 시험에서 텅스텐 입자의 크기가 증가할수록 텅스텐 입자의 벽개파괴 분율이 증가되고 텅스텐-텅스텐 입자의 계면파괴가 감소하였으며, 일반 액상소결시편에 비하여 재소결된 시편의 경우 텅스텐 입자의 벽개파괴의 분율이 증가되었으며, 20회 반복소결시편의 경우 벽개파괴의 분율이 너무 높아 취약해져 시편이 부스러지는 fragmentation현상을 보였다.

4. 결 론

텅스텐 입자의 크기와 shape instability가 증가할수록 동적변형시 텅스텐 입자의 벽개파괴 분율이 증가한다. 텅스텐 입자의 크기가 크고 적절한 shape instability와 인성을 보이는 경우, 변형의 집중에 의한 단열성 전단밴드 형성과 그에 따른 균열전파의 self-sharpening 개념이 아니더라도 보다 작은 충격흡수에너지에서 텅스텐 입자의 벽개파괴 형태로 균열이 전파되고 그 전단변형량도 작아 우수한 관통성능을 예상할 수 있다.