

**배플을 장착한 액체 추진제 로켓엔진의
성능 및 연소 특성 해석
(Numerical Analysis of Performance and
Combustion Characteristics in a Liquid Propellant Rocket
Engine with baffle)**

문운완*, 김영목*

* 한국항공우주연구원 로켓엔진연구그룹
(Email : ywmoon@kari.re.kr)

로켓 엔진의 개발에 있어 성능과 수명(life time)에 가장 문제가 되는 것은 연소 안정성에 있다. 일반적으로 연소 불안정을 야기시키는 것은 3가지로서 축방향(longitudinal), 반경방향(radial)과 접선방향(tangential) 모드(mode)가 있다. 이와 같은 모드를 제어하는 방법에는 수동적 제어방법으로 음향공(acoustic cavity)과 배플(baffle)이 있으며, 음향공은 모드에 관계없이 특정한 주파수에 맞추어 체적을 조절하여 음향파(acoustic wave)를 감쇄시키는 것이고 배플은 주파수에 관계없이 접선방향 모드를 제어하는 것이 기본 목적이나 허브(hub)를 설치하여 반경방향 모드까지 제어할 수 있다. 음향공은 엔진의 성능 또는 연소장에는 영향을 주지 않고 작동하는 반면, 배플은 초기 엔진설계를 할 때 고려하지 않으면 후에 배플을 장착하였을 때는 초기 설계의 제한 때문에 장착의 어려움과 성능 및 연소장에 영향을 미쳐 원하지 않는 엔진의 시험 결과를 야기할 수 있다. 본 연구에서는 KSR-III와 동일한 조건의 연소기에서 다양한 배플을 장착하였을 경우에 대하여 성능과 연소장에 대하여 예측하였다.

본 계산에서는 배플이 없는 엔진에 배플을 장착하였을 때의 연소장과 추력 등의 성능을 알아보기 위하여 배플의 반경방향 길이를 변화시켜 보았으며 중앙에 허브(hub)가 있는 배플을 선택하였다. 또한 축방향의 길이는 충돌반각 20°의 F-O-O-F 형태의 분사기를 장착한 엔진의 공간상 연소 시작점은 약 3~7cm 이므로 8~9cm 정도의 길이를 선정하였으며 연료는 Kerosene, 산화제로는 LOX를 사용하였고 추진제

의 총유량은 60 kg/s로 KSR-III 엔진의 설계점에서 계산하였다.

배플은 초기에 반경방향의 길이를 변화시키면서 계산을 하였다. 허브가 없고 블레이드(blade)만 있는 것을 축방향으로는 90mm, 반경방향으로는 각각 135(RA-I), 145mm(RA-II)로 변화시켰고, 허브와 블레이드(HS)가 있는 한 종을 선택하였다. 각각은 추력에 있어서 배플이 없는 것과 비교하여 RA-I은 4%, RA-II는 2.1%, HS는 3.1%의 성능감소가 있었다. 이것은 초기에 배플이 없을 때 추진제의 질유량 분포를 고르게 하기 위해 분사기를 분포시켰는데 배플이 장착되어 그러한 분포를 방해하였기 때문에 추력이 감소된 것으로 생각된다. 일반적으로 배플이 없는 엔진에 배플을 장착하게 되면 분사기를 최적화시켜 재분포하는 것이 원칙이다.

위에서 언급한 이유로 분사기를 재분포하고 RA-I과 RA-II 각각의 경우에 대하여 축방향의 길이에 따른 성능과 연소장의 변화를 살펴보았다. 각각 축방향 길이를 80mm와 90mm로 변화시켰으며 HS는 동일하게 적용하였다. 계산한 결과 RA-I과 RA-II는 각각 90mm일 때가 80mm일때보다 약 0.04%, 0.07%정도 매우 근소하게 추력이 증가하는 것을 볼 수 있었으나 이것은 수치적 오차라고 보기에 무방할 정도로 작은 것이었다. 또한 전체적인 성능의 감소는 RA-I은 약 2.9%, RA-II는 1.7%, HS는 2.53%의 감소로 나타나 분사기를 재분포한 것이 효과가 있는 것으로 나타났다.

위의 계산을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존의 배플이 장착되지 않은 로켓엔진에 배플을 장착하면 성능의 감소를 가져오므로 분사기의 재분포 및 유량의 조절 등이 필요하다.
- 2) Radial blade I과 radial blade II의 성능을 비교해 본 결과 비교적 분사기의 분포가 고른 radial blade II가 고른 연소와 혼합으로 인해 성능이 좋은 것으로 나타났다.
- 3) Hub and spoke 배플을 장착한 경우는 연소 불안정의 IT 모드 및 IR 모드를 효과적으로 제어할 수 있으나 성능의 감소가 다소 크게 나타난다.
- 4) 배플을 장착한 모든 경우는 공통적으로 국부적인 고온영역을 보이고 있으며 이러한 현상은 분사기의 재배열과 막냉각(film cooling) 및 열점냉각(hot spot cooling) 등의 방법을 통해 고온영역을 감소시킴으로서 분사기 면의 열상문제를 해결해야 할 것으로 생각된다.