고체 추진제 로켓 노즐 내부의 2상 유동 및 마모 특성에 관한 연구

Study of two phase flow and erosion characteristic in SRM nozzle

김완식* · 조형희** · 배주찬***
*연세대학교 대학원, **연세대학교 기계공학과, ***국방과학연구소

고체 추진제 로켓의 연소시에 발생되는 산화 알루미늄(Al_2O_3) 입자는 로켓 추진 노즐에서 팽창과정의 효율을 저하시키는 요소가 되며, 이러한 비효율성은 연소 가스와 입자간의 비평형 상태 효과와 기본적인 속도와 열적 차이에 의해서 발생된다고 보고되었다. 또한 연소시 발생된 산화 알루미늄 입자는 높은 열과 큰 운동량을 가지고 로켓 노즐 내부를 유동하게 되며, 매우 많은 량이 짧은 시간에 고온 고속으로 노즐 벽면이나 기타 구조물에 충돌 및 점착하기 때문에 로켓 노즐내의 표면이 손상을 입게 되고, 로켓의 방향 제어 및 조정 안정성이 저하되며, 구조적인 강도가 약화 될 수 있다. 또한 산화 알루미늄 액적들의 경우 노즐 벽면에 고착되게 되면 로켓의 중량 증가로 인해서 추력의 손실을 초래할 수 있다. 따라서 이러한 연소 부산물들의 운동 경로와 충돌 위치 및 표면에서의 충돌량과 그리고 충돌에 따른 마모량 및 점착 그리고 열전달 특성을 예측하는 것이 필수적이다.

본 연구에서는 위와 같은 특성을 알아보기 위해서 고체 로켓 노즐 내부에서의 2상 유동에 대해서 고찰하였다. 연소시 발생될 수 있는 여러 가지 크기의 산화 알루미늄 입자(2, 5, 10, 20, 50, 100 μm)에 대하여 로켓 노즐에서의 입자 궤적을 수치해석적으로 추적하고, 임계 반경을 정의하여 노즐내부의 입자 분포상태를 예측하였다. 아울러 노즐의 수축부 벽면에서의 산화 알루미늄 입자들의 충돌 위치 및 이에 따른 충격량, 마모량 및 점착 특성 그리고 높은 온도의 입자에 의한 열전달 및 열적 마모 특성을 고찰하였다.