

# 액체로켓엔진의 내부 벽면 근처에서의 추진제 혼합비의 변화가 연소실 내부 벽면 온도에 미치는 영향

한풍규, 장행수, 조용호, 김경호

현대모비스 기술연구소

(E-mail : pghan@mobis.co.kr)

액체로켓엔진의 인젝터에서 분사된 추진제는 미립화와 혼합과정을 거치면서 연소에 이르며, 연소과정에서 추진제의 내부(화학)에너지가 열에너지로 변환하면서 고온고압의 연소실 환경이 형성된다. 이러한 작동환경 하에서 고온고압의 연소가스에서 엔진 벽면을 거쳐 냉각제로의 강렬한 열전달은 엔진 소재의 열적인 안전 작동 범위를 벗어나므로, 적절한 냉각방식의 적용이 필요하게 된다. 본 연구에서는 물과 연료에 의한 재생냉각을 다루고 있으며, 추진제로는 저 생산비용과 환경친화성, 그리고 높은 비추력 성능을 보유하고 있어 차세대 추진제로 대두되고 있는 액화천연가스(LNG)와 액체산소가 사용하였다.

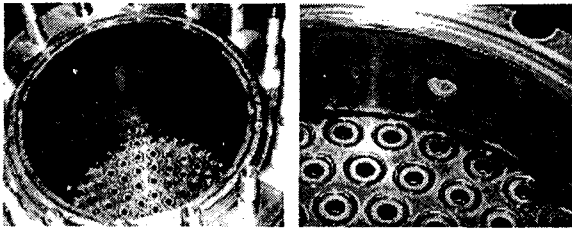


Fig.1 Soot formation and discoloration on the chamber wall.

Left) combustion chamber,

Right) Igniter and injector plate of mixing head

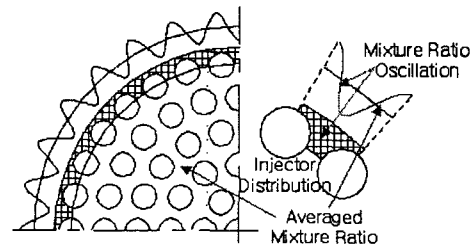


Fig. 2 Periodical variation of mixture ratio

near chamber wall

액체로켓엔진의 열적 안전성을 평가하기 위해서는 냉각채널에서의 열전달에 대한 정량적인 분석이 요구되고 있으며, 본 논문에서는 냉각제로 물과 천연가스를 사용하여 연소시험을 수행한 후의 <그림 1>과 같이 연소기 내부 벽면에서 관측된 그을음 형상과 열유속량의 예측과 실험 결과의 차이를 분석하는 과정에서 도출된 냉각채널로의 열유속량의 보정을 다루고 있다. 연소시험 후의 연소기 내부 벽면에서는 Soot의 정착 또는 벽면 소재의 변색으로 판단되는 그을음이 주기적으로 나타나고 있는 현상을 분석하여, <그림 2>와 같이 추진제 혼합비가 벽면근처에서 주기적으로 변화한다는 가정을 하였다. 그리고, 연소실 내벽 근처의 추진제 혼합비 변화 영역을 일정 간격의 구간으로 분할하여, 각 구간에서는 서로 독립적으로 Fast Chemistry에 의한 연소반응이 일어나는 것으로 가정하였으며, 자체 제작한 프로그램을 이용하여 연소실 내벽에서의 열전달 현상을 해석하였다.

액체로켓엔진의 벽면온도와 냉각제 온도 예측에 대한 연구 결과는 최근까지 발표되고 있으나, 대부분은 연소실 환경을 균일하게 가정하며, 대류 열전달 계수의 실험식을 이용

하여 구한 예측치와 실험치를 비교하는 결과를 보여주고 있다. 따라서 액체로켓엔진의 벽면온도를 예측하는 기존의 대부분의 연구는 연소실 벽면 근처에서의 추진제 혼합비의 주기적인 변동을 다루지 않고 있으며, 원주방향으로의 균일한 벽면온도와 열유속량 결과만을 보여주고 있어, <그림 1>과 연소실 내벽에서의 탄소검댕이나 변색과 같은 현상을 설명하지는 못하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 연소실 벽면 근처에서의 추진제 혼합비 변동 모델을 수립하고, 추진제 혼합비의 변화가 벽면온도 및 냉각제의 온도 및 압력에 미치는 영향을 다루기로 한다.