

## 항공우주용 소형 포펫 체크밸브 기술 동향

유재한\*, 이수용\*\*

# Technology Trend of Small Poppet Type Check Valve for Aerospace Application

Yoo, Jae-Han\*, Lee Soo-Yong\*\*

### ABSTRACT

Check valves developed for aerospace applications and commercially available for the applications are investigated. The examples include the ones for launch vehicles, SSME (Space Shuttle Main Engine) and GSE (Ground Support Equipment) purges developed by NASA, requiring high reliability, and the ones by KARI. Also the commercial ones for room and cryogenic temperatures by major valve US companies. Relations of design factors such as seal materials and spring rate to principal performances like operating temperature/pressure and cracking pressure are explained. Then potential operational problems such as chatter and contaminations are explained. Also, filters, fittings for end connections and cleanliness requirements for the applications are considered.

### 초 록

항공우주용으로 개발되거나 활용 가능한 상업용 체크 밸브 사례가 조사되었다. 개발 사례로 발사체 용, 높은 수명이 요구되는 NASA의 SSME (Space Shuttle Main Engine) 및 지상 지원 시스템 퍼지 라인 용과 국내에서 개발된 체크 밸브가 있다. 상용품은 미국 주요 밸브 개발 업체의 제품을 상온용과 극저온용으로 분류하여 조사하였다. 또한 운용 온도, 운용 압력 및 크래킹 압력과 같은 주요 성능과 관련된 씰의 재질, 스프링 강성과 같은 설계 인자의 관계도 설명되었다. 이러한 단품 성능 이외에 채터 및 오염과 같은 운용상의 문제점과 일반적인 해결 방안도 언급되었다. 또한 기타 주의 사항으로 필터, 피팅과 청정도 요구 조건에 대하여도 조사되었다.

**Key Words** : Check valve(체크밸브), Poppet type(포펫 타입), Guide(가이드), Seal(씰), Launch Vehicle(발사체), Chatter(채터), Contamination(오염), Cryogenic(극저온)

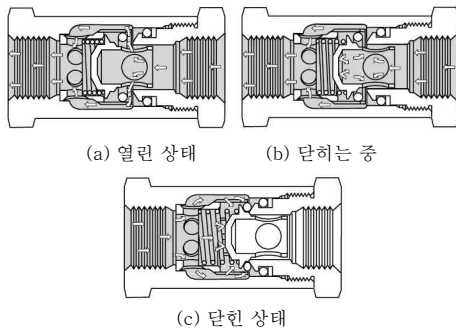
\* 유재한, 한국항공우주연구원 우주응용 미래기술센터 발사체미래기술팀  
tonup@kari.re.kr

\*\* 이수용, 한국항공우주연구원 우주응용 미래기술센터 발사체미래기술팀  
stylee@kari.re.kr

# 1. 서 론

체크 밸브는 흐름을 한 방향으로만 흐르도록 하는 것이 주 기능이며 크게 포핏 (poppet) 형태와 플래퍼 (flapper) 형태로 구분이 된다. 포핏 형태는 상대적으로 흐름 역방향 누설 및 채터 (chatter) 발생 가능성이 적고 적당한 흐름 저항을 가지며 크게 가이드 (guide) 및 스텝의 유무로 나누어진다[1]. 가이드나 스텝이 없는 경우에는 채터 발생 가능성이 상대적으로 높고 정밀한 제작 공차가 요구되며 정렬(alignment)이 어려워 기밀 신뢰성이 낮아진다.

여기서는 가이드 및 스텝이 있는 형태 위주로 조사를 수행하였다. 그리고 체크 밸브는 대부분 외부 작동 신호나 동력이 요구되지 않고 유동의 압력에 의해 작동되며 이러한 형태로 조사를 제한하였다. 그림 1은 이러한 가이드 및 스텝이 있는 포핏 형태 체크밸브의 작동 원리를 보여준다.



