

스크램제트 모델 연소기 내에서 초음속 수소-공기화염의 혼합과 연소안정성에 대한 충격파의 영향

Shock-Wave Effects on the Mixing and the Stabilization of Supersonic H₂-Air Flames for SCRamjet Applications

허 환 일

서울대학교 항공우주공학과/터보·동력기계 연구센터

마하 수 6 이상인 극초음속 비행에는 스크램제트(SCRamjet : Supersonic Combustion Ramjet) 엔진이 가장 적합한 엔진으로 알려져 있고 현재 미국을 중심으로 이 엔진의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 스크램제트 엔진의 성공적인 개발을 위해서는 초음속 공기 내에서 연료의 분사를 통한 가장 효율적인 연소를 유도할 수 있어야 한다. 초음속 상태의 공기와 연료의 혼합을 증대시키고 연소안정성을 향상시키는 방법으로 연소기 내에 인위적으로 경사충격파를 발생시키는 방안이 Marble 등에 의해 최초로 도입되었다. 본 연구에서는 스크램제트엔진 내의 연소기를 모델링하여 마하수 2.5의 초음속 공기 유동 중앙에 수소 제트를 분사하여 초음속 수소-공기 화염을 만들고 연소기의 측면에 동일한 모양과 크기의 썸뿔을 각각 부착시켜 평면 경사충격파를 발생시켰다. 본 실험은 충격파가 초음속 화염에 미치는 영향을 연구한 최초의 실험연구이다. 썸뿔로부터 발생한 경사충격파가 초음속 수소-공기 제트 화염과 상호 작용한 결과를 Schlieren 사진과 직접사진, 벽면정압과 pitot 압력, 화염의 blowout stability limit, 그리고 연소효율을 측정하여 연구하였다. 충격파에 의해서 화염길이가 약 30% 감소하였으며 최소연료 blowout 한계가 감소하여 화염의 연소안정성이 향상되었다. 화염의 연소안정성이 향상된 이유는 충격파에 의해 발생한 역압력구배로 연소안정성에 중요한 재순환영역의 크기가 증대된 때문으로 보인다. 화염길이의 감소에도 불구하고 연소효율은 충격파에 의해 증가하지 않았으며 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이다.