

액체로켓엔진 시험설비 사고 감소 방법

김상현 · 오승협*
한국항공우주연구원

요 약

액체로켓 시험설비는 다량의 연료를 사용하므로 사고 발생의 가능성이 높다. 또 발생 가능한 폭발/화재 사고는 과도한 폭발과압 및 화염구로 인해 많은 손실을 가져 올 수 있다. 이에 액체로켓엔진 시험설비에서 발생 할 수 있는 사고의 유형 및 손실 정도에 대해서 연구 하였다. 본 문서에서는 액체로켓 시험설비에서 발생 할 수 있는 폭발 및 화재에 적합한 방제 방법에 관한 내용을 담고 있다.

1. 서론

액체로켓엔진 시험설비는 다량의 연료를 사용하기 때문에 연료 및 산화제 누출, 국부 화재, 그리고 폭발의 사고 위험이 항상 따른다. 특히 화재나 폭발사고 시 발생할 수 있는 폭연(deflagration) 및 폭굉(detonation)은 직접적으로 인명사고를 동반 할 수 있다. 폭발 유형이 폭굉(detonation)으로 나타날 경우 과압에 따른 충격파가, 그리고 폭연(deflagration)의 유형으로 나타날 경우 화염구가 특히 위험하다.

2. 본론

2.1 발생 가능한 사고의 유형

2.1.1 액체로켓엔진 시험설비의 연료 누출

액체로켓엔진 시험설비는 운용 시 추진제 누출이 발생 할 수 있다. 추진제로 케로신과 액체산소를 사용 하는 경우, 산화제인 액체산소의 누설이 훨씬 위험하다. 산화제 누출은 허용치 이상의 압력 상승, 극저온 온도조건에서 시험대상물인 액체로켓엔진의 추진공급계 및 산화제 설비의 해당 부품 파손, 산화제 시스템 내부 구성품의 국부화재, 시험대상물 및 산화제 설비의 허용치 이상의 기계 하중 등의 이유로 발생 할 수 있다.

2.1.2 국부화재

극저온인 산화제 시스템 내부에서의 국부적 화재 발생은 내부에 이물질이나 유지성분이 있을 경우, 극저온 산화제로 유회 하는 회전기기의 경우 극저온 산화제 오염으로 인한 마찰계수 증가, 시험도중 운용조건 변경 시 발생하는 단열계수 변화, 그리고 water hammer 현상으로 인한 국부적 온도 상승의 이유로 발생 할 수 있다.

2.1.3 폭발

액체로켓엔진 시험설비에서 누출된 산화제가 밀폐된 공간에 축적 되어 발화 될 경우, 또는 다량의 연료와 산화제가 반응할 경우 폭발을 가져 올 수 있다. 폭발이 발생 할 경우 많은 재산 손실 및 인명 피해를 가져 올 수 있는 만큼 시험설비 설계시에 이에 대한 방지책을 반영 하여야 한다. 일반적으로 액체로켓엔진 시험설비에서의 폭발사고 피해를 예측하기 위해서는 시험설비에서 사용하는 총 추진제의 양을 TNT 등가량으로 환산하여 폭발력에 따른 안전거리를 산정하는 방법을 사용한다. 이때 폭발과압의 최대값을 이용하는 방법과 폭발과압의 정도와 잔류시간을 이용하여 계산 되는 impulse을 이용한 방법이 있다. 주로 시험설비 설계시에는 폭발과압의 최대값을 산정하는 방

식을 이용한다.

2.2 액체로켓엔진 시험설비의 위험 감소 방법

2.2.1 설계 방법을 이용한 방법

액체로켓엔진 시험설비의 산화제 설비내에 존재하는 이물질(particle)에 대한 규정을 정한다. 산화제를 가압하는 가압용 가스가 산화제에 용해되는 양의 최대 허용 값, 이물질의 형태, 크기 질량 등에 대한 규정을 의미한다. 또, 시험설비 설계시에 방염기능이 있고 열 흡수 용량이 큰 소재의 적용, 이물질 제거를 위한 필터 사용, 허용압력 이상으로 압력 상승시에 운용조건 변경 또는 비상정지 되는 로직의 적용 등이 있다

2.2.2 기술적 운용방법 이용한 방법

시험설비의 단품 제작/조립시 화재나 폭발을 일으킬 수 있는 탈지 작업을 반드시 선행한다. 또 액체로켓엔진 제작/조립시에는 필터와 산화제 실매질을 이용하여 배관내부 및 엔진시스템 내부에 있을 수 있는 이물질을 제거 한다.

2.2.3 시험방법에 따른 방법

시험설비 및 액체추진기관에 추진제를 공급 하기전 반드시 배관 및 밸브등의 유공압 시스템에 대한 육안검사 및 기밀검사를 수행하여 존재 할 수 있는 수분을 제거한다. 극저온 산화제를 시험설비 및 액체로켓엔진의 추진제 탱크에 충전할 경우 사전 냉각 작업을 수행한다. 또 가압용 가스의 경우 검증된 방법으로 화학분석을 수행하여 가스 품질 및 청정도를 확보 한다.

2.3 방재방법

액체로켓엔진 시험설비에서의 화재 및 폭발 사고의 확산을 막기 위한 기본적인 진압장치는 포소 소화설비가 적합하다. 적용설비는 시험설비의 구조에 따라 스프링클러나 포모니터 장치를 사용하여 구성한다. 이때에 헤드는 반드시 3축의 원격제어가 가능하게 구성 하여야 한다. 또 소화물질로는 물과 소화약제 혼합액의 분사가 각각 이루어 질 수 있도록 구성 되어야 한다. 액체로켓엔진의 시험설비에서의 연료누출 사고 발생 시 물을 이용하여 누출된 연료를 제거 하여야 하기 때문이다.

3. 결론

본 논문에서는 액체로켓엔진의 시험시 시험설비에서 발생 할 수 있는 화재 및 폭발 사고를 사전에 방지하기 위하여 사고의 유형 및 시험설비의 위험 감소 방법을 제시 하였다. 액체로켓엔진 시험설비는 다량의 추진제를 사용하는 만큼 사고가 발생 할 경우 대형사고로 확대 될 가능성이 매우 크다. 따라서 액체로켓엔진 시험설비의 운영은 시험대상물인 액체로켓엔진의 철저한 품질 관리 및 시험설비의 설계/운용시에 안전을 확보 할 수 있는 절차 및 품질관리 절차가 반드시 필요하다. 상기 논문에 언급한 바 있는 폭굉과 폭연에 따른 충격파와 화염구에 의한 안전반경 산정시에도 많은 안전율을 포함 하여야 하고, 실 적용시에는 보다 보수적으로 설계하여 실제보다 더 많은 안전율을 확보 하여야만 한다.

참고문헌

1. 유병일, V.A.Bershadskiy, 김상현, 이정호, 김용욱, 오승협 (2006). “액화산소(LOX) 오염으로 인한 추진기관 사고발생 저감방법에 대한 연구” 한국가스학회지 제10권, 4호, pp. 41~46, 2006년 12월
2. 심형석, 최규성, 고정환, 노웅래. (2012), “우주발사체의 발사대에서 폭발시 폭발과압 및 화염구에 의한 위험 반경 분석” 한국항공우주학회 2012 춘계학술대회 pp. 274~279