자료: Circle Seal Controls, INC Catalogue, 2011  
 그림 1. 가이드 포핏 형태 체크 밸브의 작동 원리[2]

여기서는 항공우주용으로 개발되거나 상업용이나 항공우주용으로 활용 가능한 소형 포핏 형태의 체크 밸브 사례가 조사되었다. NASA 및 국내에서 개발된 체크 밸브 개발 사례와 미국 주요 밸브 개발 업체의 상용품을 조사하였다. 상용품은 상용용과 극저온용으로 분류하여 조사되었다. 또한 운용 온도나 압력과 같은 주요 성능과 스텝(seal)의 재질이나 스프링 강성과 같은 설계 인자의 관계를 살펴보았으며 이러한 단품 성능 이외에 채터 및 오염과 같은 운용상의 문제점과 일반

적인 해결 방안도 언급되었다. 또한 개발 혹은 구매 시에 주의점으로 필터(filter), 피팅(fitting) 과 청정 요구 조건에 대하여도 조사되었다.

# 2. 주요 성능 및 설계 인자

체크 밸브의 개발 혹은 구매 시에 고려하여야할 가장 기본적인 성능은 기밀 성능이다. 누설은 몸체 밸브 외부 누설과 내부 누설로 나누어지며 외부 누설은 일체형이 아닌 몸체의 연결부와 피팅에서 발생되어 내부 누설량에 비해 매우 작다.

내부 누설 성능은 기밀에 사용되는 스텝과 스프링 강성 등에 따라 다르며 탄성 중합체 (elastomer) 재질의 스텝이 Teflon® 재질의 스텝에 비해 적은 편이며 스프링 강성이 높을수록 적다. 누설량은 단위 시간당 누설 질량 혹은 부피로 표기되며 가스 누설량을 부피로 나타낼 경우에는 온도와 압력 혹은 표준 상태가 함께 표시된다. 예로 Circleseal사는 제로 누설을 3x10<sup>-4</sup> scc/sec 로 정의한다[2].

기본적인 기밀 성능 이외에 주요 성능은 운용 온도, 운용 압력 및 크래킹 압력(cracking pressure)이다. 운용 온도와 압력은 설계 주요 인자인 몸체 및 스텝의 재질 등을 제한하고 크래킹 압력은 스프링 상수 및 스텝의 재질 등과 연관이 있다. 크래킹 압력은 오랜 기간 작동을 하지 않은 상태에서 작동하는 경우에는 통상 값보다 크게 측정될 수가 있으므로 측정에 유의하여야 한다.

앞서 언급한 주요 성능 이외에 유량 계수(flow coefficient)와 재기밀 압력(reseat pressure) 등이 있으며 설계 선택 사양으로 튜브 연결부의 피팅이 있다. 유량계수는 유량을 차압으로 나눈 개념으로 밸브의 모든 흐름 저항에 반비례한다. 체크 밸브의 유량 계수는 일반적으로 튜브 직경과 비례하며 상용품의 경우는 제조사가 표준시험법[3]으로 측정된 값 혹은 정해진 유체의 입력 혹은 출력 조건에 따른 압력 강하량 대 흐름량 그래프로도 제시된다. 예로 Circleseal사의 200시리즈 제품의 경우에 유량 계수는 1/2 인치에서 2.7, 1/4 인치에서 0.7 이다[2]. 일반적으로 재기밀 압력은 크래킹 압력에 비례한다.

주요 설계 인자인 스텝의 재질의 종류 및 특성과 주요

설계 선택 사양인 피팅에 대해 상세히 알아보면 다음과 같다.

### 2.1 썰의 재질

누설을 방지하기 위한 썰 재질의 선택은 기밀 성능이나 크래킹 압력과 같은 주요 성능 인자에 큰 영향을 미치므로 운용 환경을 고려하여 적절히 선택하여야 한다. 썰 재질 선택은 다양한 요소들에 영향을 받으나 우선적으로 고려하여야 할 가장 큰 기준은 작동 온도와 노출된 유체와의 적합성이다. 이 외에 찢어짐과 마모에 대한 저항성 등이 있다. 각 재질들은 다양한 환경에서 다르게 반응하므로 장단점이 있다[4]. 대부분의 제조사들은 각 썰 및 몸체 재질과 여러 작동 유체에 대한 적합성 표를 제공해준다[2]. 대표적으로 많이 사용되는 썰의 재질을 살펴보면 다음과 같다.

