

# 수치해석을 이용한 Scarfed Nozzle 특성 연구

최지용\* · 이선재\* · 김진용\* · 박재범\*\* · 이상연\*\* · 허준영\*\* †

## Investigation of Scarfed Nozzle Plume effect using Numerical Analysis

Jiyong Choi\* · Sunjae Lee\* · Jinyong Kim\* · Jaebeom Park\*\* · Sangyun Lee\*\* · Junyoung Heo\*\*

### 초 록

본 연구에서는 수치해석을 이용하여 Scarfed Nozzle의 플룸의 형태와 유동 특성을 분석하였다. 일반적인 추진기관의 노즐과 다르게 Scarfed Nozzle을 가지는 경우 축대칭의 형상을 가지지 않기 때문에 3차원 해석을 진행 하였다. Scarfed Nozzle의 플룸의 형태를 분석하기 위해 Canted Nozzle의 해석결과와 비교를 하여 연구를 수행하였다.

Key Words: Scarfed Nozzle, Canted Nozzle, Plume(플룸), Numerical Analysis(수치해석)

### 1. 서 론

로켓의 플룸(plume)은 내부적으로는 노즐의 형상 및 연소실의 조건에 따라 달라지며, 외부적으로는 고도에 따른 대기압의 압력, 온도에 따라 그 크기와 형상이 변하게 된다. 일반적인 고체추진기관은 유도탄의 후방에 위치하여 단일노즐을 사용하여 추력손실을 최소화 한다. 그러나 유도탄의 특성에 따라 추진기관위치가 후방에 위치하지 않는 경우 유도탄의 외경에 맞추어 Scarfed Nozzle의 형태로 설계한다. Scarfed Nozzle의 특성상 측방추력이 발생하게 되어 주추력 방향에 위치한 단일 노즐에 비해 추력손실이 발생하게 된다.

대칭적인 형상을 가지는 일반 추진기관의 노즐

과 달리 Scarfed Nozzle은 노즐목에서부터 노즐 출구의 길이가 축을 중심으로 다르게 설계되어 있어 플룸의 형상 역시 비대칭적인 형태를 보인다. 본 연구에서는 Scarfed Nozzle을 가지는 추진기관의 플룸의 형태를 파악하기 위해 수치해석기법을 이용하였으며, Canted Nozzle의 해석결과와 비교를 통해 분석을 수행하였다.

### 2. 해석 방법

본 연구에서는 Scarfed Nozzle을 가지는 추진기관의 플룸의 형태를 분석하기 위하여 전산유체역학 기법을 사용하였다. 해석 소프트웨어는 상용 소프트웨어인 Ansys Fluent 18.0를 사용하였다. 일반 추진기관과 다르게 비대칭의 형태를 가지는 Scarfed Nozzle을 가지는 추진기관의 해석을 위하여 3차원의 비정렬격자계를 사용하여

\* ㈜한화 대전사업장

\*\* 국방과학연구소 4본부

† 교신저자, E-mail: jondow@hanwha.co.kr

약 290만개의 해석격자를 생성하였다. 격자 형상은 Fig. 1에 나타내었다. 작동유체는 Ideal gas를 사용하였다. 난류 모델은 SST k-w 모델을 사용하였다.

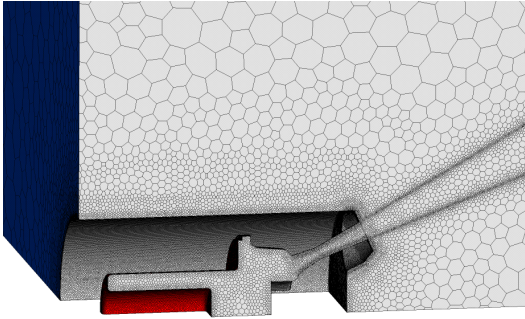


Figure 1 Grid system

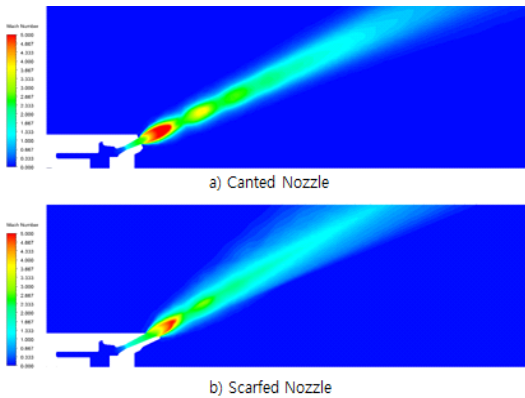


Figure 2 Contour of Mach number

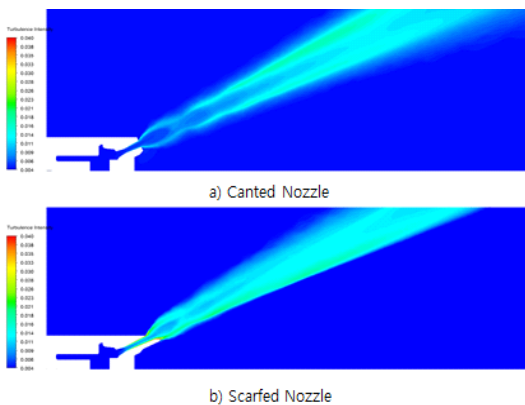


Figure 3 Contour of Turbulence intensity

### 3. 해석 결과

Figure 2. Scarfed Nozzle과 Canted Nozzle이 장착된 추진기관의 마하수 분포를 나타내고 있다. 플룸의 크기는 Canted Nozzle의 경우가 더 길게 형성되고 있으며, 팽창과 압축을 반복하면서 일정한 패턴의 유동현상을 보여 주고 있다. 반면 Scarfed Nozzle의 경우는 비대칭적인 플룸의 형태를 보이며, 플룸의 크기가 Canted Nozzle에 비하여 확산된 유동 현상을 보여 주고 있다. Figure 3.은 Scarfed Nozzle과 Canted Nozzle이 장착된 추진기관의 난류강도의 분포를 나타내고 있다. 마하수 분포와 비슷하게 Scarfed Nozzle은 비대칭적인 형태를 보이며, 노즐 축을 중심으로 출구까지의 거리가 길수록 난류 강도가 강하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 대칭적인 형상을 가지는 일반 추진기관의 노즐과 달리 Scarfed Nozzle은 노즐목에서부터 노즐 출구의 길이가 축을 중심으로 다르게 설계되어 있다. 축을 중심으로 노즐의 출구 직경이 충분히 확보되지 못하여 Canted Nozzle에 비하여 더 복잡한 유동 현상을 보여주고 있다.

### 4. 결론

Scarfed Nozzle을 가지는 추진기관의 플룸의 형태를 분석하기 위하여 수치해석을 수행하였다. Canted Nozzle의 해석결과와 비교를 통해 Scarfed Nozzle의 플룸 형태를 분석 하였다. 추력의 경우 Scarfed Nozzle을 가지는 추진기관이 Canted Nozzle을 가지는 추진기관에 비해 약 30% 감소된 결과를 보였다. 노즐 출구까지의 길이가 비대칭적으로 형성된 Scarfed Nozzle의 특성으로 인하여 플룸의 형상 역시 비대칭적으로 생성되는 결과를 보여주고 있다.

### 참고 문헌

1. Sutton, G. P., Rocket Propulsion Elements,

7th ed., John Wiley & Sons Inc., 1992

2. J. S. LILLEY and J. D. HOFFMAN.  
"Performance analysis of scarfed nozzles",  
Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 23,  
No. 1 (1986), pp. 55-62.