

KL-3 엔진 노즐목 삭마 과정에 관한 연구

김영한, 강선일, 이정호, 오승협

한국항공우주연구원 KSLV사업단

로켓엔진의 연소실에서는 고온의 연소가스로부터 다량의 열이 발생하기 때문에 이로부터 연소실을 보호하기 위한 방법이 필수적으로 요구된다. 한국 최초의 액체 로켓인 KSR-III 로켓의 주엔진인 KL-3 엔진에서는, 연소실을 보호하기 위한 방법으로 실리카/페놀(Silica/Phenolic) 내열재를 이용하는 용융냉각 방식을 채택하였다. 용융냉각 방식은 내열재와 고온의 연소가스와의 물리·화학적 상호작용에 의해 삭마가 발생하게 되는데, 이러한 삭마는 연소실에서도 가장 고온부인 노즐목에 집중적으로 발생하는 경향이 있다. 그러나 노즐목에서 삭마의 진행은 노즐목의 크기를 증가시키고 연소압 및 추력을 감소시키는 부작용을 초래하게 된다. 본 연구에서는 이러한 열적 삭마에 의한 노즐목 크기의 증가량을 알아내기 위해 KL-3 엔진 노즐목의 형상을 측정하고자 시도하였으며, 노즐목의 삭마에 영향을 미치는 주요 인자를 확인하고 진행과정을 고찰하였다. 노즐목의 형상 측정을 위해서는 기존에 사용하던 3차원 변위 측정기를 이용한 방식의 접근이 곤란함에 따라 영상처리 기법을 도입한 측정 방식을 고안하여 사용하였으며, 이 장비는 만족스런 성능을 보여주었다. 시험결과를 통해서 삭마에 영향을 주는 주요 인자로 분무형태, 연소 시간, 연소 온도를 제시하였고 이 중에서 분무형태는 삭마 형상에, 연소 시간 및 연소 온도는 삭마량에 주로 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었다. 또한 시간에 따른 삭마의 진행이 3개의 구간으로 나누어 설명할 수 있음을 밝혔는데, 노즐목이 원형을 그대로 유지하며 삭마진행이 미미한 구간, 원형에서 벗어나 요철형상이 발달하면서 삭마진행이 가속되는 구간, 요철형상이 이미 정착되어서 요철의 깊이만 증가하되 삭마량은 미미한 구간이다. 결과적으로 60초 연소 후 노즐목 면적 증가율은 +5.82% 정도이며, 이에 따른 연소압 및 추력의 감소 또한 1% 미만으로 미비하였다. 따라서 본 KL-3 엔진에 사용된 내열재의 내열 성능은 임무를 수행하기에 적절하다고 판단하였다.