

## F-15K 엄체호 분사구 최적 설계에 관한 연구

윤용현,<sup>\*1</sup> 김성초,<sup>2</sup> 조환기,<sup>1</sup> 이상현<sup>1</sup>

### DESIGN AND OPTIMIZATION STUDY ON THE F-15K IGLOO DIFFUSER

Y.H Yoon,<sup>\*1</sup> S.C. Kim,<sup>2</sup> H.K Cho<sup>1</sup> and S.H. Lee<sup>1</sup>

*New design configurations were developed based on the closed ventilation type igloo nozzle in contrast to the conventional open distribution type. To validate the enhanced performance, the prediction of the exhaust flow patterns of the igloo diffuser was carried out by both experimental and computational simulations. CFD provided detailed parametric studies that significantly reduced the amount of experimentation necessary to alter the design of existing the F-15K igloo exhaust diffuser.*

**Key Words** : 분사구 형태(Diffuser Type), 엄체호 분사구(Igloo Diffuser), 제어체적(Control Volume), 최적설계(Optimal Design), 역류(Reverse Flow)

#### 1. 서 론

일반적으로 항공기를 보관하는 집을 격납고(hangar)라고 하는데 특히 군용항공기의 경우 적의 공격으로부터 피탄을 막고 방호 목적을 달성하기 위하여 특별히 적의 사격이나 폭격으로부터 인원과 장비를 보호할 수 있도록 만든 격납고를 엄체호(igloo)라고 한다. 이러한 엄체호는 최근 미사일이나 각종 무기체계가 정교해 가면서 적의 공격으로부터 지상에 있는 무기체계의 안전한 전력보호를 위해 엄체호의 견고성과 안전성 제고에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 본 연구는 현재 공군에서 운영하고 있는 F-15K 엄체호의 기능을 개선하기 위하여 수행되었다. F-15K는 매우 고가의 전투기로써 임무가 없을 때는 엄체호 내 위치하다가 임무가 주어지면 빠른 출격을 위해 엄체호 내에서 시동을 걸고 출격점검을 마친 후 활주로로 이동을 하게 된다. 따라서 엄체호 내에서 엔진시동을 걸기 위해 전투기 엔진 후류가 배출될 수 있도록 엄체호에 배출구를 마련해 놓고 있다. 그런데 현 F-15K 엄체호는 F-15K에서 분출되어 나오는 제트류가 엄체호 밖으로 빠져 나오면서 충돌 벽에 부딪힌 후 주위로 분산되도록 하는 개방

분산형(open distribution type) 구조로 되어 있는 실정이다. 이러한 현재의 개방형 엄체호는 다음과 같은 문제점을 지적할 수가 있다.

- (1) 엄체호 내부로 불순분자의 침입이 용이 할 뿐 아니라
- (2) 적의 정밀 유도무기로 부터 공격에 취약하며
- (3) 주변으로 소음이 확산 되는 등 여러 가지 취약점이 노출되고 있다. 따라서 이러한 개방 분산형 엄체호를 개선하여 새롭게 신축되는 엄체호 설계 사업에 제트 분사류(jet exhaust gas)의 유로를 폐쇄형(close type)으로 개선하여 위의 문제점을 해소하고 완벽한 엄체호 기능을 보장하도록 하는데 있다.

이를 위해 폐쇄형 엄체호 형태를 갖는 몇 가지 형태를 고안하여 기존 개방분산형 엄체호 보다 개선된 효과를 검증하기 위해 F-15K 엔진에서 배출되는 엔진후류처리를 위해 실험적 방법과 전산 해석적 방법을 사용하였다.

