

ANSYS FLUENT를 이용한 동축 와류형 분사기 유동특성 연구

이봄* · 윤원재** · 안규복*†

Flow Characteristics of Swirl-Coaxial Injectors Using ANSYS FLUENT

Bom Lee* · Wonjae Yoon** · Kyubok Ahn*†

ABSTRACT

Numerical simulations of closed-type and open-type single injectors were conducted to investigate the flow characteristics of a swirl-coaxial injector used in a liquid rocket engine. Numerical analysis was conducted using a commercial program ANSYS FLUENT. The injectors has three models with different recess length. Numerical analysis was conducted to investigate the variation of the flow characteristics of the injector when the flow condition were changed. It was also compare and analyzed with experimental results. The results obtained from the numerical simulation show that the difference between the inlet pressure and the discharge coefficient is not significant.

초 록

액체로켓엔진에 사용되는 동축 와류형 분사기의 유동특성을 알아보기 위해 closed-type과 open-type 단일 분사기에 대한 수치해석을 수행하였다. ANSYS FLUENT라는 상용프로그램을 이용하여 해석적인 연구를 수행하였다. 분사기는 리세스 길이가 다른 3개의 모델을 선정하였다. 분사기 접선 방향의 입구로 유입되는 질량유량에 따라서 분사기 유동특성이 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 수치해석을 수행하였으며, 실험을 통해 측정된 결과를 비교 및 분석하였다. 수치해석을 통해 얻은 결과는 실험을 통해 얻은 분사기 전단에 작용하는 압력과 유량계수와 차이가 크지 않음을 알 수 있었다.

Key Words: Swirl-Coaxial Injector(동축 와류형 분사기), Recess Length(리세스 길이), Discharge coefficient(유량계수), CFD(전산유체해석)

1. 서 론

와류형 분사기는 액체로켓엔진, 램제트, 가스 터빈 등과 같은 연소기에 사용되어져 온 분사기로 추진제를 연소실로 공급해주는 역할을 한다. 와류형 분사기는 다른 분사기에 비해 일반적으로 미립화와 혼합특성이 좋다고 알려져 있다

* 충북대학교 기계공학부

** ㈜스페이스솔루션

† 교신저자, E-mail: kbahn@cbnu.ac.kr

[1-2].

본 연구는 이러한 특성을 가지고 있는 동축 와류형 분사기에서 closed-type 와류형 분사기와 open-type 와류형 분사기 각각 단일 분사를 하였을 때 어떠한 유동 특성을 가지고 있는지 확인하고자 하였다. 기존의 연구들은 대부분 단일 분사기인 경우에서 해석을 수행하였으나, 리세스가 있을 시 유동특성에 대해 알기 위해, 동축 와류형 분사기에서 해석을 수행하였다[3-5]. 입구 조건을 질량유량으로 주었을 때, 입구에 걸리는 압력과 유량계수, 분무형상 등을 실험을 통해 얻은 결과와 비교하고자 하였다.

2. 해석 방법

2.1 모델링 및 격자

윤원재 등[6]의 실험에 사용된 분사기 가운데 리세스 길이가 0, 3.6, 6.0 mm인 경우만 해석 대상으로 삼았다. Fig. 1은 이 경우 중에서 리세스 길이가 3.6 mm 분사기의 형상과 격자를 보여준다. 분사기 영역과 공기 영역의 격자 크기를 다르게 생성해주기 위하여 영역을 나누어주었다. 분사기 공기영역의 크기는 40 mm x 20 mm의 원통으로 설계하였다. 분사기 영역에서의 sizing과 공기 영역에서의 sizing을 각각의 분사기에 동일하게 주었을 경우 분사기 격자의 개수는 약 2140만개 정도이다.

