

# 한국형발사체 추진기관시스템 시험설비(PSTC) 산화제 공급 시스템

이장환\* · 최봉수\* · 김용욱\* · 조기주\*

## Liquid Oxygen Filling System of Propulsion System Test Complex(PSTC) for KSLV-II

Janghwan Lee\* · Bongsu Choi\* · Yongwook Kim\* · Kiejoo Cho\*

### ABSTRACT

The space launch vehicle needs the verification of each stage's propulsion system. The Propulsion System Test Complex(PSTC) is constructed for developing KSLV-II in the Naro space center. Hydraulic and pneumatic system of PSTC should supply propellants and various gases to propulsion system module according to required condition. This paper introduces liquid oxygen filling system of PSTC.

### 초 록

우주발사체는 각 단별 추진기관 시스템에 대한 검증이 필요하다. 한국형발사체 추진기관 개발을 위한 추진기관시스템 시험설비(PSTC)가 나로우주센터에 구축되었다. 추진기관시스템 시험설비의 유공압 시스템은 시험대상체의 요구조건에 맞게 추진제 및 각종 가스를 공급하는 역할을 한다. 본 논문에서는 구축된 추진기관시스템 시험설비의 산화제 공급시스템을 소개하였다.

Key Words: PSTC(추진기관시스템 시험설비), KSLV-II(한국형발사체), Hydraulic and Pneumatic(유공압), Test Facility(시험설비), Liquid Oxygen Filling System(산화제 공급시스템)

### 1. 서 론

우주발사체의 개발에는 많은 개발 및 제작 비용이 소요되므로 발사체의 비행시험을 하기 전에 액체로켓 추진기관에 대한 성능 검증이 요구된다. 추진기관 각 구성품에 대한 검증뿐만 아니

라 시스템 차원에서의 성능 검증 역시 필수적이라 할 수 있다. 현재 개발 중인 한국형발사체는 총 3단으로 이루어진 우주발사체이며, 각 단별 추진기관에 대한 성능 검증 및 평가를 위해 추진기관시스템 시험설비(PSTC)가 전남 고흥 외나로도에 위치한 나로우주센터에 구축되었다. 추진기관시스템 시험설비는 유공압 시스템, 제어/계측 시스템, 테스트 스탠드, 후류처리 시스템 등의 각 서브시스템으로 구성되어 있다. 이 중 유

\* 한국항공우주연구원 발사체추진기관체계팀

† 교신저자, E-mail: janghlee@kari.re.kr

공압 시스템은 시험대상체의 요구조건에 부합하도록 산화제 공급시스템, 연료 공급시스템, 고압 가스 공급시스템, 질소 공급시스템, 온도조절시스템 전기식 유공압 판넬 등의 서브시스템으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 유공압 시스템 중 산화제 공급시스템에 대해 소개하였다.

## 2. 본 론

산화제 공급시스템(Liquid Oxygen Filling System, LOFS)은 외부로부터 액화산소를 공급받아 저장탱크에 저장하고 시험대상체에 필요한 산화제를 공급하는 시스템으로서 종합수류시험 및 연소시험 취소 시에 시험대상체로부터 액화산소를 안전하게 회수하는 역할도 수행한다. 초저온 유체인 액화산소를 저장/공급하기 위해 저장탱크, 드레인탱크, 회수탱크, 기화기, 초저온 펌프, 열교환기 등의 주요 장비로 구성되어 있으며 각종 밸브 및 센서 등으로 구성되어 있다. 저장탱크에 저장된 액화산소는 초저온 펌프를 통해 시험대상체로 공급되며 펌프의 이상 발생 시 펌프의 구동을 전환할 수 있도록 2기의 펌프가 병렬로 구성되어 있다. 열교환기는 발사체로 공급하는 액화산소를 과냉각하기 위한 열교환기와 발사체로 충전될 헬륨을 냉각하기 위한 열교환기로 구성되어 있다. Fig. 1에 산화제 공급시스템을 간략하게 표현하였으며 Table 1에 산화제 공급시스템의 주요 설계 규격을 나타내었다.

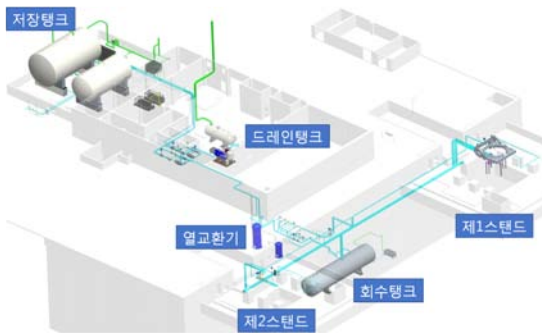


Fig. 1 Concept model of LOFS

Table 1. Liquid Oxygen Filling System Specification of Propulsion System Test Complex(PSTC)

| System        | Facility     | Capacity    |
|---------------|--------------|-------------|
| Liquid Oxygen | storage tank | 300 $m^3$   |
|               | drain tank   | 20 $m^3$    |
|               | catch tank   | 150 $m^3$   |
|               | pump         | 95 $m^3/hr$ |

### 2.1 저장탱크부

산화제 저장탱크부는 외부로부터 초저온의 액화산소를 공급받아 보관하는 역할을 수행한다. 진공 단열 용기로 제작된 저장탱크는 약 300톤의 액화산소를 보관할 수 있으며 이는 발사체 성능 검증 시험을 2회 수행할 수 있는 용량이다. 저장 압력 및 시험 운용시 탱크의 압력을 조절하기 위해 기화기가 구성되어 있다. Fig.2는 구축된 산화제 저장탱크부를 보여주고 있다.