표 1. 썰의 재질에 따른 운용온도 및 크래킹 압력 범위[2]

썰 재질	운용 온도 (°C)	크래킹 압력 (barg)
Buna N	18~121	0.14~0.28
Kalerz®	18~135	0.034~0.069
Viton®	-40~288	0.034~0.069
Viton®	-29~204	0.034~0.069
Teflon®	-196~74	~0.55
Silicone	-57~232	0.034~0.069

Buna-N이라고도 하는 니트릴 고무 (nitrile rubber)는 일종의 합성 고무 (synthetic rubber)로 물과 석유, 석유 화합물에 뛰어난 저항성을 가지고 있으며 일반적으로 가장 많이 쓰인다. 그러나 오존이나 햇빛에 약하여 오존이 생성되는 전기 모터 부근에는 사용되지 않는다.

Dupont사의 Viton® 재질은 FKM 탄성 중합체로 석유에 뛰어난 저항성이 있으며 일반적인 사용 온도보다 높은 온도에서도 짧은 시간 동안은 사용이 가능하여 고온용으로 가장 많이 사용된다.

탄화 불소 (fluorocarbon) 인 PTFE는 Dupont사의 Teflon®으로 일반적으로 알려져 있다. 화학적으로 가장 불활성인 재료로 석유, 산, 증기 및 다른 화학 물질에 매우 좋은 저항성을 가지고 있다. 그리고 마찰 계수

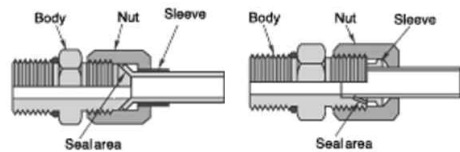
가 작고 마모나 찢어짐에 대한 저항성이 가장 좋아 동적 기밀을 유지하는데 이상적이다. 그러나 압축이 다른 썰 재질에 비해 효율적이지 않아 기밀을 잡는데 비효율적 면이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 여러 밸브에 많이 사용된다. 표 1은 썰 재질에 따른 Circleseal사의 표준 작동 온도와 압력을 나타낸다.

### 2.2 피팅

체크밸브와 인접한 튜브와의 연결은 용접이나 브레이징이 기밀 성능에는 유리하나 부품의 교체에 어려움이 있다. 따라서 교체가 가능한 연결부가 많이 사용되어진다.

테이퍼진 나사산을 이용한 기밀 유지는 조임 토크에 민감한 나사산이 변형되어 특히 고압에서 누설에 약한 것으로 알려져 있다. 그리고 진동환경이나 큰 온도 변화가 있는 경우에 느슨해지는 경향이 있다. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 나사산에 컴파운드 (compound)가 사용되기도 하나 이는 잠재적인 오염 요소가 되기도 한다.

이러한 나사산 피팅을 개선하기 위해서 금속 대 금속 접촉을 이용하여 기밀을 유지하는 그림 2와 같은 금속 피팅 방법이 개발되었다[5]. 이 방법은 나사산을 조일 때 생기는 힘을 이용하여 기밀면에서 높은 기밀 압력을 유지한다. 그림 2(a)와 같은 플레어 형태 (flare type) 피팅은 일반적으로 가장 많이 사용된다. 특히 37° 플레어 피팅은 일반적으로 -54~204 °C, 207 bar의 운용 조건에서 두껍지 않은 튜브에 사용되며 가장 경제적인 방법이나 조립 전에 버(burr)를 제거하는 작업을 수행해야 한다.



(a) 플레어 형태 (b) 플레어리스 바이트 형태

그림 2. 피팅 형태[5]

플레어가 없는 형태 (flareless type)의 금속 피팅은

편의성으로 인해 점차 사용이 많아지는 추세로 다른 형태의 금속 피팅 보다 진동에 강한 장점이 있다. 나사를 조일수록 패럴(ferrule) 혹은 슬리브(sleeve)가 튜브를 누르고 기밀면에 압력이 형성된다. 이러한 이유로 얇은 튜빙에는 사용되지 않는다. 한 개의 패럴을 가지는 바이트 (bite) 형태와 2개의 패럴을 가지는 락 (lok) 타입이 있다. 락 타입은 기밀 성능이 좋고 튜브 벽에 손상이 적으나 가격이 비싼 단점이 있다. 피팅은 상대적으로 작은 범위긴 하나 유량 계수에도 영향을 미친다.