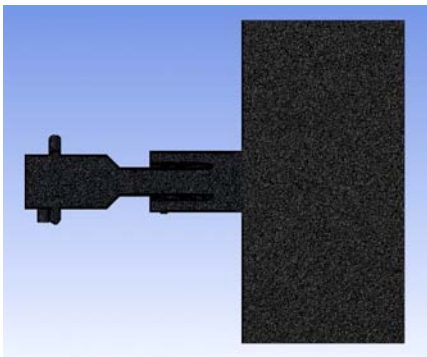


Fig. 1 Numerical grid of 3.6 mm recessed injector

2.2 수치해석 조건

Fluent를 이용하여 3차원 해석을 수행하였다. 물과 공기의 다상유동(Multiphase)이므로 VOF를 사용해주었고, 와류형 분사기는 난류 성분이 강하기 때문에 Reynolds-Stress-Model(RSM)의 BSL 모델을 사용해주었다. 물의 유입구는 mass-flow inlet으로 설정해주었으며, 단일 분사를 해석할 시 분사되지 않는 분사기는 입구 부분을 벽면 조건으로 설정해주었다. 물이 분사되는 공기 영역은 pressure-outlet 조건으로 해주었으며, 이때 초기압력을 대기압으로 설정해주었다. Table 1은 해석 조건을 나타내준다.

Table 1. Numerical simulation mass-flow-rate conditions

Case No.	Case 1	Case 2	Case 3
Closed-type	129.77 g/s	162.21 g/s	194.65 g/s
Open-type	46.35 g/s	57.96 g/s	69.52 g/s

3. 결과 및 분석

3.1 분사기 입구 압력

분사기 접선방향 입구 조건을 질량 유량으로 주게 되는데, 이때 매 계산 횟수마다 계산되는 압력 값을 저장할 수 있다. closed-type 분사기에서는 압력 값이 요동을 가지게 되므로, 500개의 데이터를 평균하였다. Fig. 2는 closed-type 분사기에서 리세스 길이가 변하며, 접선 방향 입구로 들어가는 물의 질량유량이 Table 1의 조건을 따를 때 수치해석을 통해 얻은 압력과 실험을 통해 얻은 압력을 비교하였다. Fig. 3는 open-type 분사기일 때 결과인데, open-type 분사기는 구조상 리세스 길이와 상관이 없기 때문에 리세스 길이가 6.0 mm인 모델에서 수행한 값을 비교하였다. closed-type 분사기는 실험과 수치해석 압력 차이가 비교적 작은 반면, open-type 분사기에서는 차이가 있음을 알 수 있다.

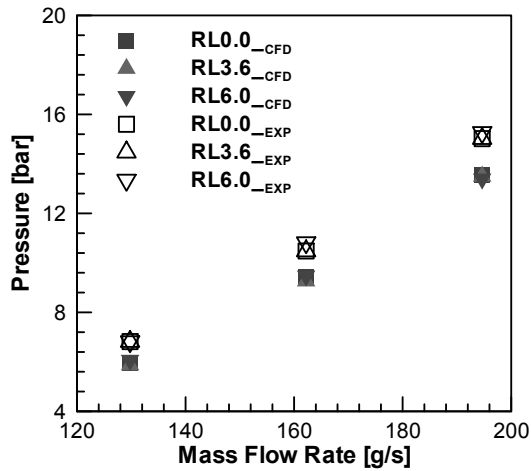


Fig. 2 Comparison of experimental pressure and analytical pressure under Table 1 conditions using closed-type injector

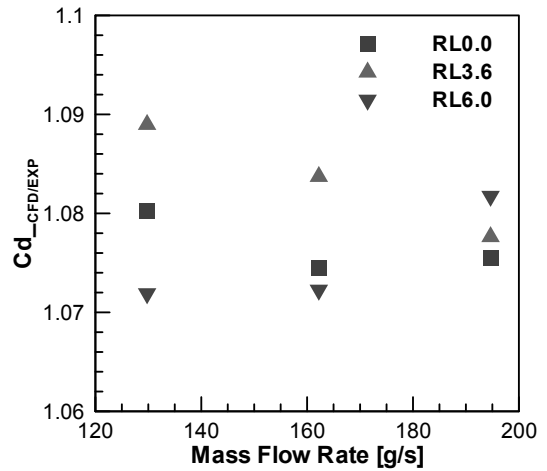


Fig. 4 The ratio of experimental discharge coefficient and analytical discharge coefficient under Table 1 conditions using closed-type injector

