기계적 합금화된 산화물 분산강화 94W-(6-x)(Ni,Fe)-xPSZ 텅스텐 중합금의 미세조직 및 기계적특성
Microstructure and Mechanical Properties of MA ODS 94W-(6-x)(Ni,Fe)-xPSZ Tungsten Heavy Alloy

이경호*[1], 차승일[1], 류호진[2], 김영무[3], 노준웅[3], 홍순형[1]

[1]한국과학기술원, [2]한국원자력연구소, [3]국방과학연구소

1. 서론

텅스텐 중합금은 텅스텐을 무게비로 88% 이상 함유하고 있으며, 바인더는 니켈과 철로 구성되어 있다. 높은 밀도, 우수한 강도와 연성으로 인해, 텅스텐 중합금은 항공기의 평형추, 방사능 차폐제, 진동 감쇄장치 등에 다양하게 사용되고 있다. 특히 장갑판재 파괴용 운동에너지탄의 관통자에 가장 널리 응용되고 있다. 일반적으로 텅스텐 중합금은 1460℃ 이상에서 액상소결을 통하여 제조되고 있다.

초미립 산화물 입자가 분산된 텅스텐 중합금은 우수한 고온강도를 갖게되며 실제 관통실험에서 변형보다는 전단파괴를 일으키게 되어 self-sharpening 거동을 향상시키는 것으로 보고되었다. 또한 미세한 산화물 입자가 액상소결중에 텅스텐의 입자성장을 억제하므로 보다 미세한 텅스텐 결정립을 갖는 텅스텐 중합금을 얻을 수 있다[1].

본 연구에서는, 관통자 재료로 응용하기 위해 산화물 분산강화 텅스텐 중합금을 제조하고, 미세조직 및 기계적특성을 평가하고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 분말은 텅스텐, 니켈, 철 그리고 PSZ(partially stabilized zirconia)를 사용하였다. 텅스텐 중합금의 조성은 94W-(6-x)(Ni,Fe)-xPSZ, 텅스텐을 무게비로 94%로 고정하였고 니켈:철 비는 4:1로 디자인하였다. 이와 같은 산화물 분산강화 텅스텐 중합금은 Planetary Mill 장비를 이용하여 기계적 합금화를 수행하였다. 기계적 합금화된 분말은 200MPa의 압력으로 성형되었고 수소분위기에서 1485℃의 소결온도로 1 시간 액상소결을 통해 시편을 제조하였다. 또한 소결체는 탈수소와 계면의 취화현상 억제를 위하여 질소분위기에서 1150℃에서 1시간 열처리를 한 후, 수냉을 하였다. 평균입자크기, 부피분율, contiquity 등의 미세조직인자는 광학 및 주사전자현미경 사진을 통하여 측정하여 정량화 하였다. 인장시험은 ASTM E-8M 표준규격을 따랐으며, 6.67×10^{-4} s^{-1}의 변형률 속도로 Instron 5583 장비를 통해 인장특성을 측정하였다. 또한 고온압축시험으로 800℃에서 10^{1} s^{-1}의 변형률 속도로 Gleeble 장비를 통해 고온압축강도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

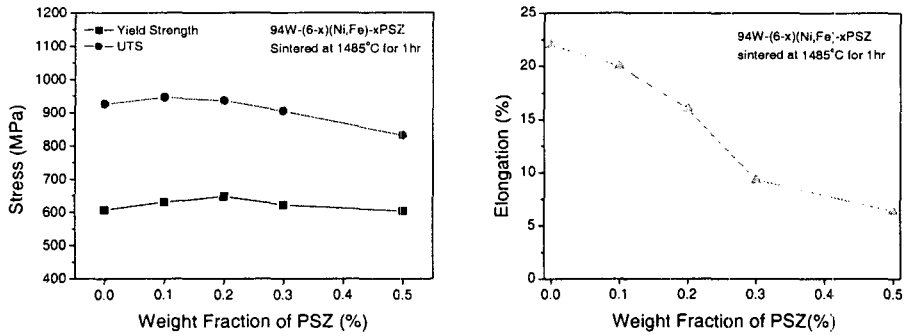
기계적 합금화 공정으로 제조된 산화물 분산강화 텅스텐 중합금에서, 산화물은 텅스텐 결정립 내부와 바인더상에 고르게 분산되었으며 액상소결 후 상대밀도가 99.5% 이상으로 치밀화되었다.

Fig. 1에 산화물 분산강화 텅스텐 중합금의 산화물 첨가량에 따른 인장특성을 나타내었다. 산화물 분산강화 텅스텐 중합금의 항복강도는 PSZ 첨가량에 의존하지 않고 거의 일정하였다. 그러나 인장강도는 PSZ 첨가량이 증가함에 따라 다소 감소하는 것으로 나타났다. 또한 산화물 분산강화 텅스텐 중합금의 연신율은 PSZ 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다.

텅스텐 중합금의 상온 인장시험에서 변형은 주로 바인더상에서 발생하며, 텅스텐/텅스텐 계면, 텅스텐 결정립, 그리고 텅스텐/기지 계면이 파괴의 생성원으로 작용한다. 산화물이 분산강화되지 않은 텅스텐 중합금의 파면 관찰결과, 파괴가 텅스텐 결정립의 입내에서 그리고 바인더상의 파단에 의해 발생하였다. 그러나 산화물 분산강화 텅스텐 중합금에서는, PSZ 분산제가 존재하는 텅스텐/기지 계면 그리고 텅스텐/텅스텐 계면을 따라 파괴가 일어남을 확인하였다.

따라서 산화물 분산강화 텅스텐 중합금의 연신율은 산화물 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 판단된다.

Fig. 2에서, 고온압축강도는 PSZ 첨가량이 증가함에 따라 증가하였다. 고온에서 산화물에 의한 텅스텐 중합금의 강화효과가 크다는 것을 확인하였으며, 텅스텐 중합금의 관통성능 향상에 있어 고온압축강도의 증가는 매우 중요할 것으로 판단된다[2].



(a) (b)

Fig. 1. Yield strength, UTS and elongation of oxide dispersion strengthened tungsten heavy alloy sintered at 1485℃ for 1 hr with various PSZ content. (a) Yield strength and UTS and (b) elongation.

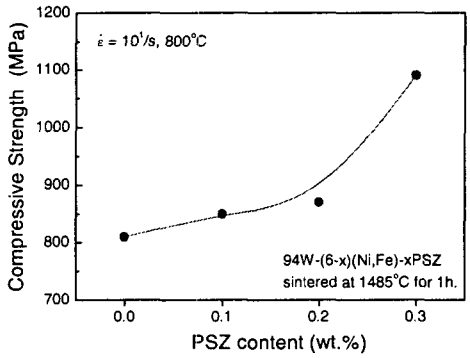


Fig. 2. The high temperature compressive stress-strain curve at 800℃ under strain rate of 10/s of oxide dispersion strengthened tungsten heavy alloys with different PSZ content. The tungsten heavy alloys were sintered at 1485℃ for 1 hr.

참고문헌

1. H. J. Ryu, *Ph. D. Thesis*, KAIST (2000)
2. H. J. Ryu and S. H. Hong, *Mat. Sci. and Eng. A*, **363(1-2)**, (2003) 179