### 3. 운용 문제 및 해결 방안

앞서 언급한 단품 성능 요구 조건을 만족시키는 체크 밸브를 개발하여 적용하여도 운용에 따른 여러 문제들이 발생할 수 있다. 운용 문제로는 잘못된 설치, 채터, 유동의 오염(contamination) 등이 있으며 각 문제에 대한 일반적인 해결 방안을 살펴보면 아래와 같다[1].

로켓 엔진과 같은 많은 체크 밸브가 있는 복잡한 유체 시스템에서는 조립 시에 원래 설계했던 방향과 반대로 조립하는 경우가 있는데, 이를 방지하기 위하여 밸브 표면에 흐름 방향 표시를 하거나 양쪽의 피팅을 다르게 하는 방법이 있다.

채터는 유동과 스프링 힘의 상호 작용으로 기밀 면에서 의도하지 않은 기밀과 누설이 반복적으로 발생하는 현상으로 액체 로켓 엔진에서는 적은 유량의 퍼지에서 수 시간 동안 발생할 수도 있다. 게다가 이러한 현상은 주요 부위의 신뢰성 향상을 위해 2개 이상의 체크 밸브가 직렬 연결되는 경우에 상호작용으로 증가되는 경향이 있다. 채터가 발생하면 마모와 부식으로 인해 체크 밸브 뿐만 아니라 흐름 아래의 다른 엔진 구성품에도 문제를 발생시킬 수 있다. 이러한 채터를 저감시키기 위해서는 스프링 상수를 작게 하거나 포켓 주위에 흐름을 제한하는 방법 이외에 경도를 높이는 하드 아노다이징(hard anodizing)와 같은 적절한 마감 처리가 필요하다.

주요 설계 인자인 스프링 상수는 다양한 성능에 영향을 미치게 되어 저압에서 역방향 누설 확률 및 채터

발생과 반비례하나 크래킹 압력과 비례하므로 채터 저감을 위한 스프링 상수의 변경은 신중히 고려하여야 한다.

오염된 유체가 흐름 경우에 포켓의 마찰력 증가나 시트의 손상에 의해 역방향 누설이 발생할 수 있다. 이러한 문제는 흐름 앞부분에 압력 손실이 적은 필터를 사용하여 해결 할 수 있다. 이러한 문제는 긴 수명이 요구되는 체크 밸브에서 신뢰성 저하의 주요한 원인으로 알려져 있다[6].

### 4. NASA 및 국내 개발 사례

항공우주용으로 활용되는 체크 밸브는 지상 지원 설비 및 액체 로켓 엔진에서 퍼지 라인에 많이 사용되는데 표 2는 NASA에서 개발되어 엔진 제어에 사용되는 대표적인 체크 밸브의 설계 사양을 보여준다. Saturn의 정방향 및 역방향 유체가 H2인 것을 제외하고는 체크 밸브의 역방향 및 정방향 유체가 같은 경우에는 상대적으로 낮은 크래킹 압력의 플레퍼 형태를, 다른 경우에는 상대적으로 높은 크래킹 압력의 포켓 형태를 사용한 것을 알 수 있다. Saturn 5의 경우에는 총 286개의 체크 밸브가 있으며 중요한 부위에는 신뢰성 향상을 위해 2개 혹은 4개를 직렬로 연결하였다.

표 2. 대표적인 체크 밸브의 설계 특징 [1]

Vehicle	정방향 유체	역방향 유체	크래킹 압력 (psid)	형태
Atlas	Lox	He	10	포켓
	Lox	Lox	2	플레퍼
Thor	RP-1	N2	10	포켓
	Lox	He	10	포켓
Saturn	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	15	포켓
	RP-1	Glycol	20	포켓
	Lox	Lox	1	플레퍼

표 2에 나타난 것 이외의 개발 사례로 높은 수명이 요구되는 SSME (Space Shuttle Main Engine)에 사용된 퍼지용 체크 밸브, 지상 지원 시스템의 퍼지 라인에 사용되는 체크 밸브와 발사체용으로 국내에서 선행적으로 개발된 사례에 대해 살펴보면 아래와 같다.

