

# 마이크로 터보제트엔진 S형상 배기노즐 플룸의 적외선 신호 특성 실험연구

김선미\* · 이정석\* · 최성만\*† · 명노신\*\* · 김원철\*\*\*

## An Experimental Study of the Infrared Signal Characteristics on the S-Nozzle Plume of the Micro Turbojet Engine

Sunmi Kim\* · Jeonseok Lee\* · Seongman Choi\*† · Rho-Shin Myoung\*\* · Woncheol Kim\*\*\*

### ABSTRACT

Infrared signal measurement are conducted from a micro-turbo jet engine with different nozzle configurations. The conventional cone type, a S-shaped type with aspect ratio 5.2 and five rectangular type nozzle with different aspect ratios are used for this experiment work. The result show that infrared signal from the exhaust gas decrease as the aspect ratio increase. In case of S-shaped nozzle, the maximum infrared signal is reduced about 28.4% when compared of rectangular nozzle with aspect ratio 5(AR5).

### 초 록

마이크로 터보제트엔진을 이용하여 S형상 배기노즐의 플룸의 적외선 신호 특성을 이해하기 위하여 적외선 신호 특정 연구를 수행하였다. 엔진 배기노즐은 원형노즐과 가로세로비가 5인 사각형 노즐 그리고 가로세로비가 5.2인 S형상의 배기노즐을 제작하여 실험을 수행하였다. 배기가스에서 방출되는 적외선 신호는 가로세로비가 클수록 적외선 신호의 크기가 점차 감소하는 경향을 보였고 배기노즐의 형상이 S형상의 경우 사각형 노즐 보다 적외선 신호가 28.4% 감소하는 것을 확인하였다.

Key Words: Micro Turbo Jet Engine(마이크로 터보제트엔진), Exhaust Nozzle(배기노즐), Aspect Ratio(가로세로비), Infrared signal(적외선 신호), S-shape Nozzle(S형상 배기노즐)

### 1. 서 론

현재 적외선 탐지기술의 발달로 항공기의 생존성을 향상시키기 위해 적외선 신호와 관련된 피탐지성이 중요하게 인식되고 있다. 항공기에서 방사되는 적외선 신호 중 추진기관에서 방사되는 적외선 신호를 줄이는 것이 항공기 생존성

\* 전북대학교 항공우주공학과

\*\* 경상대학교 항공우주공학과

\*\*\* 국방과학연구소

† 교신저자, E-mail: csman@jbnu.ac.kr

향상의 핵심기술 중 하나이다. 항공기 엔진의 적외선 신호를 저감시키는 기술로 엔진 배기노즐 내부 외부의 코팅을 통한 적외선 감소기술과 엔진의 배기노즐을 변화시켜 배기노즐로부터 나오는 뜨거운 배기가스의 적외선 신호를 감소하는 기술 등이 있다. 이 중 배기가스에서 나오는 적외선을 감추기 위한 가장 효과적인 방법은 배기노즐의 형상 변화를 통한 적외선 신호를 감소시키는 방법과, 후방부의 뜨거운 열원을 보이지 않게 감추는 것이다[1]. 본 연구에서는 엔진 배기노즐의 가로세로비를 증가시킴과 동시에 배기노즐 형상을 S형상으로 제작하여, 마이크로 터보제트엔진을 이용한 S형상 배기노즐로부터 나오는 플룸의 적외선 신호 특성에 대한 연구를 진행하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 2.1 마이크로엔진 및 배기노즐 형상변화

본 연구에 사용된 마이크로터보제트 엔진은 AMT 사의 Olympus HP Engine 으로서 최대 배기가스 온도는 750 °C ,최대 추력은 230 N(52.82 lbf), 최대 회전수는 108,500 rpm 이며, 연료는 Kerosene에 Aeroshell 500 윤활유를 4.5 % 혼합하여 이용한다. 형상변형 된 노즐을 교체해가면 실험할 수 있도록 노즐 일부분을 플랜지로 변형시켰다[2]. 본 연구에서는 가로세로비가 5.2 이면서도 곡선형상의 반달형 노즐(AR5.2 S)을 사용하여 배기 플룸의 적외선 신호의 분포를 알아보고 기본 노즐인 Cone 형상 노즐, 가로세로비가 5인 사각형 노즐 (AR5)노즐의 배기플룸의 적외선 신호를 비교 분석하고자 한다. 제작된 노즐 형상은 Fig. 1 에 제시되어있다.

