

밸브의 종류 및 선정표

글/민경화 <한국전력기술(주) 원자력사업단 배관기술부>

2) 밸브의 종류(계속)

(6) 프러그 밸브 (PLUG VALVE)

프러그 밸브는 구조가 간단하고 조작의 간편성으로 밸브의 발명 이래 현재까지 가장 널리 쓰이는 밸브중의 하나이다. 프러그 밸브라는 명칭은 밸브 구조가 테이퍼진 원통 모양의 프러그로서 이 프러그에 원형 또는 사각형의 구멍을 내고 이 프러그를 90° 회전함에 따라 유체의 흐름을 차단 또는 조절하는데에서 유래하였으며 매우 광범위하게 사용되고 있는 밸브이다. 다음의 그림은 전형적인 프러그 밸브의 구조를 보여주고 있다.

프러그 밸브는 거의 밸브 크기에 제한을 받지않고 생산이 가능하다. 즉, 크기로 보아 1/2"부터 30"까지 다양한 재질로 제작되고 있으며, 구조상 12"를 초과하는 대형의 프러그 밸브는 밸브의 프러

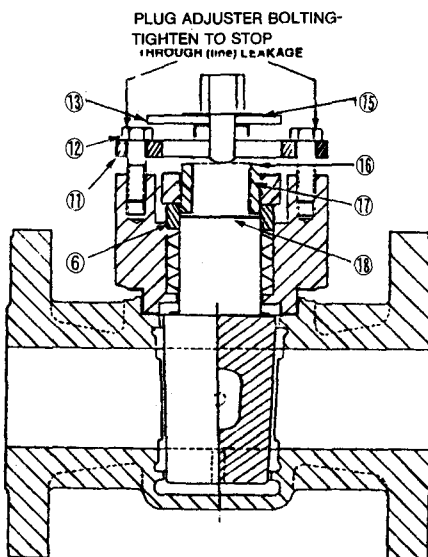
그 구동상 윤활이 요구되고 있는게 특징이다. 압력 등급기준으로서 상온 상태하의 압력으로는 175psig ~1500psig (12~103Bar)까지 제작 가능하다. 그러나 밸브의 트림 구조상 씰링이 절대 필요함으로 고온에서의 사용은 통상 400°F이하이어야 한다.

프러그 밸브는 기본적으로 다음의 두가지 방식으로 제작된다.

- ① 윤활 형식(Lubricated Type)
- ② 비윤활 형식(Non Lubricated Type)

또한 프러그 밸브의 테이퍼 모양에 따라 프러그의 조립 및 보수를 밸브 상단에서 하는 경우 테이퍼가 아래쪽으로 된 하향경사형의 프러그 밸브와 반대로 프러그 밸브 하부에서 조립/보수를 하도록 설계된 상향경사형의 프러그 밸브가 있다. 그러나 중소형의 대부분 프러그는 하향경사형의 프러그 밸브이다.

윤활형식의 프러그 밸브는 윤활이라는 용어로 인하여 밸브에 정말 윤활유를 주입하는 것으로 혼동하기 쉽다. 그러나 실상은 별도의 윤활유의 주입을 필요로 하는 밸브가 아니라 밸브 구조상 프러그와 밸브 몸체간의 내부 누설, 밸브 트림과 스템간의 외부 누설을 방지하기 위하여 프러그와 밸브 몸체와의 원형 홈(그루브; Groove)에 O-링(O-Ring)과 같은 씰란트(Sealant)를 삽입시킨 것으로 이 씰란트가 프러그와 몸체간의 금속 마찰을 피하면서 부드럽게 작동함으로 이를 윤활 형식(Lubricated Type)이라고 한 것이다. 씰란트는 대부분 엘라스토머(Elastomer)로 튜브형 또는 스틱(Stick)형으로 제작되며 약 400°F까지는 안전하게 사용할 수 있다. 이와 반대로 비윤활 형식은 매끄럽게 가공된 프러그와 밸브 몸체사이의 마찰을 엘라스토머 라이



<그림 1> PLUG VALVE (TAPERED)

너(Liner) 또는 쉘 재료로서 자체적으로 해결하는 구조로서, 밸브의 크기가 12"까지 제한된다. 밸브가 12"를 넘는 대형의 프러그 밸브는 윤활 형식의 구조를 가져야 한다.