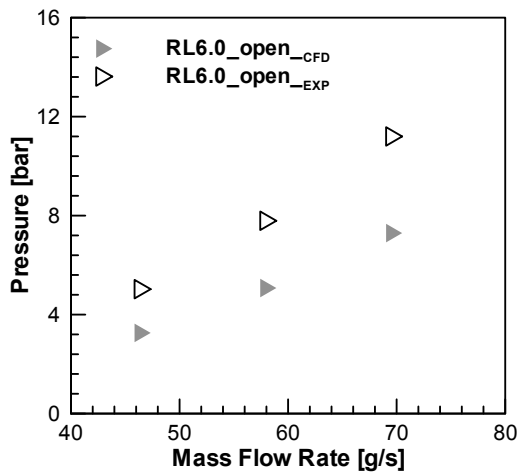


Fig. 3 Comparison of experimental pressure and analytical pressure under Table 1 conditions using open-type injector

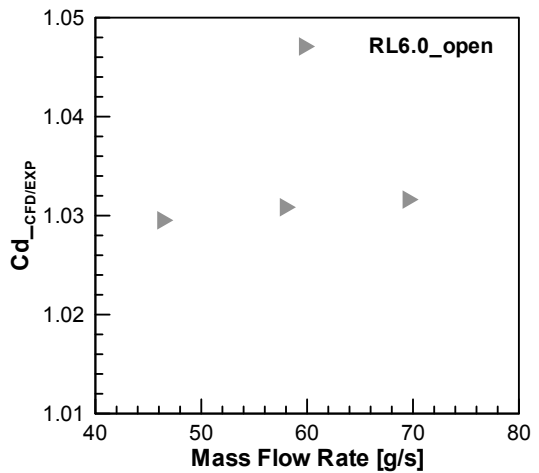


Fig. 5 The ratio of experimental discharge coefficient and analytical discharge coefficient under Table 1 conditions using open-type injector

3.2 유량계수

Table 1의 조건으로 수치해석을 수행하였을 때의 결과와 실험을 통해 얻은 결과로 유량계수를 비교해보았다. 쉬운 비교를 위해 수치해석 유량계수와 실험 유량계수를 비로 나타내었으며, 이는 Fig. 4와 5에 해당한다.

실험을 통해 구한 유량계수와 수치해석을 통해 구한 유량계수는 closed-type의 경우 7~9 %, open-type의 경우 2~4 % 정도의 오차를 가진다.

3.3 분무 형상

Fig. 6은 분사기의 리세스 길이에 따라 유량 조건이 Table 1의 Case 2에 해당할 때 분무 형

상을 나타낸다. water volume fraction으로 나타낸 것으로 빨간색이 물, 파란색이 공기이다. 2차원 평면 그림을 보았을 때 air-core가 분사기 상단까지 형성되는 것을 알 수 있으며, 3차원 형상으로 전체적인 분무 형태를 확인할 수 있다.

않으며, 분무각도 거의 변하지 않는다는 것을 알 수 있었다.