이러한 문제는 엔진노즐에서 분출되는 제트 류가 자유경계면을 가지고 벽면에 충돌(impinging)하여 분산된 후 역류(back flow)없이 대기 중으로 흡수되도록 하는 확산기(diffuser) 기능을 하는 엄체호 분사구를 최적 설계하는데 그 목적을 두고 있다. 이러한 기본적인 형태를 Fig. 1에서 보여 주고 있다. 이러한 제트후류는 고온, 고속, 고압이며 아울러 높은 소음을 유발하고 있기 때문에 최적설계를 통해 소음 저감효과는 물론 안전성 및 보안성(safety and security)도 제고하는데 있다.

1 정회원, 공군사관학교 항공우주공학과

2 정회원, 국립 순천대학교 기계우주항공공학부

\* Corresponding author, E-mail: ms216@chol.net

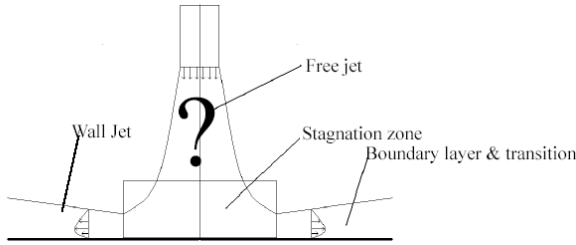


Fig. 1 Free jet impinging problem

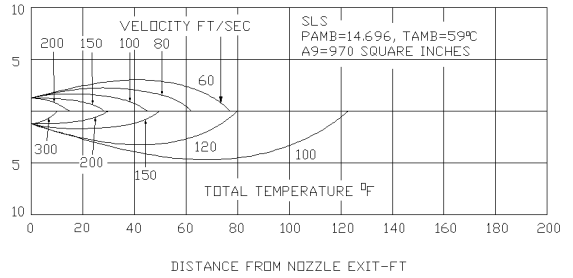


Fig. 4 Velocity and temperature of F-15K nozzle after

분출형 분사구의 경우 고온 고압의 분출류가 엄체호 내부에 역류되어 인적 물적 피해를 주지 않도록 설계되어야 한다. 따라서 두 개의 엔진을 장착한 F-15K의 엔진 분출류가 각각 벽에 충돌한 후 외부로 방향전환이 되도록 경사각을 주었다.

2.2 실험 및 전산 해석

F-15K 제트 분사류는 엔진 작동 상태에 따라 온도 및 속도분포가 달라지는데 엄체호 내부에서 엔진을 작동할 때는 통상 엔진조건을 완속상태(idle condition)로 가동하므로 이 조건에서 노즐 후류의 속도분포와 온도분포는 다음 Fig. 4와 같다.

먼저 실험은 노즐 후류의 정성적인 경향성을 파악하기 위해 1/30 scale down model을 제작하여 다음과 연막을 노즐에서 분사하여 여러 가지 형태의 엄체호 분사구에서 흐름의 궤적을 관찰하였다. 이러한 방법을 통해 여러 가지 형태의 엄체호 분사구 형태를 관찰 한 후 최적의 형상을 두 가지 선택하고 이에 대해 전산해석을 수행하였다

사용된 코드는 유한체적법(Finite Volume Method)을 기본으로 하는 FLUENT 상용 코드를 사용하였으며 보존법칙을 기본으로 유도된 제어체적에 대한 보존 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho \phi dV + \iint \rho \phi V \cdot dA = \iint I \nabla \phi \cdot dA + \iiint S_{\phi} dV$$

이를 유한체적법으로 2nd order upwind로 이산화하여 대수 방정식으로 풀었으며 격자수는 각 경우에 따라 약 2-3백만 개였으며 난류모델은  $k-\epsilon$ 을 사용하였다. 입력 조건은 엔진의 완속조건(idle condition)을 사용하였다.

