

# 재사용이 가능한 실험용 액체로켓엔진의 저주기 피로수명예측

## Low Cycle Fatigue Life Prediction of Reusable Experimental Liquid Rocket Engine

한 풍 규, 송 준 영

현대모비스 기술연구소  
(Email : pghan@mobis.co.kr)

액체로켓엔진의 연소기는 고온고압의 연소가스에 의해 벽면온도가 매우 높은 수준에 도달하기 때문에, 연소기가 열적으로 안정적으로 작동할 수 있는 메카니즘이 필요하게 되며, 따라서 이러한 방식의 하나로써 추진제를 이용한 재생냉각방식이 널리 사용되고 있다. 일반적으로 재생냉각형 연소기의 내벽은 열전도도가 우수한 구리 또는 구리합금 계열이 많이 사용되고 있다.

이러한 내벽 재료의 내구성은 주로 creep rupture, low cycle thermal fatigue, thermal- mechanical ratcheting에 의해 결정되는데, 사각형태의 냉각채널의 연소기에서는 thermal-mechanical ratcheting 특성이 수명 결정 주요 인자이다. Thermal-mechanical ratcheting은 그림 1과 같이 연소가스 영역과 냉각채 영역을 분리하는 벽면에서 국부적인 부풀음이 일어나면서 벽면두께가 감소하는 소성변형 형태로 나타나는데, 이러한 것을 Dog-house 형상이라 한다.



그림 1. 반복시험후의 thermal-mechanical ratcheting에 의한 연소기 단면에서의 Doghouse 형상

따라서 반복 사용이 가능한 연소기를 개발하기 위하여 정적 및 주기적인 반복하중에 견딜 수 있는 구조물 설계를 위한 비선형 해석과 함께 사용소재에 대한 재료 특성연구, 그리고 실험적 연구를 통해 연소기의 수명을 예측하는 연구가 매우 필요하다.

본 논문에서는 국가지정연구실사업의 일환으로 진행되고 있는 “재생냉각시스템개발” 과제 연구를 수행하는 과정에서 검토한 연소기의 수명예측에 대한 해석적 연구를 로켓엔진용 소재의 물성치 연구 결과를 이용하여 다루었다.

해석용 모델은 엔진 단면의 대칭성을 반영해서, 냉각채널의 일부분만을 6절점 및

8절점 고체 요소를 사용해서 유한 요소망으로 만든 후, 적합한 대칭 조건을 부여하였다. 해석조건으로서 엔진 작동 중 벽면온도가 상온(293K)에서 323K~773K까지 증가하였다가 다시 상온을 떨어지는 과정을 반복하는 과정을 상용 소프트웨어인 ABAQUS를 이용해서 해석을 수행하였다.