프러그 밸브의 몸체 형식은 다양한 설계 형식을 갖고 있다. 즉, 밸브 외관으로 보아

- SHORT PATTERN
- REGULAR PATTERN
- VENTURI PATTERN
- MULTIPOINT PATTERN ; 2-WAY, 3-WAY, 4-WAY, 5-WAY

등으로 구분할 수 있으며, 접속단 형식도 다른 밸브와 같이 다양한 형식을 갖고 있다. 단, 프러그 밸브를 용접 설치할 때는 볼 밸브와 마찬가지로 프러그를 제거한 후에 용접하는 것이 바람직하다.

—프러그 밸브의 설계상 주요 관점

프러그 밸브에 있어서 설계상 주요 관점은 볼 밸브와 마찬가지로 시팅 및 스템의 셸링 문제이다. 그러나 프러그 밸브의 프러그와 밸브 몸체간의 시팅은 이차적인 시팅 구조를 만들 수 없기 때문에 비윤활 형식의 프러그 밸브는 시팅 구조가 탄성이 좋은 엘라스토머등으로 라이닝한 구조로 구성되며 따라서 밸브의 크기는 12"까지로 제한된다. 아울러 이러한 시팅 구조로 인하여 밸브 개폐에는 많은 토오크가 소요되어 통상적으로 4" 이상의 프러그 밸브는 기어열의 도움을 받는 작동기(Geared Actuator)가 필요하다.

탄성이 좋은 엘라스토머(Resilient Material)는 소형의 비윤활형 프러그 밸브에서 스리이브라이너로서 TFE(350°F), FEP(300°F)가 널리 사용되고 쉘 및 와샤 재료로서 TFE, TEFLON(400°F) 및 VITON(400°F)가 쓰인다. 스템 셸링은 프러그 밸브의 형식에 따라

- O-Ring Seal
- 가압형 쉘란트 챔버(Pressure Packed Sealant

Chamber)

- 금속/TFE 조합 다이아후람(Combination Metal/TFE Diaphragm)

등이 많이 쓰인다.

—프러그 밸브의 응용

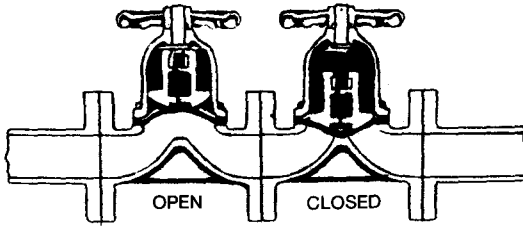
일반의 프러그 밸브는 양방향의 유체 흐름을 허용하지만 3-WAY, 4-WAY, 5-WAY 프러그 밸브는 제작사가 흐름 방향을 지정한다. 프러그 밸브는 공기, 가스, 기름은 물론 기름 혼합물과 같은 액체 슬러리(Liquid Slurries)까지도 완전한 기밀(Bubble Tight)을 유지하며 개폐조작이 가능한 밸브로서 매우 다양하게 사용된다. 특히 프러그 밸브는 슬러리의 집적을 도모하지 않는 구조이기 때문에 불순물이 개재된 액체계통에 널리 쓰인다. 이는 프러그의 개폐동작 자체가 집적된 불순물을 자동적으로 제거하기 때문이다.

프러그 밸브는 원칙적으로 유량조절용으로는 부적합하지만 프러그의 유로 통과 부분의 형상을 개선하여 유량조절이 가능하도록 한 프러그 밸브도 있다. 그러나 통상의 프러그 밸브도 유량조절의 정밀도가 그다지 중요하지 않을 경우에는 유량 조절도 가능하다. 단지 윤활 형식의 프러그 밸브는 절대로 유량조절용으로 사용해서는 안된다. 왜냐하면 프러그 포트 근처의 쉘란트 그루브(Sealant Groove)에 압입된 쉘란트가 유로에 노출될 수 있으며, 아울러 노출된 쉘란트가 유체속도에 의하여 점진적으로 쉘란트의 기능을 상실하게 할 우려가 있기 때문이다.