### 2.2 실험장치 및 실험방법

적외선 신호를 측정하기 위한 장비로 열화상 카메라(Variocam hr head, JENOPTIK사)을 사용하여 측정을 수행하였다. 열화상 카메라의 파장범위는 7.5~14  $\mu\text{m}$  이고 온도범위는 -40°C ~ 1200°C이다. 적외선 카메라의 측정위치는 마이크

로 터보제트엔진의 배기출구로부터 중심축 연장



Fig. 1 Nozzle Variants.

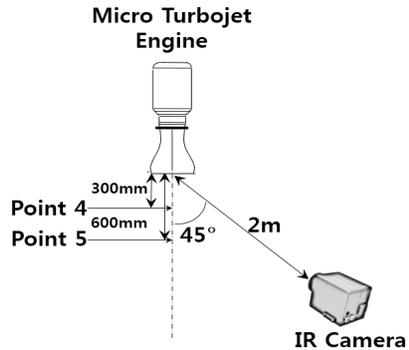


Fig. 2 Layout of Engine Test.

선으로 45° 각도 위치에 2m 떨어진 거리에서 적외선 신호를 측정하였다. 배기노즐로부터 나오는 배기가스의 플룸은 적외선 카메라를 통하여 배기 출구로부터 길이방향으로 300mm, 600mm 떨어진 위치에서 측정하였으며 간략한 개략도가 Fig. 2에 제시되어 있다. 마이크로터보제트의 엔진 작동은 총 161초 동안 진행되며, 100% RPM에서 20초 동안 작동하고, 10% 간격으로 스로틀을 감소시키며 각 스로틀에서 10초 동안 유지하며 신호를 측정한다[3].

### 2.3 실험결과 및 분석

S형상 노즐의 적외선 플룸 사진과 플룸사진내의 적외선 신호 검출위치를 도식화하여 Fig. 3에 나타내었다. S형상 노즐의 출구로부터 300mm, 600mm 위치에서 수직방향으로 적외선 신호를 검출하였다. AR 5.2 S형상 배기노즐에서 방출되는 플룸의 영역은 300mm 위치에서 포인트 2~5 영역으로 퍼지고 그 중 3 포인트에서 약 102

W/m<sup>2</sup>로 가장 높은 적외선 신호가 검출되었다. 600mm 위치에서 플룸의 범위는 8~12 포인트 내에 분포되어있고 그 중 10 포인트에서 약 92.4 W/m<sup>2</sup>로 적외선 신호가 가장 높은 것을 확인하였다. S형상의 노즐의 경우 기본 Cone 노즐에 비해 플룸이 아래로 넓게 퍼지고, 뜨거운 배기가스가 위로 상승하면서 위아래로 플룸이 넓게 퍼지는 것을 확인하였다. 이를 토대로 S형상 배기노즐의 플룸의 신호와 기본인 Cone 노즐, 가로세로비가 AR5인 사각형 노즐의 적외선 신호의 크기를 비교 분석하였다[4]. 엔진 작동 시의 대기 온도 및 대기 압력에 대한 시험결과를 표준 대기 조건으로 보정하여 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다.

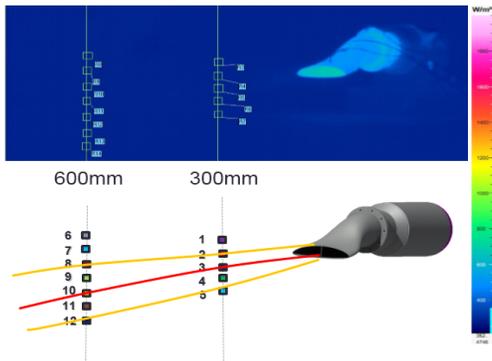


Fig. 3 Exhaust Plume IR Layout of AR5.2 S.

