

극초음속 Hyshot 스크램제트엔진의 비행시험

- UQ모델 제 1차 발사 -

정인석, 원수희

서울대학교 항공우주공학과

(E-mail : bulgome1@snu.ac.kr)

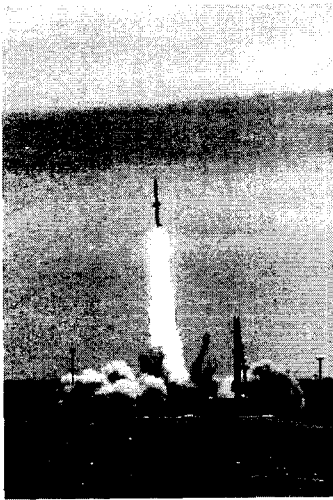
스크램제트(SCRamjet-Supersonic Combustion Ramjet)엔진은 6000km/hr 이상도로 운용되도록 설계된 공기흡입엔진으로 상업용과 군사적 목적으로 개발되고 있는 엔진이다. 스크램제트 엔진의 성공적인 개발을 위해서 지상실험, 수치해석 및 비행실험이 수행되고 있으며 각실험의 장단점으로 인해 상호 보완적인 실험의 병행이 필수적이다. UQ(University of Queensland)의 극초음속 연구소(Center for Hyper에서 T4 충격파 풍동을 이용하여 스크램제트엔진의 지상실험을 수행해 왔고 HyShot 프로그램을 통하여 비행실험을 준비중이며 서울대학교에서는 수치실험을 통하여 스크램제트 엔진개발에 참여하고 있다. 이러한 각각의 실험을 통한 결과들 간의 상관관계를 규명함으로써 스크램제트 엔진의 물리적 현상을 이해하는데 도움이 될수 있을 것으로 생각된다.

HyShot 프로그램은 Terrier-Orion의 2단 관측로켓을 이용하여 2차원 스크램제트 엔진구조물을 고도 350km까지 쏘아올린 후 자유낙하하는 Orion로켓의 전방에 달려 있는 스크램제트 엔진이 고도 35km에서 22km 사이를 지나면서 2.4km/s의 속도를 얻게되는 구간에서 약 5초간 실험이 수행된다. 이 영역을 통과하는 동안 자유유동의 조건은 $M_{\infty} = 6.5$, $p_{\infty} = 5.8 - 0.9 \text{ kPa}$, $T_{\infty} = 285 - 291 \text{ K}$ 이며 17° 기울어진 압축쌍기를 지난 연소기의 입구 유동은 $p_0 = 216 - 32 \text{ kPa}$, $T = 1102 - 1077 \text{ K}$ 에 이를 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 실험고도를 비행하는 동안 스크램제트 엔진은 축방향으로 4 - 6Hz의 회전운동과 0.1 Hz의 세차운동 및 $\pm 4^{\circ}$ 의 받음각을 겪게 된다.

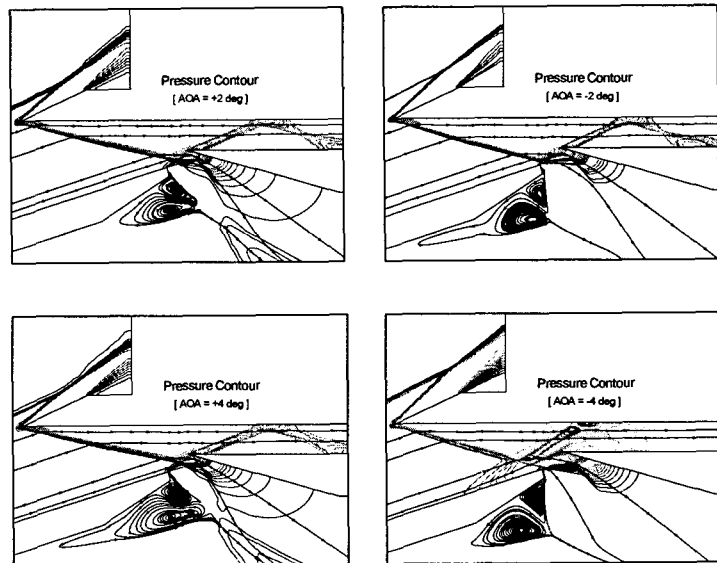
극초음속 공기 흡입구인 스크램제트 엔진 공기 흡입구는 극초음속 유동의 공기를 효과적으로 감속, 압축시켜 연소기에 공급하는 역할을 한다. 이러한 극초음속 공기 흡입구에서는 강한 충격파, 열전달 현상 및 점성의 효과 등이 서로 결합되어 매

우 불안정한 유동이 나타난다. 따라서 공기 흡입구의 형상은 유동특징을 결정하는데 중요한 역할을 하며 나아가서 전체적인 엔진의 성능에도 큰 영향을 미치게 된다.

본 연구는 HyShot 비행실험을 소개하고 호주 UQ의 극초음속 연구소(Center for Hypersonic)의 T4 충격파 풍동에서 행해진 지상실험을 바탕으로한 수치계산결과를 제시하고자 한다. HyShot 비행실험도중 겪게될 받음각의 변화에 대해서 수치계산을 수행한 결과 받음각이 $+4^\circ$, $+2^\circ$, -2° 의 경우는 설계목적에 맞게 작동하나 -4° 의 경우에 있어서는 연소기 카울에서 발생한 충격파가 압축뿔기를 지나면서 발달한 경계층 박리유동과 충돌하여 연소기 안으로 들어감을 알 수 있었다. 또한 연소기 내의 압력은 충격파와 경계층의 성장으로 인해 증가하는 경향을 알 수 있었다.



[Hyshot 발사장면]



[AOA에 따른 Hyshot Intake 수치실험 결과]