

텅스텐 중합금 복합 관통자 재료의 제조 (Manufacturing of Composite Tungsten Heavy Alloys for Kinetic Penetrator)

국방과학 연구소 김 은표* 송홍섭
(주) 풍산 박 경진, 유 주하

1. 서론

운동에너지탄은 목표물에 도달하여 관통자의 에너지를 순간적으로 집중하여 목표물을 관통시켜 적의 전투능력을 상실시킨다. 운동에너지탄의 관통자는 열화우라늄(DU)과 텅스텐 중합금(WHA)재료를 널리 사용한다. DU는 관통성능은 우수하지만 방사능 물질을 함유하고 있어 환경 문제가 대두되고 있다. 본 연구에서는 새로운 개념의 복합 WHA 재료의 개발 및 적용 가능성을 조사하고자 했다. 본 연구에서 제시된 복합 관통자는 자기마모 효과(self sharpening effect)를 극대화 하도록 내경 부위 재료를 만들고, 내경재료의 취약점인 인성과 연성을 보완할 목적으로 외경 부위 재료를 제조하여 이중 조성의 재료가 되도록 설계하였다.

2. 실험 방법

내경 부위 재료는 고속 변형에서 국부적인 소성변형을 잘 발생 시키도록 하기 위해서 통상적인 WHA 조성에서 몰리브데늄(Mo)을 첨가 하였다. 최종 조성이 92.78W-1.14Ni-1.45Fe-4.63Mo이 되도록 혼합하여 1425℃에서 2시간 소결하였다. 외경 부위 재료는 이 소결체를 중심에 두고 90W-7Ni-3Fe 조성의 혼합분말로 성형하였다. 이후 1475℃에서 2.5시간 다시 소결하여 최종의 복합재료를 소결하였다. 소결된 복합재료는 1150℃와 1170℃에서 2회 열처리 한다음, 단면적 비로 18% 냉간가공 하였다. 이 재료의 미세조직과 기계적 성질 측정 및 분석을 하고 관통특성을 평가하였다. 한편 기준 WHA 관통자는 93W-4.9Ni-2.1Fe 조성으로 통상적인 방법으로 제조 하였다.

3. 결과 및 고찰

내경재료의 경우 텅스텐 입자 크기가 8~10 μm 이며 전형적인 입내 취성파괴 양상을 보이고 있다. 이는 Ni/Fe 비 효과, Mo 첨가효과 및 소결 온도가 낮은 것에 기인한다. 내경 소결체를 중심에 놓고 외경재료 분말을 성형할 때 성형체 밀도가 60% 이상이 되어야 경계면에서 균열이 발생하지 않았다. 한편 기준 관통자는 밀도가 17.74g/cm³인 반면, 복합재료 관통자는 17.29g/cm³를 보여 다소 낮은 값을 보였다. 또한 소결온도가 높거나 소결시간이 길어지면 증력에 의해서 관통자가 처지는 현상(sagging)이 발생하였다.

복합관통자를 18% 이상 냉간가공을 하면 내경재료의 길이 방향 끝부분에서부터 균열이 발생하였다. 이는 취성이 큰 내경재료가 냉간가공에서 발생하는 응력을 견디지 못하였기 때문이었다. 복합재료의 충격파단면을 보면 내경부위는 전형적인 입내 취성파괴를 볼 수 있는 반면, 외경 부위는 기지상 딩플과 텅스텐 계면에 석출물이 발달한 연성파괴를 관찰 할 수 있었다.

관통시험 결과 복합재료 관통자가 기준재료에 비하여 밀도가 낮음에도 불구하고 관통특성이 우수하였다. 이는 복합재료가 장갑판재를 관통시에 자기마모효과에 의한 에너지 집중도가 높았기 때문이라고 판단된다.

4. 결론

운동에너지탄 관통자에서 요구되는 극단의 재료 물성을 만족하는 복합재료를 제조 할 수 있는 새로운 개념의 재료를 제시하였다. 텅스텐 중합금에서 바인더로 사용되는 Ni과 Fe비를 조절하고 Mo를 첨가하여 취성이 큰 내경재료를 제조하였다. 연성이 큰 외경재료를 내경재료에 결합 없이 접합하였다. 내경재료는 취성이 커서 자기마모 효과가 발휘되었으며, 외경재료는 관통자가 안전하게 비행하고, 탄이 부러지지 않는 역할을 하였다. 개발된 복합관통자는 기존재료에 비하여 내경재료의 자기마모 효과가 발휘되어 관통 특성이 상대적으로 보다 향상된 것으로 판단된다.