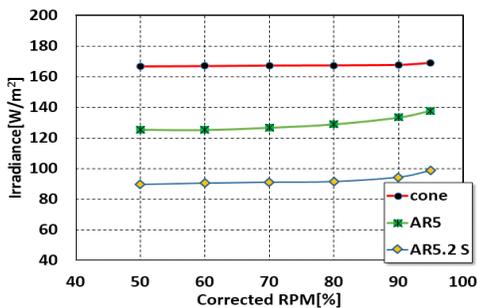


Fig. 4 Plume Irradiance with Corrected RPM(300mm from Nozzle Exit).

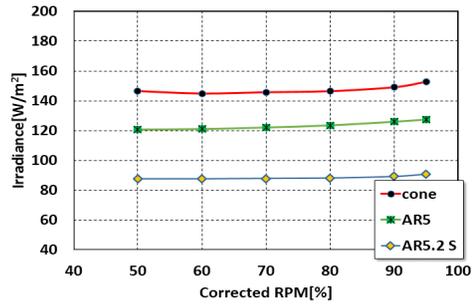


Fig. 5 Plume Irradiance with Corrected RPM(600mm from Nozzle Exit).

Figure. 6은 엔진 출구에서 300mm 떨어진 위치에서 적외선 신호를 측정된 결과이다. 배기노즐의 가로세로비가 커질수록 적외선 신호가 감소하였음을 알 수 있으며, 콘 노즐 대비 AR5의 경우 95% RPM에서 17.9% 적외선 신호가 감소하였고 AR 5.2 S노즐의 경우 41.6% 감소함을 보였다. 이는 가로세로비가 커짐 따라 배기 플룸이 넓게 퍼지게 되며 대기 공기와 빠르게 혼합되어 가스의 온도가 낮아지는 것으로 판단된다. 가로세로비 5.2의 S형상의 경우 AR5 노즐 대비 28.4% 감소함을 확인하였다. 이는 S형상의 배기노즐에서 나오는 배기 플룸이 아래로 넓게 퍼지며, 뜨거운 배기가스가 상승하면서 대기공기와의 접촉 면적이 증가하기 때문에 가스온도가 상대적으로 많이 낮아지는 것으로 판단된다. 이에 따라 배기 플룸의 적외선 신호가 낮게 측정된 것으로 사료된다.

엔진 출구에서 600mm 떨어진 위치에서 적외선 신호의 값이 Fig. 5에 제시되어있다. 적외선 신호의 경향은 300mm에서 측정된 적외선 값과 유사하나 5~20 W/m<sup>2</sup> 정도 낮은 크기의 적외선 신호를 가지고 있음을 알 수 있다. 즉 거리가 멀어질수록 가로세로비가 커질수록 공기와의 접촉 면적이 증가하여 적외선 신호가 감소하는 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

마이크로 터보제트엔진을 이용하여 플룸의 적외선 신호 특성실험 연구를 수행하였다. 연구결과 S형상의 배기노즐의 경우 배기 플룸이 아래로 넓게 방출되고 뜨거운 가스가 위로 올라가기 때문에 공기와의 접촉 면적이 보다 증대되어 배기플룸의 온도가 더욱 낮게 감소되는 것으로 판단된다. 콘 노즐 대비 41.6% 감소함을 확인하였고, AR5의 경우 17.9% 감소함을 확인하였다. 추후 각 배기노즐 형상에 대한 상세한 배기플룸의 온도분포 측정을 통해 적외선 신호와의 상관관계 연구를 수행 할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방 피탐지 감소기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. Ball, R.E., "The Fundamentals of Aircraft Combat Survivability Analysis and Design," AIAA Education Series, 2nd Edition, 2003.
2. 박규상, 최성만, 김원철, "마이크로 제트엔진 배기노즐 형상변화에 따른 성능특성," 한국추진공학회 학술대회논문집, 2016, pp.540-543
3. 박규상, 최성만, 김원철, "마이크로 터보제트 엔진을 이용한 적외선 측정연구," 한글추진공학회 학술대회논문집, 2014, pp.486-488
4. 박규상, 김선미, 최성만, 명노신, 김원철, "배기노즐 형상변화에 따른 마이크로 터보제트 엔진의 성능 및 적외선신호 실험연구," 한국추진공학회지, 제 20권 5호, 2016, pp.1-8