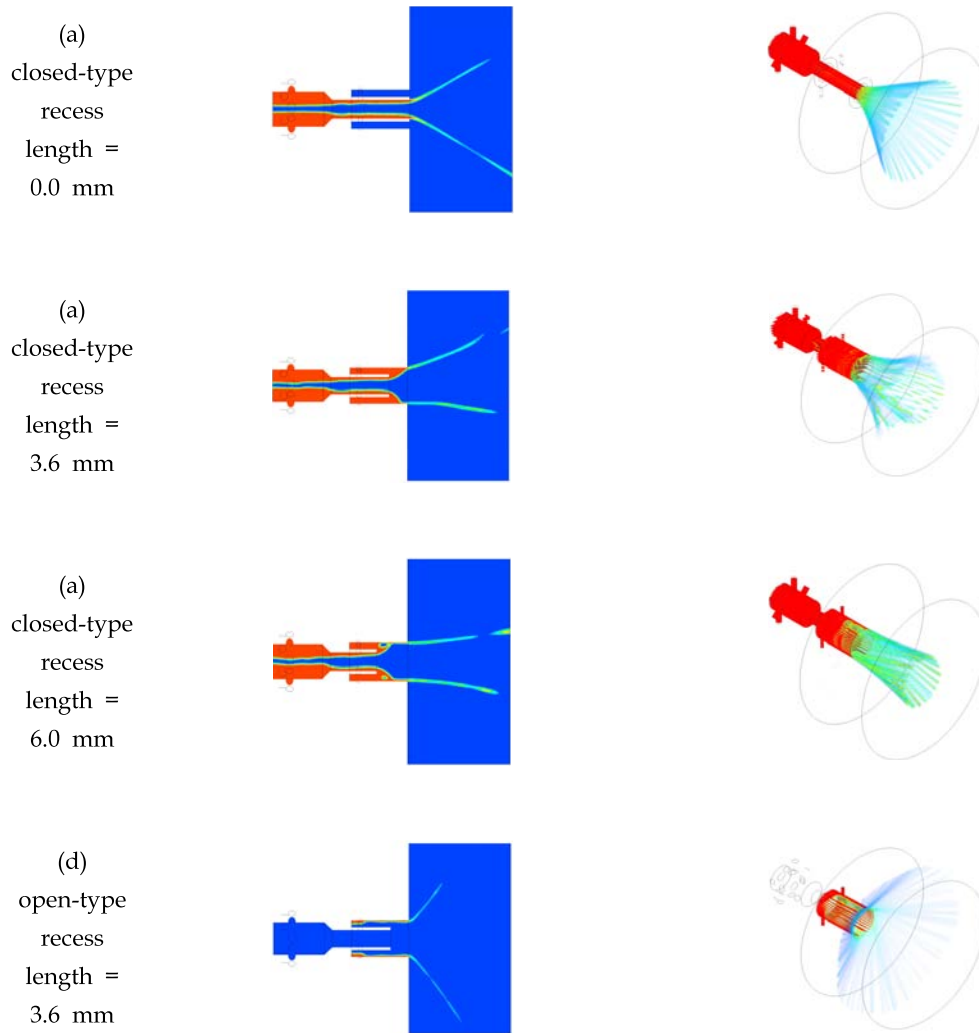


Fig. 6 The spray pattern of the closed-type injector and open-type injector according to recess length

open-type 분사기의 경우, 리세스 길이가 변하거나 입구 질량 유량 조건이 변하더라도 분무 형상이 변하지 않았다. 유량계수의 차이도 크지

참 고 문 헌

1. Zhao, J., Yang, L., "Simulation and Experimental Study on the Atomization Character of the Pressure-Swirl Nozzle," *Open Journal of Fluid Dynamics*, pp.271-277, 2012
2. 윤원재, 이봄, 안규복, "가스발생기용 동축 와류형 분사기에 대한 연구," 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, pp. 403-407, 2016
3. 김재열, 윤영빈, 최정열, "VOF 기법을 이용한 Closed-Type 와류 분사기의 내부 유동 해석," 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, pp. 419-421, 2016
4. Fluent User Guide 17.2
5. Sumer, B., Erkan, N., Uzol, O., Tuncer, I.H., "Experimental and Numerical Investigation of a Pressure Swirl Atomizer, 12th Triennial International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, 2012
6. 윤원재, 안규복, 김현웅, 방정석, "분사조건에 따른 동축 와류형 분사기의 유량계수 특성 연구," 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, pp. 212-216, 2016