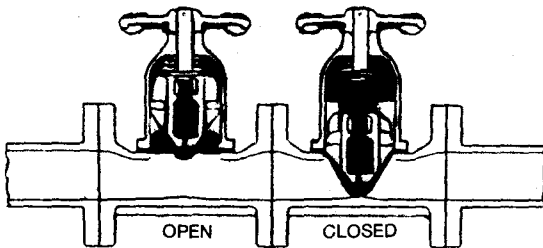
(7) 다이아후람 밸브(DIAPHRAGM VALVE)

다이아후람 밸브는 탄성력이 매우 좋은 합성수지 또는 금속으로 다이아후람을 만들고 이를 밸브 몸체의 유로를 수직의 선형 운동으로 차단하여 유체의 흐름을 제어하는 밸브로서 밸브의 주요 트림 재

료로서 다이아후람을 채용하였기 때문에 다이아후람 밸브라고 부른다. 이 다이아후람 밸브는 기본적으로 3가지 구성요소(Part)로 구성되어 있는데 밸브 몸체, 다이아후람 및 밸브 본네트로 구분된다. 이 밸브는 구조가 매우 간단하고 밸브 몸체 및 트림부의 금속부를 유체로부터 완전히 격리시킬 수 있어 부식성 액체를 많이 취급하는 화학공장(Chemical Plant)에 많이 쓰인다. 그러나 트림을 구성하는 다이아후람의 구조 및 재질상의 제한 때문에 고온 고압 계통에의 적용은 곤란하며 운전중의 제반 피로와 다이아후람 재질의 열화에 따른 강도 저하로 주기적인 다이아후람 교체가 요구되는 밸브이다. 다음 그림은 기본적인 다이아후람 밸브의 외관이다.



Diaphragm valve, weir type. (Courtesy of Saunders Valve Company, Limited.)



Diaphragm valve, straight-through type. (Courtesy of Saunders Valve Company, Limited.)

(그림 2) 다이아후람 밸브(WEIR/STRAIGHT-THROUGH TYPE)

다이아후람 밸브의 크기는 현재 1/4"에서 20"범위까지 생산이 가능하다. 일반적으로 가능한 다이아후람 밸브의 크기는 다음과 같다.

밸브의 접속단 형식

다이아후람 밸브의 크기

나사 체결식	1/4" Thru. 3"
나사 체결식	1/2" Thru. 2"(프라스틱제)
소켓 용접형	1/2" Thru. 2"
맞대기 용접형	1/2" Thru. 8"
프랜지 체결식	1/2" Thru. 20"(주철제)
	1/2" Thru. 8"(가단주철 및 청동)
	1/2" Thru. 10"(주강제)

—다이아후람 밸브의 몸체 형식

다이아후람 밸브는 유로 흐름을 양방향으로 할 수 있으며 다음의 기본적인 두가지 형식으로 제작된다.

- 웨어형(Weir-Type) : 밸브 몸체 하부에 웨어를 만들어 다이아후람의 운동량을 적게하고 아울러 다이아후람의 구조적 건전성을 높인 것으로 밸브가 비교적 콤팩트하다. 따라서 다이아후람 밸브의 대부분은 웨어형이고 특히 2"가 넘는 밸브는 거의 모두가 웨어형을 채택하고 있다.

- 관통형(Straight-through-Flow) : 밸브 몸체의 유로부가 어떠한 간섭이 없는 관통형으로서 밸브에서의 압력 손실을 극소화한 구조이나 밸브 개폐에 필요한 다이아후람의 운동량이 많고 따라서 밸브의 본네트부가 웨어형에 비하여 크게됨으로 상대적으로 2"이하의 소형에 사용되나 밸브의 건전성이 떨어짐으로 제한된 규모로 사용(제작)된다.

밸브 몸체의 모양은 T형과 앵글형이 있으며 접속단 형식 또한 다른 밸브와 마찬가지로 다양한 접속단 형식을 갖고 있다.

—설계상 주요 관점

다이아후람 밸브에 있어서 가장 중요한 구성 요소는 다이아후람이다. 다이아후람은 밸브 트림의 핵심으로서 내부 누설이 없는 완벽한 유로 차단

(Bubble Tight Shutoff) 과 다이아후람의 파손이 없는 즉, 외부 누설이 없는 구조 및 재질이어야 한다. 특히 여타 밸브와는 달리 다이아후람의 재질은 매우 중요한 것으로서 밸브의 건전한 운전을 위하여 수명기간동안 충분한 신뢰를 가져야한다. 다이아후람의 재질로 보아 제작 가능한 다이아후람 밸브의 크기는 다음과 같다.

