

# 산화제 탱크용 벤트릴리프밸브 설계 및 개발

고현석\*† · 한상엽\*

## Design and Development of Vent Relief Valve for Oxidizer Tank

Hyeonseok Koh\*† · Sang Yeop Han\*

### ABSTRACT

A vent relief valve for oxidizer tank has been designed for liquid propellant feeding system of the space launch vehicle. The vent relief valve ensures oxidizer tank ventilation during filling and its protection from overpressure after filling. Tank ventilation during filling is ensured by vent valve and tank protection is ensured by combined operation of relief valve and vent valve. Numerical analysis predicted that pneumatic behavior and dynamic characteristics met the valve requirements. After manufacturing the prototype model, we have been conducting the tests to evaluate the performance of the vent relief valve.

### 초 록

우주발사체의 액체 추진제 공급 시스템에 사용되는 산화제 탱크용 벤트릴리프밸브를 설계하였다. 벤트릴리프밸브는 충전 중 산화제 탱크의 배기를 담당하고 충전 후 과압이 걸리지 않도록 보호하는 역할을 한다. 충전 중 탱크 배기는 벤트밸브에서 담당하며 탱크의 보호는 릴리프밸브와 벤트밸브의 연계 작동을 통하여 이루어진다. 수치해석을 통하여 공압 성능 및 동특성이 밸브 요구조건을 만족하는 것을 확인하였다. 시제품을 제작한 후 벤트릴리프밸브의 성능을 평가하기 위한 시험을 수행하고 있다.

Key Words: Launch Vehicle(발사체), Vent Relief Valve(벤트릴리프밸브), Oxidizer Tank(산화제 탱크), Propellant Feed System(추진제 공급 시스템)

### 1. 서 론

우주발사체의 액체 추진제 공급 시스템에 사

용되는 산화제 탱크용 벤트릴리프밸브는 지상에서 산화제를 충전하는 동안 탱크 내부의 기체를 배출시키고, 충전이 완료된 후 비행임무가 끝날 때까지 탱크의 과압을 해소하는 안전밸브의 역할을 수행한다[1]. 탱크 내부 배기를 담당하는 벤트밸브와 탱크 압력을 조절하는 릴리프밸브를

\* 한국항공우주연구원 발사체추진제어팀

† 교신저자, E-mail: hkoh@kari.re.kr

하나의 구성품으로 조합하는 것도 가능하지만 어느 한쪽의 요구조건을 만족하기 위해 다른 한쪽의 성능을 제한하는 복잡한 문제가 발생할 수 있다[2]. 이러한 시스템 복잡성을 피하기 위해 Fig. 1과 같이 벤트밸브와 릴리프밸브를 별도로 두고 배관을 통해 두 밸브와 산화제 탱크가 서로 연결될 수 있도록 설계하였다. 수치해석을 통해 기본 설계변수가 시스템 요구조건을 만족하는지 점검하였고 시제품을 제작하여 개발시험을 수행하고 있다.

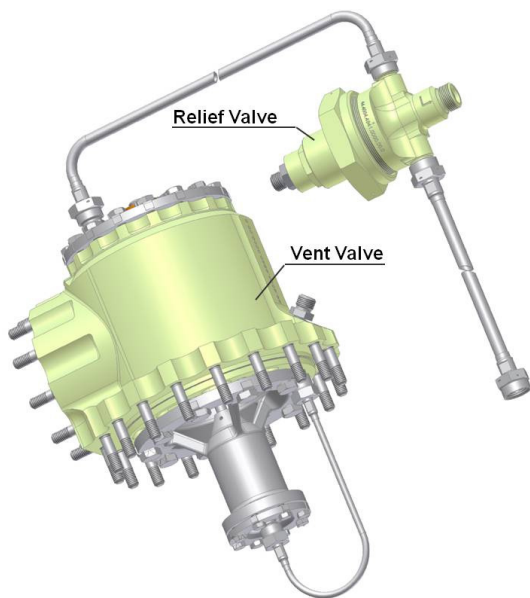


Fig. 1 3D Modeling of Vent Relief Valve

## 2. 벤트릴리프밸브 설계 및 해석

### 2.1 개념 및 상세 설계

벤트밸브는 몸체, 밸브구동부, 벨로우즈-시트 조합체, 위치지시기로 크게 구분된다. 벤트밸브 입구는 산화제 탱크 상단에 바로 장착되며, 출구는 대기로 배출되는 배관에 연결된다. 벨로우즈 내부 캐비티는 배관을 통해 릴리프밸브를 거쳐 산화제 탱크의 얼리지와 압력을 교환할 수 있도록 하였다. 밸브구동압이 밸브구동부로 공급되면

밸브가 열리게 되고 영구자석으로 제어되는 리드스위치 형식의 위치지시기로 밸브 상태를 모니터링할 수 있도록 하였다.