### 4.1 SSME 퍼지용

SSME에 사용된 6개의 퍼지 체크 밸브는 교체 없이 67번의 임무를 수행하였다[6]. 설계 과정에서 버(burr)를 최소화하기 위해 나사산이 사용될 경우에는 기계 가공보다 롤 가공을 사용하였고 외부 누설을 줄이기 위해서 용접되는 밸브 몸체를 사용하기도 하였다. 제작 후에 밸브는 초음파로 세척되고 청정실에서 조립되며 시험 유체도 동일한 오염 제어 스펙에 의해 관리되었다.

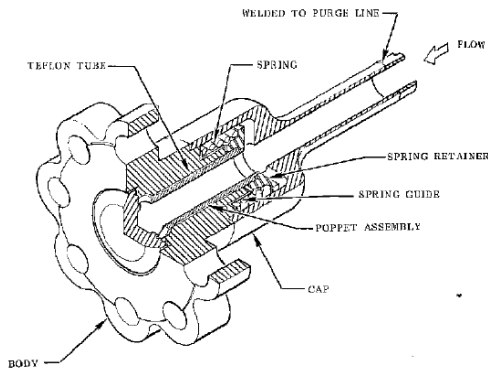


그림 3. SSME 퍼지라인 체크 밸브[6]

적용되는 분야의 특성으로 인해 높은 수명이 요구되어 개발과정에서 일반적인 성능 시험 이외에 오염 민감성 시험도 수행되었다. 이 시험은 체크 밸브가 수용 가능한 오염물질의 정도를 알기 위해 수행되며 정해진 오염 유체가 있는 환경에서 50~100회의 밸브 작동에 의해 검증된다. 참고로 발사체의 경우에는 발사 전에 작동 환경 조건에서 각 체크 밸브의 8 주기의 누설 체크를 수행하는 것이 요구된다. 그리고 설치 과정에서 신뢰성을 높이기 위해 여러 체크 밸브가 용접 혹은 브레이징되어 여러 개의 밸브가 하나의 그룹으로 장착되기도 하였다.

NASA에서는 우주선 및 연관된 지상 지원 설비에 사용되는 표면 청정 요구도 규격[7]이 있다. 여기에는 청정 요구도 이외에 검증 과정, 건조 및 포장 요구 조건도 제시되었다. 표 3에는 이러한 청정 요구도 분류에 따른 입자 크기와 NVR (Nonvolatile residue) 양이 나타나 있다. 이 규격상의 최소 청정 요구도는 산소와 접

하지 않는 금속 및 탄화 불소 재질의 공압 시스템 구성품의 경우는 I, 산소와 접하는 경우는 IA 로 보다 높은 청정도가 요구된다. 그리고 탄화 불소를 제외한 비금속성 재질의 경우는 모든 시스템에서 최소 V의 낮은 청정도가 요구된다.

지상 지원 시스템 및 SSME 에 적용된 청정도에서는 공압 시스템의 경우는 각각 IVA 및 IV로 최소 요구 조건보다 높게 설정되었다. 청정 요구조건 II나 III 은 각각 필터가 있는 금속 재질의 추진제 공압 시스템과 금속 재질의 엔진 산소 시스템에 적용되었다.

표 3. NASA 항공우주용 청정 요구 조건[7]

입자 등급 (NO SILTING)		NVR 등급		
분류	입자 크기 (microns)	최대 개수 (/m <sup>3</sup> )	분류	최대 mg/m <sup>2</sup>
I	>2500	0	A	10
	700 < X < 2500	10		
	175 < X < 700	50	B	50
II	> 1000	0		
III	> 800	0		
IV	> 400	0		
V	Visually Cleaning			

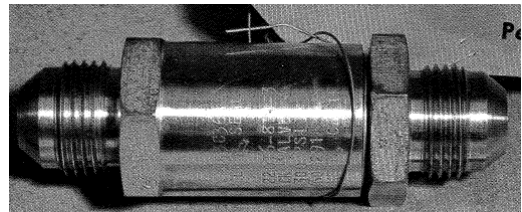


그림 4. 지상 지원 시스템 퍼지 라인 체크 밸브 [8]

표 4. 퍼지 라인 체크 밸브 개발을 위한 시험[8]

시험명	시험 목적
증명압	기밀 및 변형 확인
기능	크래킹 및 재기밀 압력 측정,
	역방향 기밀 측정
흐름	유량 계수 결정
서지(surge)	서지 압력 환경하에서 정상 작동 여부
저온	최소 운용 온도에서 정상 작동 여부
고온	최고 운용 온도에서 정상 작동 여부
수명	반복된 작동에서 정상 작동 여부
파열	파단 조건에서 파단이나 누설 여부

