

램가속기의 고압 연소 유동장의 수치모사

A Numerical Simulation of High Pressure Reactive Flow Field of Ram Accelerator

이복직* · 최정열** · 정인석* · 운영빈*

*서울대학교 항공우주공학과, **부산대학교 항공우주공학과

램가속기의 발진 과정에서 유동장 내에는 수백 기압 이상의 고압 영역이 존재하며 이러한 영역에서는 이상기체 가정이 더 이상 유효하지 않게 된다. 따라서 램가속기 작동 조건에 적용 가능한 적절한 형태의 실제 기체 상태 방정식이 요구된다. 또한 기존의 온도에 종속적인 Arrhenius 형태의 기초 반응들로 이루어진 축소 화학 반응 모델은 상압 조건하에서 적용 가능하므로 고압 환경에서 적용하기 위해서는 온도뿐 아니라 압력에 종속적인 형태의 반응을 상수가 도입되어야 한다.

본 연구에서는 고체구 가정을 도입한 Virial 상태 방정식과 고압 조건에 적용 가능한 25단계 9화학종 수소-공기 상세 반응 모델을 이용하여 초폭굉 모드 램가속기에 대한 정상 상태 수치 모사를 수행하였다. 초음속 연소 유동을 계산하기 위하여 다원 혼합 기체에 대한 Reynolds Averaged Navier-Stokes 방정식과 Baldwin-Lomax의 대수적 난류 모델을 적용하였다. 유한체적법을 이용하여 차분된 지배 방정식의 대류항 계산에는 Roe의 FDS기법이 적용되었고, MUSCL 기법을 이용하여 고차의 공간 차분 정확도를 유지하였다. 또한 LU-SGS 기법을 이용하여 완전 내재적인 시간 적분을 수행하였다. 25기압으로 채워진 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 + m\text{N}_2$ 의 혼합기 중으로 2500m/s로 발사되는 램가속기에 대하여, 이상기체 상태방정식과 19단계 9화학종 Jachimovski 연소 모델을 이용한 수치 모사 결과와 비교하여, 본 연구에서 도입된 Virial 상태 방정식과 상세 화학 반응 모델의 효과를 알아보고 그 타당성을 검증하였다.