

**그래파이트 노즐목의 2차원 삭마현상 해석**  
**Analysis on the two-dimensional ablation phenomenon**  
**at nozzle throat with graphite**

윤 덕 진\*, 강 윤 구\*\*  
(\* (주)삼성항공, \*\* 국방과학연구소)

고체 로켓 추진기관의 노즐을 개발하기 위해서는 주어진 체계 제한 조건내에서 기본적인 가스의 동력학, 내탄도에 의한 형상 설계, 재료 개발 및 적용 기술, 열전달 계산에 의한 열설계 및 해석 등이 종합적으로 적용되며 수많은 반복과정을 거쳐야 한다. 특히 최근에는 알루미늄 함유량을 증가시켜 연소가스의 온도가 3000℃ 이상이 되는 고성능 추진제가 일반적으로 적용되고 있으므로 고온에 의한 열적문제가 심각하게 대두되고 있으며 이에 견디는 신뢰도가 높은 노즐 설계개발이 요구되고 있다.

노즐목을 노즐내에서 열부하가 가장 심한 곳으로 노즐목 확대에 의한 추력 손실을 최소화하기 위해 내삭마성이 강한 재료를 선정하여야 하며, 그래파이트는 이러한 조건을 만족시키는 소재의 하나로 많이 적용되고 있다.

본 연구는 그래파이트 목삽입재를 사용한 국방과학연구소 기존 6기의 로켓모타의 노즐목 부위에 대한 경계층 이동에 따른 2차원 열전도 및 삭마 해석을 수행하여 그래파이트 목삽입재의 내삭마 특성을 파악하고, 노즐내 열부하가 가장 심각한 노즐목의 온도분포, 삭마두께를 예측하여 시험결과와 비교하였다. 삭마두께의 예측결과는 시험결과와 16% 이내에서 잘 일치하였고, 노즐목 배면 구조물의 온도상승은 시험결과와 동일하게 거의 없었으며, 특히 목삽입재와 목단열재의 계면에서의 온도상승은 심한 온도구배에도 불구하고 약 20%의 오차를 보였다. 또한 차기 모타의 열반응을 예측하였으며, 그 결과 목삽입재의 최대 삭마두께는 9.2mm로 예측되었다. 본 연구결과는 로켓 노즐의 내열재 열반응을 보다 실제에 가깝게 해석하여 추진기관 예비 열설계 단계에서 신뢰도를 높이는 데 도움이 되리라 판단된다.