

산화제 배관과 연료탱크 사이의 공기층 단열에 의한 연료탱크 온도분포 예측

권오성, 하성업, 조남경, 조인현, 나한비, 길경섭, 김병훈

한국항공우주연구원

KSLV-I 추진기관 기체공급계는 상부의 산화제 탱크로부터 나온 산화제 주배관이 하부의 연료탱크를 관통하여 엔진공급계로 이어지도록 구성되어 있다. 연료탱크에는 산화제 배관의 관통을 위한 tunnel이 구성되어 있으며 배관과 tunnel은 일정한 간격을 유지하게 된다. 배관과 연료탱크 사이의 열전달을 줄이기 위하여 산화제 배관에 단열재를 적용할 수 있으나, 이 경우 배관의 운송, 조립시에 handling이 힘들게 되고, 특히 발사체에 조립된 후에 발생하는 단열재의 파손 및 성능감소에 대한 유지보수가 불가능하다. 이에 단열재를 사용하지 않고 배관과 tunnel 사이의 간극에 있는 공기층만을 이용하여 단열 효과를 얻고자 하였으며, 이 때 산화제 배관과 연료 탱크 사이의 열전달량을 최소로 하는 간극을 계산하였다. 또한, 계산된 간극을 가질 경우에 시간에 따른 연료탱크 내부의 온도분포를 해석하여 공기층을 통한 단열이 연료탱크 내부의 온도에 미치는 영향을 파악하였다. 해석은 상용해석 프로그램인 Fluent를 이용하였다. 산화제의 충전 및 대기 시간동안 배관의 온도는 LOX conditioning을 통하여 일정하게 유지된다고 가정하였고, 간극의 상하부가 막혀있어 공기는 간극 내부에서 순환한다고 가정하였다. 해석 결과 연료 탱크 내벽에 인접한 연료의 온도는 약 4시간 경과 후에도 어느점을 통과하지 않을 것으로 예측되었으며, 탱크 내부 온도분포의 적층화로 인하여 상부와 하부의 온도차가 약 1시간 경과 후 1.4K로 예측되었다. 또한, 약 4시간 경과 후 연료의 평균 온도는 약 4K 감소할 것으로 예측되었다. 이러한 연료 탱크 내부의 온도차 및 평균 온도의 감소는 엔진으로 유입되는 연료의 밀도를 변화를 의미하므로 추후 시스템적인 성능 분석이 진행되어야 한다.