## 4.2 NASA 지상 지원 시스템 퍼지용

그림 4에 나타난 체크 밸브는 우주선용 지상 지원 시스템의 N2O4 라인을 GN2로 퍼지하는 부분에 사용된다[8]. 이 밸브는 1/2인치 직경, MS33656-8 피팅, SS 304 몸체 재질, Teflon® 재질의 셸로 구성되어 있으며 요구조건으로 온도범위는 -11~52 °C, 증명 압력은 운용압의 1.5배, 파단 압력은 4배를 가진다. 체크 밸브 개발을 위해 표 4와 같은 다양한 실험이 수행되었다.

## 4.3 국내 개발 사례

국내에서는 한국항공우주연구원에서 발사체용 엔진에 사용될 수 있는 가이드 및 셸이 있는 체크 밸브들을 선행 개발하였다[9]. 작동 유체는 가스 헬륨으로 극저온 고압용, 상온 고압용, 상온 저압용, 고온 저압용이 개발되었다. 개발을 위해 수행된 시험으로는 표 4와 유사하며 진동 시험이 추가되었다. 수십  $\mu\text{m}$ 의 필터 성능을 가지는 고압 필터도 동시에 개발되었다.

## 5. 체크 밸브 상용품 사례

체크 밸브의 개발 혹은 구매 여부는 프로젝트의 시작 시에 신중하게 고려하여야 한다. 구매를 할 경우에는 상대적으로 비용이나 개발 기간을 절감할 수 있으나 요구 조건을 만족하는 제품이 없거나 구매 후에 해당 제품이 단종되거나 사양이 바뀌어 동일 제품의 재구매가 어려울 수 있으므로 구매 시에 다수의 업체와 제품을 고려하는 것이 안전하다.

다른 밸브들에 비해 개발의 난이도가 비교적 낮은 체크 밸브는 수 십년전부터 지속적으로 개발되어 현재는 많은 체크 밸브 개발 업체가 있다. 상온 이상의 저압 및 고압용 체크 밸브 판매 업체는 매우 많으며 극저온에서 사용가능한 체크 밸브 업체는 상대적으로 매우 적은 편이다.

몸체 (body) 재질은 알루미늄, 동, 탄소강, 스테인레스강 등이 있으며 이 중 사용 온도가 비교적 높은 스테인레스강 중에서 302, 303과 316 재질이 주로 사용된다. 극고압에서는 오스테나이트 계열의 스테인레스강에 비해 상대적으로 강도가 높은 석출경화 스테인레스

강인 17-4PH이나 합금이 사용되기도 한다. 대부분의 제품들은 1.5배의 증명 압력 및 2.5~4배의 파열 압력 조건이 있다.

몸체 구조는 오링 씰이나 포켓의 스프링을 교체할 수 있는 구조와 상대적으로 높은 압력까지 사용될 수 있는 일체형 구조 등이 있다. 제작업체에서는 일체형 구조는 장기간 사용할 경우에 내부 누설 성능 저하가 발생할 수 있으므로 적절한 필터 장착을 추천한다. 분리하여 내부 구성품을 교체할 수 있는 구조도 적절한 필터를 사용하는 것을 추천하고 있는데 셸을 교체하는 경우에는 작업의 민감도가 높아 제조사에서 교체하는 것을 추천한다.

그림 5와 같은 상용 필터는 대개 상온 저압 및 고압에서 운용 가능하며 수~수십  $\mu\text{m}$ 의 공칭 기공 크기를 제공하는 소결 (sintered) 요소와 수십~수백  $\mu\text{m}$ 를 제공하는 스트레이너 (strainer) 요소가 있다. 앞서 언급한 바와 같이 구매한 체크밸브를 시험하는 경우에도 적절한 위치에 필터를 장착하여 유체의 청정도를 일정하게 유지하여야 한다. 일부 볼 형태의 체크 밸브는 필터가 장착되어 있기도 하다.