전산해석은 세 형태로 나누어 수행하였는데 type 1과 type 2는 폐쇄분출형이고, type 3는 기존의 개방분출형으로 각각 해석하여 그 결과를 비교 분석하였다

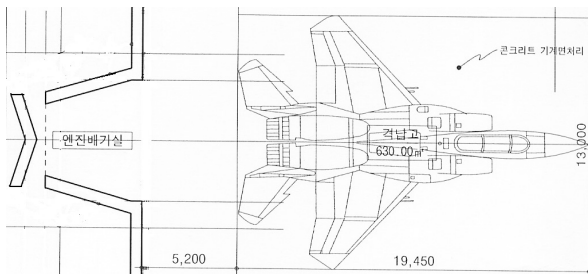


Fig. 2 Open distribution type

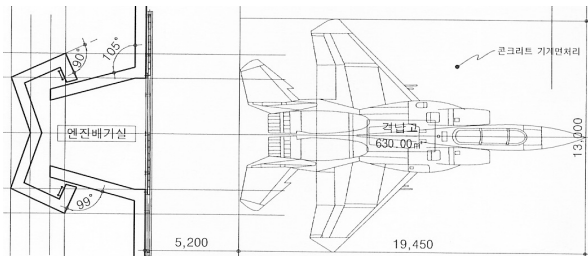


Fig. 3 Closed ventilation type

2. 형상설계 및 해석 방법

2.1 엄체호 형상

현재 운용 중인 F-15K 엄체호는 다음 Fig. 2에서 보여 주는 바와 같이 엄체호 내에서 엔진을 작동할 경우 엔진 배기구를 통해 외벽에 부딪친 후 좌우 및 위 방향으로 분산되어 있는 개방 분산 형(open distribution type)으로 되어 있다.

이러한 개방 분산형 분사구를 Fig. 3에서 보여 주는 바와 같은 폐쇄 분출형(closed ventilation type) 분사구로 개선하고자 한다. 폐쇄 분출형은 보안 및 안전에 대한 취약점을 해소하고 인근 인구 밀집 지역에 대한 소음을 줄일 수 있다는 판단 아래 여러 가지 형상 중 선택되어진 형태이다. 그러나 폐쇄

### 3. 실험 및 해석 결과

#### 3.1 실험

F-15K 엄체호를 1/30로 축소하여 분사구의 여러 가지 모델에 대해 정성적으로 흐름의 궤적을 관찰하였다.

