

ISL RAMAC 30 램가속기의 3차원 유동해석을 통한 발진과정 분석

박찬혁*, 정인석*

* 서울대학교 항공우주공학과

1986년에 미 워싱턴 대학의 Herzberg등에 의해 직경 38mm 램 가속기가 성공적으로 개발 및 시험된 후, 1988년에 프랑스의 ISL에서 극초음속 발사장치에 대한 필요에 의해 직경 30mm인 RAMAC 30과 직경 90mm인 RAMAC 90의 두 개의 램 가속기가 제작되었다. RAMAC 30은 초기에는 탄체를 가속관내에서 안정되게 유도하는 방법으로 핀 안정화(Fin stabilized) 탄체를 벽면이 미끈한 원통형의 가속관에 발사하여 실험하였고, 가속관 벽면이 유도 강선(Rail)으로 되어 강선에 의해 원통형의 미끈한 탄체가 유도되는 방법을 사용하였다.

ISL의 RAMAC 30에서의 실험 결과를 살펴보면, 표면이 알루미늄으로 된 Shot 222의 경우에 가속이 이루어졌으나 가속관을 빠져 나온 알루미늄 탄체는 초기 질량 130g중 약 30g의 심각한 질량 손실을 보여 주었다. 이는 가속관 내부에서 형성된 고온 환경에 의해 탄체 표면의 알루미늄이 용융 및 용제(Melting and Ablation) 혹은 연소(Burning) 되어 나타난 결과이다. 그러나 Shot 222와 동일한 실험조건으로 가속관내를 탄체 표면이 알루미늄 대신 강철로 된 경우의 실험인 Shot 235에서는 탄체의 질량 손실은 없었으나, 어떠한 가속도 일어나지 않았다. 이러한 탄체 표면 재질에 따른 실험결과는 알루미늄이 어떠한 형태로든 가속관 내부에서의 점화 및 초기 연소과정에 영향을 미친다는 사실을 반증한다.

초폭굉 모드로 작동된 램 가속기 실험을 2차원 형상의 모델로 수치모사하여 얻어진 연소 유동장의 결과, 실험에서 나타난 정상발진 과정과 과농한계 불발 및 희박한계 불발 과정의 구조적인 메커니즘을 이해할 수 있었고, 정상발진 과정을 얻기 위한 안정적인 연소구조의 조건을 제시하였다. 또한 램 가속기 내에서 폭굉파의 발생 및 전파 과정과 박리 기포 형성 과정은 상호 의지하는 매우 긴밀한 관계를 유지하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구는 초폭굉 모드로 작동되는 ISL의 RAMACC 30의 강선 유도 방식의 가속관을 3차원 형상으로 모델링하여 3차원 유동장을 분석하고 초기 연소과정에서 알루미늄이 점화원으로 작용하는 과정을 살펴보고자 한다. 이는 정상발진 및 불발과정에 대한 이해를 증진시킴으로써, 램 가속기 장치 및 초음속 연소 추진 기관의 개발에 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.