

스크램제트 엔진용 Barbotage injector의 분무 특성에 관한 연구

이진희* · 이상훈** · 양인영** · 이경재** · 김재호** · 양수석**†

Study on Spray Characteristics of Barbotage Injector for Scramjet Engine

Jinhee Lee* · Sanghoon Lee** · Inyoung Yang** · Jaeho Kim**
· Kyungjae Lee** · Sooseok Yang**†

ABSTRACT

A part of the development of Scramjet Engine, this study was performed about Injectors. Barbotage injectors were used for experiment. To study characteristics of injector spray, water is supplied as a main fuel and Nitrogen is supplied for water atomization. Spray test facility and PDPA equipment were used in KARI(Korea Aerospace Research Institute). It was found that gas pressure change and spray distance is important value to spray atomization.

초 록

스크램제트 엔진 개발의 일환으로 injector에 대한 연구를 수행하였다. 실험에는 Barbotage injector를 사용하였다. Injector의 분무 특성을 확인하기 위해 물을 주 연료로 공급하였고 액체의 미립화를 위하여 질소를 공급하였다. 실험 설비는 한국항공우주연구원의 분무 시험 장치와 PDPA를 사용하였다. 실험 결과 기체 압력 변화와 분무 거리가 미립화되는 정도에 큰 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.

Key Words: Scramjet(스크램제트), Barbotage Injector(바보타지 인젝터), PDPA(Phase Doppler Particle Analyzer)

1. 서 론

한국항공우주연구원에서는 지난 2000년부터 스크램제트 엔진 개발에 착수하였으며 현재 초

음속 연소기의 재생 냉각 기술의 적용과 함께 다양한 injector를 이용하여 연소 능력 및 효율 향상을 위한 연구를 진행 중에 있다. 이를 위하여 초음속 연소 실험 설비와 분무 시험 설비를 구축하여 스크램제트 엔진의 연소 시험과 barbotage injector 및 충돌형 injector의 분무 특성 실험을 진행하고 있다. 본 논문에서는 분무 실험 설비와 PDPA 장비를 통해 초음속 연소기

* 과학기술연합대학원

** 한국항공우주연구원

† 교신저자, E-mail: ssyang@kari.re.kr

에 사용될 injector 중 barbotage injector의 분무 특성을 확인하였다.

2. 연구 방법

2.1 실험 설비

분무 시험설비는 물 및 질소 기체 공급원과 압력 조절 장치, injector 고정 및 조절 장치, PDPA 및 위치 이동 장치로 구성된다.

실험은 Fig. 1과 같이 설비를 구성하여 진행하였다.

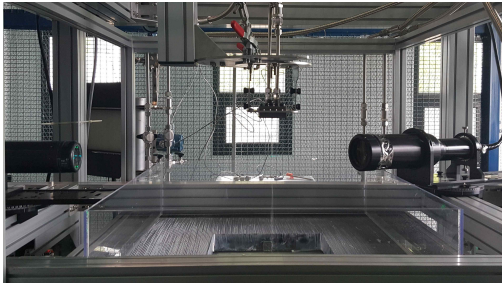


Fig. 1 Experimental Apparatus

2.2 Barbotage injector

Barbotage injector는 액체와 기체를 함께 injector 내부로 공급하여 액체를 미립화시키고 각각의 공급 압력에 따라 미립화 특성이 바뀌게 된다.[1]

실험에 사용한 injector 형상은 Fig. 2와 같으며 표시된 injector hole에서 주 유동 방향을 90도, 60도, 45도로 분사하는 세 종류의 노즐이 있다.

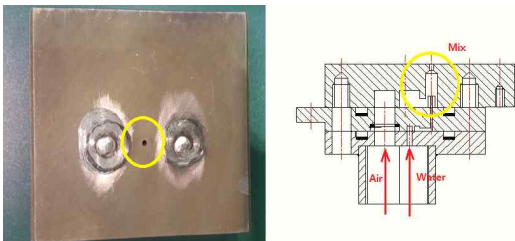


Fig. 2 Barbotage injector

2.3 실험 방법

실험은 90도, 60도, 45도의 노즐에 대해서 각각 실험하였다. 실험 조건은 Table 1과 같이 400kPa, 600kPa의 물 압력에 대하여 질소 압력을 증가시켜가며 수행하였으며 injector hole에서부터 분사 방향으로 30mm에서 140mm까지 10mm 간격으로 PDPA 측정을 진행하였다. 이 간격은 실제 스크램젬 시험 장비에서 injector와 cavity까지의 최대 거리를 기준으로 선정하였다.

Table 1. Water and Gas pressure condition

물 압력 (kPa)	기체 압력(kPa)				
400	430	460	490	540	600
600	630	660	690	740	800

3. 시험 결과

3.1 분무 속도

Figure. 3과 4는 동일한 물 압력에 대하여 기체 압력을 변화시켰을 때와 분사 방향으로의 거리에 대하여 액적의 속도를 비교하여 나타낸 그래프로서 각각 90도와 60도의 경우를 나타낸다.

