

텅스텐 중합금에서 열처리에 의한 텅스텐/텅스텐 계면의 변화
(The Microstructural Change of W-W Interface by Heat Treatment in
Tungsten Heavy Alloy)

국방과학 연구소 소재 개발부 김 은표*, 송 홍섭, 백 운형

1. 서론

W 중합금은 Ni-Fe-W가 고용된 기지상이 구형의 거의 순수한 텅스텐 입자를 둘러싸고 있다. 이 재료의 물성은 계면 상태에 크게 의존하는데 특히 W-W 계면은 가장 취약하기 때문에 대부분의 균열이 이곳에서 발생된다. 그런데 흥미로운 현상은 소결, 열처리를 하면 소결만을 하였을 때와는 달리 W-W 계면에 형상의 변화가 나타난다. 이러한 현상은 W 입자에 용해된 Ni와 Fe에 의한 석출물이라는 주장과 열응력에 의해서 기지상이 W-W 계면에 확산하였기 때문이라고 설명하고있다. 그러나 어느 경우도 계면 현상 변화를 충분히 설명할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 여러 조건에서 열처리를 하여 W-W 계면의 형태 변화를 AES분석, SEM을 이용하여 조직관찰 및 미세구조 분석을 통하여 형태 변화와 형성원인을 조사하고자 하였다.

2. 실험 방법

93W 중합금을 1485 °C에서 최대 50 시간을 하였다. 소결온도에서 유지한 후 냉각하는 과정에서 급냉, 임의 온도에서 장시간 유지후 급냉, 또는 매우 서냉 처리함으로써 이들 공정과 제 2상의 형성사이에 어떤 관계가 있는지를 조사하였다. 또한 열응력에 의해 도입되는 strain의 영향을 배제하기 위하여 파단면 열처리도 함께 실시하였다. 여러 방법으로 열처리된 시편의 W-W 계면을 중심으로 SEM으로 석출물의 형상을 관찰하였고 AES로 W-W 계면의 성분을 분석하였다.

3. 결과 및 논의

W-W 계면에는 대략 5 nm 정도의 두께로 Ni와 Fe가 함께 존재하는 층이 존재하고 있다. W-W 계면은 열린 구조의 계면이기 때문에 텅스텐 입자의 Ni와 Fe의 고용한도를 훨씬 넘는 양이 존재할 수 있다고 보여진다.

소결 시편을 파단하면 W-W 계면은 매우 깨끗하지만, 수소 분위기에서 열처리를 하면 0.5 μ m 정도의 미세한 상들이 형성되어 있음을 관찰할 수 있다. 한편 이런 현상은 소결도중 1150°C에서 장시간 유지후 급냉한 경우와 소결후 1 °C/분으로 서냉한 시편에서도 역시 관찰 할 수 있었다. 열응력에 의한 기지상의 확산이 없어도 W-W 계면에서는 미세하지만 석출물이 형성되고 있음을 볼 수 있다. 이는 소결시 존재하였던 W-W 계면의 Ni와 Fe의 합금층이 계면 에너지를 줄이기 위해서 형태 변화를 하지 않았는가 보여진다.

열처리 시간에 따라서 W-W 계면의 석출물은 일정한 방향으로 막대 모양을 형성하다가 시간이 지남에 따라서 형상이 변화하다가 결국 사라지게 됨을 볼 수 있다. 이는 W-W 계면에 이미 존재하던 Ni-Fe층에 열응력에 의해서 기지상이 확산하였다가 열처리 시간이 길어짐에 따라 비평형 상태에서 평형 상태로 환원되기 때문에 이렇게 형상이 변화하는 것이라고 보여진다.

소결 열처리된 시편을 파단하면 일정한 방향으로 석출물이 형성된 반면 이를 다시 열처리 하면 구형의 불규칙한 형상을 볼 수 있다. 이는 W-W 계면에 걸리는 strain energy에 의해서 석출물이 형성되지만 파단하면 한쪽 계면이 없어져서 구속력이 없어지므로 계면에너지를 줄이고자 한 것으로 보여진다.

4. 참고문헌

- 1) J. B. Posthill and D. V. Edmonds, Metall. Trans. A, 17A (1986) 1921.
- 2) J. W. Noh, E. P. Kim, S. H. Song, W. H. Baek, K. S. Churn and S-J. L. Kang, Metall. Trans. A, 24A (1993) 2411.