자료: Swagelok Catalogue, 2011

그림 5. 소결 요소가 장착된 필터 (위) 및 스트레이너 형태의 요소 (아래) [10]

일부 상용품에서는 카탈로그에 제시된 것 이외의 크래킹 압력, 재기밀 압력, 재질 및 피팅 필요할 경우에 별도 주문이 가능하며 경우에 따라 최소 요구량이 존재한다. 상용 체크 밸브는 자사 혹은 ASTM G36 Level C[11] 등의 규격에 따른 청정도를 유지하기 위한 밀봉

되어 배송된다. 특히 산소 환경에서 사용되는 경우에는 구매 시에 이를 명시해야 하며 제작 업체에서 일부 성능 시험을 부분 혹은 모든 제품에 대하여 수행하므로 구매 시에 이를 문의할 필요가 있다.

상용 체크 밸브를 극저온용과 상온용으로 구분하여 보다 상세히 살펴보면 아래와 같다.

### 5.1 상용 극저온 체크 밸브

극저온이면서, 고압에서 사용 가능한 상용 1/4 혹은 1/2 인치 가이드 포켓 형태의 체크 밸브를 제작하는 미국 업체로는 Circleseal[2], Generant[12], Haskel [13]과 CheckAll[14]사가 있다. 표 5에는 제품 시리즈에 따른 압력 및 온도 범위가 나타나 있으며 여기에 나타난 최대 압력과 온도는 제품의 상세 사양 결정시에 변경될 수 있다. 쉴의 재질은 크래킹 압력의 범위를 결정하는 주요 변수이기도 하지만 대부분 극저온에서 사용가능한 쉴의 재질은 Teflon®으로, 몸체는 스테인레스 강으로 제한되어 있다. 위에 언급된 회사들 이외에 Hylok[15]사에는 극저온 저압에서 사용되는 리프트 방식의 체크 밸브가 있다.

표 5. 상용 극저온 고압 체크 밸브

회사	제품시리즈	최대압력 (bar)	온도범위 (°C)	크래킹압력 (barg)
Circleseal	200/H200	414	-196~288	~1.7
Generant	CV 4500	310	-196~232	~0.69
Haskel	LPSC	1030	-196~204	~1.0
CheckAll	TV	586	-196~204	~0.03

### 5.2 상용 상온 체크 밸브

상온 고압 밸브의 경우는 앞서 언급한 극저온 고압 밸브 제품에 비해 쉴의 재질을 폭넓게 선택할 수 있으며 이에 따라 세부적인 작동 온도와 크래킹 압력 등이 제한된다. 그리고 범용 체크 밸브에 비해 유량 계수의 일부 손실이 있더라도 내부 누설이나 재기밀 성능을 높인 밸브, 크래킹 압력을 증가시키는 대신 유량 계수를 높인 체크 밸브, 고온에서 내구성을 높인 밸브도 있다[16,17].

상온 저압 밸브의 경우는 고압 밸브와 비교하여 내/외부 구조, 몸체 재질 및 중량이 유사하나 크래킹 압력이 상대적으로 작다.

### 참고문헌

- Liquid Rocket Pressure Regulators, Relief Valves, Check Valves, Burst Disks, and Explosive Valves, NASA SP-8080, 1973.
- www.circoraerospace.com
- ISA S75.02, Control Valve Capacity Test Procedure, Standards and Recommended Practices for Instrumentation and Control, 10th ed., Vol. 2, 1989.
- www.ezinearticles.com
- www.hydraulicspneumatics.com
- Check Valve Reliability in Aerospace Applications Practice NO. PD-ED-1267, NASA Marshall Space Flight Center.
- MSFC-SPEC-164B Cleanliness of Components for Use in Oxygen, Fuel, and Pneumatic Systems, Specification for, 1994, NASA.
- TR-RE-CCSD-FO-1080-3, Test Report for Check Valve 1/2-inch, Spring-Poppet James, Pond, and Clark Part Number 220T6-8TT-3 NAS Part Number 7W1294-4 FGV-9, 1967, NASA.
- TP-KARI-1-01 “KSLV-1 기체공급계 Filter, Check V/V, Relief V/V Test Procedure”
- www.swagelok.com
- ASTM G93, Standard Practice for Cleaning Methods and Cleanliness Levels for Material and Equipment Used in Oxygen-Enriched Environments
- generant.com
- www.butech-valve.com
- www.checkall.com
- www.hy-lok.com
- www.parker.com
- www.hoke.com