

발사체 극저온 추진제 충전시스템 개발

유병일* · 김지훈* · 박편구* · 박순영*

Development of Cryogenic Propellant Filling System for Launch Vehicle

Byungil Yu* · Jihoon Kim* · Pyungu Park* · Soonyoung Park*

ABSTRACT

In Naro Space Center, Naro launch vehicle launched 2 times. Launch pad for Naro launch vehicle in Naro space center equipped propellant feeding facility for operating launch process. This paper studied development process and operating method for liquid oxygen filling system of cryogenic propellant systems in launch pad propellant feeding facility.

초 록

나로우주센터에서 2차에 걸친 나로호 발사가 수행되었다. 나로호 발사를 위한 나로우주센터 발사대는 연료 및 산화제, 고압가스 등 발사체 발사운용에 필요한 추진제 공급설비를 갖추고 있으며, 본 논문에서는 발사대 추진제 공급설비 중 극저온 추진제인 액체산소 충전시스템에 대한 개발 과정 및 운용방법에 대해 고찰한다.

Key Words: Propulsion System(추진기관), LOX(액체산소), Propellant(추진제), Kerosene(케로신), Cryogenic(극저온), Liquid Oxygen Filling System(액체산소 공급 시스템)

1. 서 론

발사체 지상 지원 설비 중 산화제 공급시스템은 운용 요구조건이 매우 까다롭다. 또한 충전과정도 냉각작업 등 연료와 같은 저장성 추진제와는 다른 절차가 필요하게 된다. 이러한 발사체 지상 운용 산화제 공급시스템이 나로 우주센터에 구축되어 있으며, 본 논문에서는 이 시스템의

구성 및 운용 절차를 기술한다.

2. 시스템 구성

2.1 저장 시설

산화제 공급시스템은 크게 저장, 공급시설 그리고 공급/제어 시설로 나눌 수 있다. 액체산소의 저장용기는 약 250톤의 액체산소를 저장할 수 있는 진공 단열 용기를 사용하며, 저장 압력 및 발사운용 시 저장용기 가압압력 조절을 위한

* 한국항공우주연구원 발사체연구본부
연락처, E-mail: biyoo@kari.re.kr

부품 등으로 구성되어 있다.

22 공급 시설

극저온 추진제인 액체산소의 공급은 극저온용 원심식 펌프를 사용하며, 산화제 주 공급라인은 모두 온도 상승 방지를 위해 고진공 단열배관을 사용하며 이를 통하여 이송되면서 상승하는 온도를 최대한 억제할 수 있다.

23 유량 제어 시설

저장용기의 액체산소가 공급 펌프를 통하여 발사체 근접 위치한 유량 제어블럭으로 이송되면 유량제어 설비를 통해 각 충전 단계별로 발사체가 요구하는 유량/온도조건으로 조절되어 발사체 산화제 탱크로 주입된다. 유량제어 설비는 약 30여 개의 밸브들로 구성된 최종 밸브 블록을 갖추고 있으며 모두 진공 단열 배관 및 밸브로 구성된다. 이 설비는 발사체가 요구하는 각 운용 절차 별 공급 유량을 제어하는 기능을 담당하며, 발사체에서의 가스나 액체산소 등을 드레인하는 기능도 포함한다. 또한, 각 단계별 유량 조건 뿐 아니라 온도 요구조건을 만족을 위해 액체질소로 냉각되는 열교환기를 통하여 산화제인 액체산소가 필요한 온도로 냉각 조절되어 발사체 산화제 탱크로 공급된다.

3. 운용 절차

나로 발사체의 산화제 공급 유량 조건은 Table 1과 같이 총 5가지로 구분 되며, 이외에 발사체에서 산화제 배출 및 배출을 위한 재냉각 조건 등이 요구된다.

산화제 충전이 시작되면 산화제 공급 시스템은 먼저 지상 산화제 공급설비의 배관 냉각을 시작하게 된다. 발사체 산화제 탱크로의 충전 개시 명령이 인가되면 발사체 산화제 탱크 냉각, 저유량 충전, 대유량 충전, 저유량 충전, 저유량 보충충전, 대유량 보충충전의 순으로 충전 작업이 이루어지면 발사 전 충전 중지 명령이 인가되면 산화제 공급을 멈추고 엄비리컬 장치의 분

리를 위해 배관 내 액체산소 드레인이 수행되면서 공급펌프의 운용도 중지 된다. 발사 후에는 시스템의 후작업이 수행되며 이후 공급설비 상온화 작업 등 후속 작업과 시스템 보관모드로의 전환이 수행된다.

Table 1. Liquid oxygen filling mode

Mode	Q[l/min]	T[K]	Remark
냉각	260~530	90~94	
대유량 충전	1300~1600	90~92	
저유량 충전	420~580	90~92	
대유량 보충충전	150~210	87~91	
저유량 보충충전	15~20	87~91	

4. 결 론

두 차례의 나로호 발사운용이 수행되었으며 나로호에 산화제 충전이 정상적으로 완료되었다. 발사체의 극저온 추진제 충전은 등유(kerosene)와 같은 저장성 추진제와는 달리 충전/배출 시에 냉각 및 재냉각 과정이 필요하며, 충전 후에도 발사 전까지 충전량 수위를 맞추기 위한 노력이 필요하다. 나로호 발사운용 시 산화제 충전이 정상적으로 완료되었으며, 향후 발사대 산화제 공급시스템은 다양한 목적으로 활용될 예정이다.

참 고 문 헌

1. 박순영, 김지훈, 박편구, 유병일 "Flowmaster를 이용한 발사체 액체산소 충전 모드 해석," 한국추진공학회 추계학술대회, 2009, pp.350-353
2. KARI, "Operation Manual of Liquid Oxygen Filling System of KSLs," 2009