

에어터보램제트 엔진을 위한 초음속 흡입구 설계/해석 연구

김형진, 차봉준, 양수석

한국항공우주연구원 터보기계연구그룹

(E-mail : hyoungjin@kari.re.kr)

재사용 발사체로서 관심을 끌고 있는 TSTO(Two-Stage-To-Orbit) 시스템의 1단 비행체 추진 시스템으로 사용 가능한 에어터보램제트 엔진의 초음속 흡입구에 대한 설계/해석을 수행하였다. 본 연구에서 설정한 에어터보램제트엔진의 임무형상은 지상 이륙 후 고도 30km, 마하수 6까지 탑재물을 운반하는 것이다. 따라서 공기 흡입구도 넓은 고도 및 마하수 범위 내에서 작동 가능하여야 하며 원하는 유량 및 전압력회복율을 제공하여야 한다.

먼저 초음속 흡입구의 설계를 위해 2차원 및 축대칭 초음속 흡입구 성능해석 코드를 작성하였다. 경사 충격파 계산을 위해서 2차원의 경우에는 경사충격파 관계식을, 축대칭인 경우에는 간략화된 Taylor-Maccoll 방정식을 이용하였다. 그밖에 Prandtl-Meyer 팽창파, 수직 충격파 관계식 등을 적용하였다. 수직 충격파 이후의 아음속 디퓨저 성능을 모사하기 위해 실험 결과에 기초한 경험식을 이용하였다.

흡입구 압축 방식으로는 외부 압축 및 내부 압축을 함께 사용하는 혼합 압축을 적용하였다. 외부 압축을 위해서는 2개의 외부 wedge 또는 콘을 적용하였다. 설계 변수로는 2개의 외부 콘 각도 및 cowl 각도 등 모두 3개의 각도를 사용하였다. 설계점으로는 마하수 6으로 정하였으며 여기서 외부 경사 충격파들이 cowl lip에 초점이 맞추어지도록 하였다. 설계점에서의 전압력회복율을 최대화하기 위한 최적화 도구로 유전 알고리즘을 이용하였다. 유전 알고리즘은 매끄럽지 않은 설계 공간에서도 전역적 최적해를 구할 수 있다는 데 그 장점이 있다.

유전 알고리즘을 이용하여 설계된 초음속 흡입구의 성능을 확인하기 위해 CFD 코드를 이용한 유동 해석을 수행하였다. 유동 해석을 통한 결과는 성능해석 코드를 이용하여 예측한 유량 및 전압력 회복율과 비교할 때 만족할 만한 오차 내에 있음을 알 수 있었다.