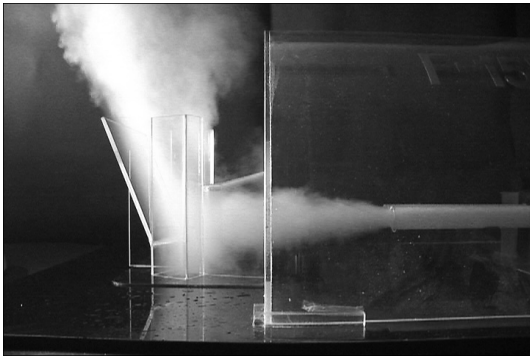


Fig. 5 Closed ventilation type I

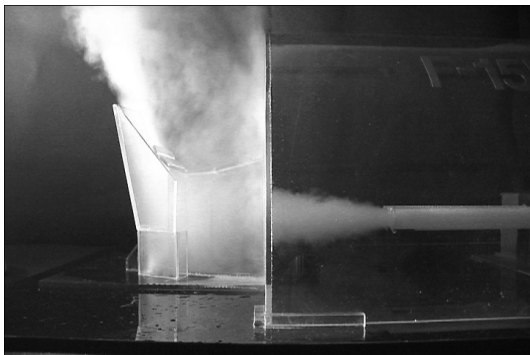


Fig. 6 Closed ventilation type II

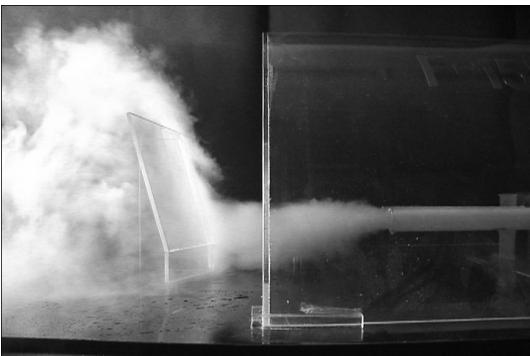


Fig. 7 Open distribution type

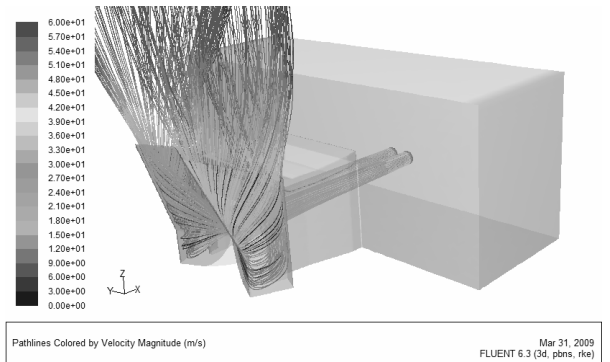


Fig. 8 Closed ventilation type I (path lines)

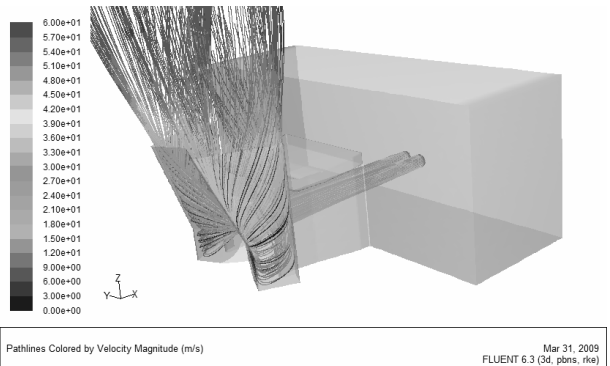


Fig. 9 Closed ventilation type II (path lines)

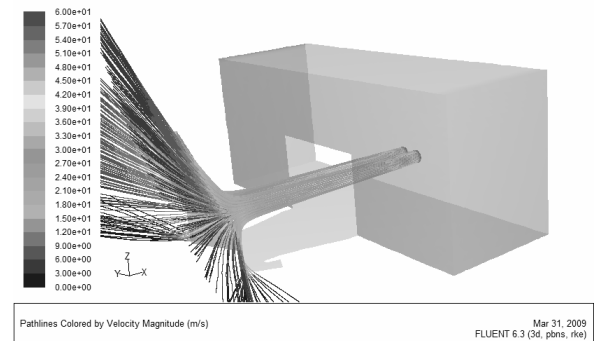


Fig. 10 Open distribution type (path lines)

#### 3.2 전산해석 결과

Fig. 7은 폐쇄 분출형 I에 대한 분출류의 path lines이고, Fig. 8은 폐쇄 분출형 II의 path lines이다. 두 경우다 모두 역류(reverse flow)가 발생하지 않음을 확인할 수 있었다. 온도분



Fig. 11. Closed ventilation type I (temperature)



Fig. 13 Open distribution type (temperature)



Fig. 12 Closed ventilation type II (temperature)

포에 대한 결과는 Fig. 10-11에서 보여 주고 있다. 물론 개방 분산형도 제트류가 잘 빠져 나감을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

현재 운영 중인 F-15K 엄체호 개방분산형 분사구를 폐쇄 분출형으로 개선한 결과 역류(reverse flow)없이 잘 빠져 나감을 확인할 수 있었다. 따라서 기존의 폐쇄분출형으로 개선함으로써 보안 및 안전상의 취약점을 보완하고 소음도 크게 감소할 수 있을 것으로 예측된다.

#### 참고문헌

- [1] <http://www.ates.co.kr>.
- [2] <http://www.fluent.com>.
- [3] F-15K engine manual.
- [4] Wilcox, D.C., *Turbulence Modeling for CFD*.