릴리프밸브는 몸체, 벨로우즈 조합체, 스프링, 스크류, 시트 등으로 구성되어 있다. 스크류를 이용하여 스프링의 압축 길이를 변경하면 릴리프밸브가 작동하는 설정압력을 조정할 수 있도록 설계하였다.

### 2.2 유동 해석

벤트밸브의 수력학적 특성을 파악하기 위하여 유동해석을 수행하였다. 유량계수를 계산하기 위하여 밸브가 완전히 개방된 상태에서 3차원 형상을 고려하여 해석을 수행하였다. 아래 그림과 같이 정압 및 속도 분포의 변화를 확인하였고 설계요구조건을 만족하는 유량계수를 얻을 수 있었다.

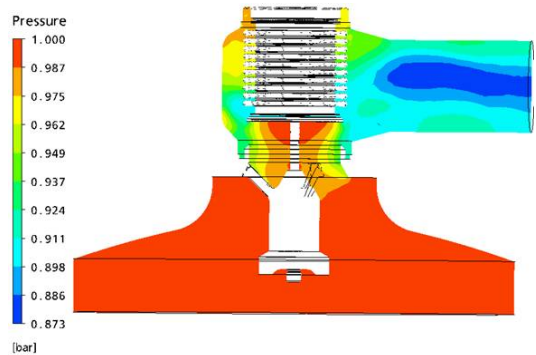


Fig. 2 Static Pressure Distribution in the Vent Valve

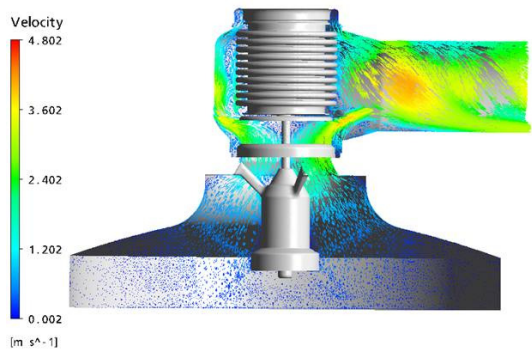


Fig. 3 Velocity Distribution in the Vent Valve

### 2.3 동특성 해석

벤트밸브의 해석 시 고려한 변수들은 다음과 같다.

- 밸브 유로의 기하학적 조건
- 기밀 부위의 소재 및 형식, 접촉 압력
- 벤트모드에서 밸브 개방 시 요구 공압
- 밸브 작동 시간

벤트릴리프밸브 작동 시 내/외부 요인에 따라 구동 압력이 영향을 받는 점을 감안하여 릴리프밸브의 해석 시에는 다음과 같은 변수들을 고려하였다.

- 온도에 따른 초기 하중 및 강성 변화
- 기체 역학적 하중
- 마찰력

설계 압력 범위 내에서 이러한 변수들을 고려하여 동특성 해석을 수행하였으며 해석 결과 기술적인 설계요구조건을 만족하는 것을 확인하였다.

### 3. 제작 및 시험평가

상세 설계 결과를 토대로 시제품을 제작하여 제작성을 검토하고, 일련의 시험을 수행하여 설계 변수들을 검증하고 있다. 구성품의 제작 및 조립이 완료되면 벤트밸브와 릴리프밸브 별로 강도기밀시험을 수행한 후 기능시험 및 성능을 확인하는 시험을 수행한다. 각 밸브 별로 환경시험에 대한 인증이 끝나면 벤트릴리프밸브 조립체로 구성하여 기능시험 및 성능시험을 수행하여 설계결과를 최종적으로 검증할 계획이다. 현재까지 수행한 주요 개발시험은 다음과 같다.

- 육안검사
- 강도시험
- 기밀시험
- 밸브작동시험
- 진동시험
- 분해검사



Fig. 4 Vibration Test

### 4. 결 론

시스템의 복잡성을 최소화하도록 벤트릴리프밸브를 벤트밸브와 릴리프밸브로 별도로 구성하고 각각을 배관으로 연결하도록 설계하였다. 수치해석을 통해 설계변수를 검증하였고 동특성 해석을 통해 공압 성능 및 밸브 특성이 요구조건을 만족하는 것을 파악하였다. 벤트릴리프밸브 시제품을 제작하여 기본적인 시험을 진행하고 있으며 지속적인 노력을 통해 발사체 추진제 공급 시스템 요구조건을 만족하는 최적의 밸브를 개발할 계획이다.

### 참 고 문 헌

1. 장제선, 고현석, 한상엽, 이경원, "산화제 벤트/릴리프밸브의 동특성 해석 및 작동성능 분석," 한국추진공학회 2010년도 추계학술대회논문집, 2010, pp. 741-747
2. Ring, E., Rocket Propellant and Pressurization Systems, Prentice-Hall Inc., 1964