Fig. 2 Storage tank part



Fig. 3 Cryogenic pump

## 2.2 공급 설비부

산화제 공급 설비부는 저장탱크에 보관된 액화산소를 초저온 펌프를 이용하여 발사체로 공급하는 역할을 수행한다. 공급 설비부는 크게 초저온 펌프부, 열교환기부, 컨트롤 밸브부 등으로 구성되어 있다.

초저온 펌프부는 초저온의 액화산소를 최대공급유량에서 1Mpa 이상의 토출압력을 가진 원심식 펌프를 사용하며, 2기의 펌프가 병렬로 구성되어 있어, 1기의 펌프가 고장으로 작동이 중단되더라도 다른 1기의 펌프로 전환되어 계속해서 액화산소를 공급할 수 있도록 구성되어 있다. Fig. 3은 구성된 초저온 펌프부를 보여주고 있다.

Fig. 4와 같이 열교환기부는 질소 공급시스템으로부터 액화질소를 공급받으며 액화산소 열교환기와 헬륨 열교환기로 구성되어 있다. 액화산소 열교환기는 발사체의 온도조건을 만족하기 위해 액화산소를 과냉각하는 역할을 수행하며 헬륨 열교환기는 발사체에 충전될 헬륨을 냉각하여 발사체로 공급하는 역할을 수행한다.

추진기관시스템 시험설비에서는 한국형발사체 1, 2, 3단의 성능 검증 시험을 모두 수행하며 각 단의 추진기관은 발사체 냉각, 대유량 충전, 보충 충전 등의 여러 산화제 충전모드로 발사체 내부의 산화제 탱크를 충전하게 된다. 이러한 조건을 모두 만족하기 위해 산화제 공급시스템의 컨트롤 밸브부는 fig. 5와 같이 여러개의 컨트롤 밸브로 구성되어 있으며 각 요구 조건에 따라 밸브를 유기적으로 운용한다.

## 2.3 배출부

배출부는 드레인 탱크와 회수탱크로 구성되어 있으며 드레인 탱크는 시험 준비 단계에서 시스템의 냉각을 위해 배출된 액화산소와 시험 후 배관 내 잔여 산화제를 보관하는 역할을 수행하며 이러한 산화제를 충분히 보관할 수 있는 용량을 선정하였다. 회수탱크는 시험 후 발사체의 잔여 추진제 및 비상 상황 발생 시 발사체에 저장된 액화산소를 회수하는 역할을 수행한다. 회수탱크의 용량은 150m<sup>3</sup>이며 이는 발사체로부터

산화제를 2회 회수할 수 있는 용량이다. 드레인 탱크와 회수탱크로 배출된 액화산소는 대기로 방출된다.



Fig. 4 Heat exchanger



Fig. 5 Control valve part



Fig. 6 Drain tank

#### 4. 결 론

한국형발사체 추진기관 개발 과정에서 필요한 각 단별 추진기관의 성능 평가 및 검증을 위한 추진기관시스템 시험설비(PSTC)가 전남 고흥 외 나로도에 구축되었다. 추진기관시스템 시험설비의 유공압 시스템은 시험대상체의 요구조건에 부합하도록 산화제 공급시스템, 연료 공급시스템, 고압가스 공급시스템, 질소 공급시스템, 온도 조절시스템 전기식 유공압 판넬 등의 서브시스템으로 구성되어 있으며 본 논문에서는 산화제 공급시스템을 소개하였다. 산화제 공급시스템은 크게 산화제를 저장하는 저장탱크부, 발사체로 산화제를 공급하는 공급 설비부, 배출된 산화제를 회수하는 배출부로 나눌 수 있다. 이 중 공급 설비부는 세부적으로 초저온 펌프부, 열교환기부, 컨트롤 밸브부로 나눌 수 있다. 앞으로 산화제 공급시스템의 성능 시험을 수행하여 구축된 시스템의 성능 평가를 수행할 예정이다.

#### 참 고 문 헌

1. 이장환, 김상헌, 김용욱, 조기주, “한국형발사체 추진기관시스템 시험설비(PSTC) 유공압 시스템,” 한국추진공학회 춘계학술대회, 2016. 5, pp.872-875
2. 유병일, 김지훈, 박편구, 박순영, “발사체 극저온 추진제 충전시스템 개발,” 한국추진공학회 추계학술대회, 2010. 11, pp.676-677
3. 유병일, 박순영, 박편구, 김지훈, “발사대 극저온 추진제 온도조절 시스템,” 한국추진공학회 추계학술대회, 2011. 11, pp.793-794
4. 유병일, 김지훈, 박편구, 박순영, “나로호 발사대 산화제 공급시스템 개발,” 한국추진공학회 춘계학술대회, 2013. 5, pp.842-844
5. 서대반, 유병일, 정용갑, 한영민, “한국형 발사체 연소기 연소시험설비 산화제 공급 시스템,” 한국추진공학회 춘계학술대회, 2015. 5, pp.767-770