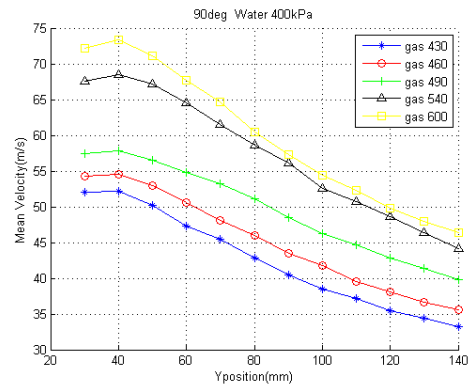


Fig. 3 Variation of Mean Velocity with Pressure and y distance change at 90degree

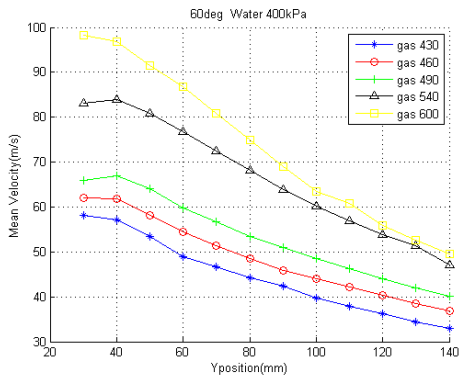


Fig. 4 Variation of Mean Velocity with Pressure and y distance change at 60degree

기체의 압력이 증가하면서 분무속도가 크게 증가하는 것을 알 수 있으며 노즐로부터 거리가 멀어지면서 속도가 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 노즐 출구 각도가 90도에서 60도로 감소함에 따라 액적의 속도가 증가함을 알 수 있다.

3.2 입자 크기

Figure. 5와 6은 동일한 물 압력에 대하여 기체 압력을 변화시켰을 때와 분사 방향으로의 거리에 따라 미립화되는 정도를 D32(Sauter mean diameter)를 비교하여 나타낸 그래프로서 각각 90도와 60도의 경우를 나타낸다. D32는 구형 입자의 표면적에 대한 부피의 비로서 입자의 평균 크기를 나타내는 중요한 지표로서 입자 크기를 비교하는데 사용하였다.

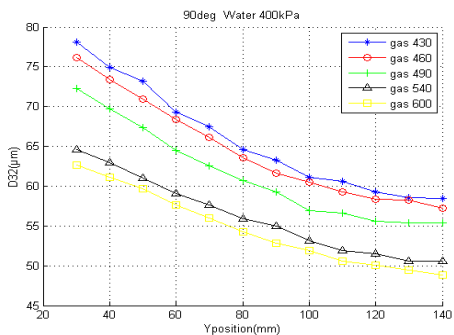


Fig. 5 Variation of D32 with Pressure and y distance change at 90degree

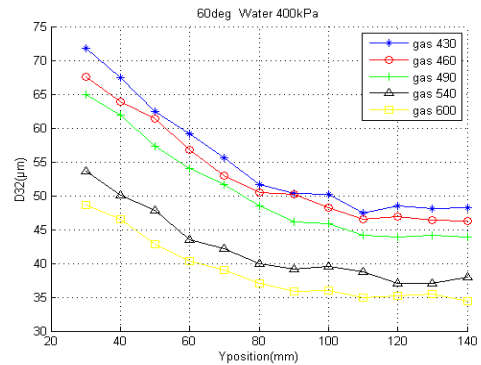


Fig. 6 Variation of D32 with Pressure and y distance change at 60degree

기체 압력이 증가함에 따라 분무 입자의 크기가 감소하는 것을 알 수 있으며 동일한 압력에 대해 분사 방향으로 더 진행될수록 입자의 크기가 더 작아지는 것을 확인하였다. 또한 노즐 출구 각도가 90도에서 60도로 감소함에 따라 액적의 크기도 더 작아진 것을 알 수 있다.

4. 결론

이 연구를 통해 barbotage injector에 높은 압력의 기체를 공급하면 속도의 증가와 함께 액적을 더 미립화시킬 수 있는 것을 확인하였고 노즐 분사 방향으로의 거리에 따라 액적의 미립화가 더욱 진행되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 분사되는 중에 액체와 기체 또는 액체와 액체 간의 충돌에 의한 것으로 생각된다. 또한 90도와 60도 injector의 비교로부터 injector 출구에서의 각도 변화가 액적 속도 증가와 함께 액적의 미립화에도 기여할 수 있음을 알 수 있다.

향후, 각 injector 별 shadowgraph 확보 등의 추가 실험과 충돌형 injector와의 동일 시험결과 비교를 통하여 재생형 연소기를 갖는 스크램제트 연소기에서 활용할 수 있는 최적의 injector를 선정하고자 하며, 선정된 injector를 활용한 재생형 연소기를 갖는 스크램제트 연소기의 연소 성능 시험도 수행할 예정이다.

5. 후기

이 논문은 2016년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 민군융합기술연구사업(No. CMP-16-06-KARI)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참 고 문 헌

1. 김영문, 양인영, 이경재, 이양지, “Barbotage Injector를 사용한 스크램젯 엔진의 연소 특성에 관한 연구,” 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, 2012, pp.186-189