

별집형 분사기 배열을 갖는 산화제 과잉 예연소기에서의 추진제 분포 예측

문일윤* · 문인상* · 이수용*

Prediction of Propellants Distribution of an Oxidizer Rich Preburner with Honeycomb Array of injectors

Il Yoon Moon* · Insang Moon* · Soo Young Lee*

ABSTRACT

The propellants distribution of an oxidizer rich preburner was predicted by a simplified physical approach. The Mixing head is composed of honeycomb array of 7 fuel injectors and 24 oxidizer injectors. The OF ratio of the mixing head is 15. As results, the OF ratio of the central area is about 9 and the OF ratio of the wall area is about 30.

초 록

단순화한 물리적 접근방법을 통해 산화제 과잉 예연소기 혼합헤드에서의 추진제 분포를 예측하였다. 혼합헤드는 와류형의 7개의 연료 분사기와 24개의 산화제 분사기가 별집형태로 배열된 형태이며 혼합헤드에서의 혼합비는 15이다. 예측결과 혼합비 분포는 중심에서 약 9 정도를 보였으며 외각으로 갈수록 점점 커져 연소실 벽에서는 약 30 정도를 보였다.

Key Words: Oxidizer Rich Preburner(산화제 과잉 예연소기), Propellants Distribution(추진제 분포), Honeycomb Array(별집형 배열), Liquid Rocket Engine(액체 로켓 엔진)

1. 서 론

산화제 과잉 예연소기는 연료 과잉 예연소기에 비해 동일한 연소압력에서 더 낮은 온도의 연소가스를 발생시키는 장점을 가지고 있다. 예연소기는 터빈 구동을 목적으로 하기 때문에 배출가스의 횡단면 온도분포가 균일하여야 한다.

이는 혼합헤드를 통해 분사된 추진제의 혼합비와 유량분포의 균일성에 의해 크게 좌우된다[1]. 연소실 횡단면에 대한 추진제의 혼합은 주로 분사기 사이의 간격에 따라 제한되며 기준이 되는 분사기의 축에서 멀리 떨어질수록 기준 분사기가 추진제의 혼합에 미치는 영향은 작아지게 된다[2]. 본 논문에서는 단순화한 물리적 접근방법을 통해 별집형 분사기 배열을 갖는 산화제 과잉 예연소기의 추진제 분포를 예측하였다.

* 한국항공우주연구원 발사체미래기술팀
연락처, E-mail: iymoon@kari.re.kr

2. 이론적 배경

혼합헤드에서 충분히 떨어져 있을 때 인접한 분사기로부터 분사되어 충돌한 추진제 다발 축주위의 추진제 분포는 Fig. 1과 같이 가우스 법칙과 유사한 분포를 갖는다. 따라서 다발 축으로부터 산화제 및 연료의 제공 평균(RMS) 기울기는 분사기 간격 H에 비례한다[2].

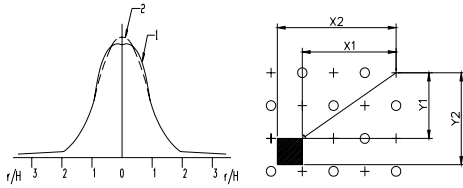


Fig. 1 Propellants distribution

따라서, 분사기 축 근처의 추진제 분포는 다음 Eq. 1과 같이 나타낼 수 있으며 연소실 단면적에서 자유롭게 배열된 면적 Δ 이 r만큼 떨어진 곳의 분사기로부터 받은 추진제 양 G_{na} 은 Eq. 2와 같이 계산된다[2].

$$\frac{dG_{\phi}}{dF} = \frac{G_{\phi}}{2\pi H^2} e^{-\frac{r^2}{2H^2}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$G_{na} = \frac{G_{\phi}}{2\pi H^2} \iint e^{-\frac{x^2}{2H^2}} e^{-\frac{y^2}{2H^2}} dx dy \quad (\text{Eq. 2})$$

G_{ϕ} : 분사기를 통과한 추진제 유량

dG_{ϕ} : 분사기 축에 수직이고 축으로부터 r 만큼 떨어진 곳에 분포되어 있는 면적을 통과한 추진제 유량

3. 예측결과 및 검토

추진제 분포 예측을 위한 모델로 Fig. 2와 같이 7개의 연료 분사기와 24개의 산화제 분사기를 11 mm의 간격으로 벌집형으로 배치하였다. 모두 와류형 분사기로 전체 혼합비는 15이고 연소실 내경은 70 mm이다. 예측된 혼합비(O/F Ratio) 분포를 Fig. 3에 나타내었다.

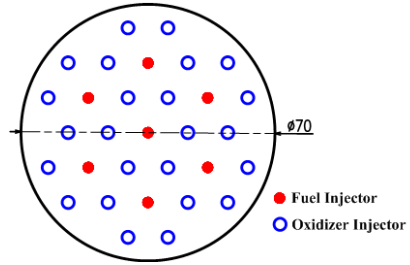


Fig. 2 Honeycomb Array of Injectors

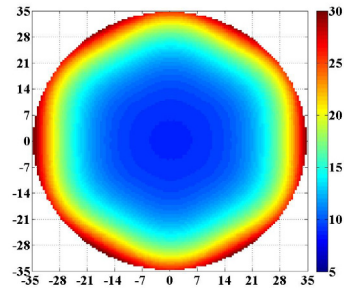


Fig. 3 Distribution of the O/F Ratio

예측결과 중심에서 약 9의 혼합비를 보였다. 혼합비는 중심에서 멀어질수록 커져 6개의 연료 분사기가 위치한 곳에서는 약 15를 나타내었다. 이후 급격히 상승하여 연소실 벽면에서는 약 30의 혼합비를 보였다. 이는 혼합헤드 최외곽에 배치된 산화제 분사기에 기인한 현상으로 연소실 냉각측면에서 유리하게 작용한다.

참고 문헌

1. Huzel, DK. and Huang, DH., "Modern Engineering for Design of Liquid-propellant Rocket Engines," AIAA, 1992
2. 이광진, 김종규, 김인태, 한영민, 설우석, "가스발생기용 단일 스웰 동축형 분사기의 추진제 분포 예측에 관한 기법 연구," 한국추진공학회 2004년도 추계학술대회 논문집, 2004, pp.205-209