다이아후람 재질	1/2"	3/4"	1.0"	1.5"	2.0"	3.0"	4.0"	6.0"	8.0"	10"	12"	14"	16"	20"	비	고
Natural Rubber																
Gum Rubber																
Neoprene																
Buna - N																
Butyl																
Ethylene-Propylene																
Hypalon																
Viton																
TFE(Faced)																
TFE(Solid)																

* 제작업체에 따라 가능

다이아후람 밸브의 몸체는 PVC등과 같은 합성수지로부터 고가의 티타늄까지 매우 다양한 재질을 응용할 수 있으며 특히 밸브내부를 라이닝하기가 그 어떤 밸브보다도 용이한 것을 특징으로 한다.

—다이아후람 밸브의 응용

다이아후람 밸브는 배관계통에서 거의 대부분을 스톱밸브로 사용된다. 또한 밸브 몸체의 구성재료의 선택이 자유롭기 때문에 반도체 산업에서 쓰이는 순수(Pure Water)에서 부터 찌든찌든한 오염액체, 불순물을 다량 포함하고 있는 부식성액체의 수

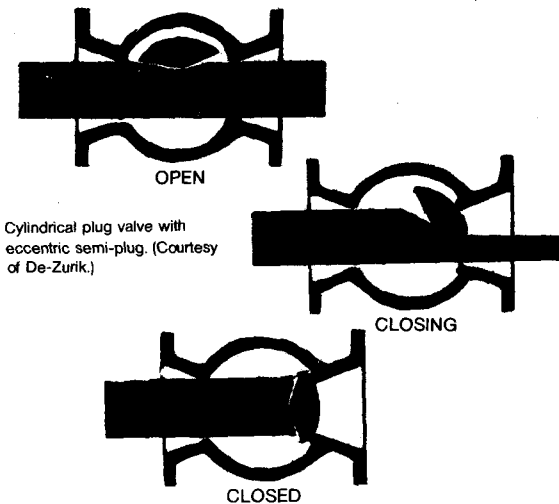
송용 밸브는 물론 개스 수송용 밸브에까지 선택의 폭이 넓다. 그러나 사실 이 밸브는 상대적으로 좋은 유체제어 특성을 가질 수 있어 적절한 재질의 다이아후람을 사용할 경우에는 유량제어용 밸브로도 사용할 수 있다. 그러나 다이아후람의 재질상 사용 가능한 압력은 다른 밸브류에 비하여 매우 낮으며, 밸브의 크기가 커질수록 다이아후람에서 부담해야 하는 유체압력에 의한 힘은 거의 직경의 제곱에 비례하기 때문에 이 밸브를 배관계통에 적용하고자 할 때는 계통설계자(System Engineer)와 밸브제작자의 충분한 협의가 필요하다. 이는 고온운전시 뿐만 아니라 저온운전시에도 배관계통의 압력이 200Psia를 넘을 때에는 필히 밸브제작사와 협의하여 밸브를 선정하고 가능하면 운전상 유의사항도 자문하여 주어야 한다. 한 예로 미국의 유명 다이아후람 밸브 제작사인 ITT-Grinnell사의 기준은 다음의 표와 같다. 표에서 박스안의 값 단위는 Psia이다.

최대사용온도	180°F (82°C)	200°F (93°C)	225°F (107°C)	250°F (121°C)	300°F (149°C)
다이아후람 재질	Natural Rubber & Buna-N	Neoprene	Hypalon	Black Butyl	EPDM
밸브의 크기					
0.5" - 1"	170	160	148	148	112
2"	150	142	132	122	100
3"	130	122	113	105	88
4"	125	118	108	98	78
6"	100	98	92	83	67
8"	87	82	77	72	62
10" - 12"	53	53	50	45	40
14" - 20"	45	42	41	38	34

(8) 기타 밸브류

기타 밸브로는 일반적으로 유체제어에 널리 사용되지 않지만 특수 목적 또는 제작 및 사용상의 요구가 매우 간단한 경우에는 그 경제성 때문에 일부 사용되는 밸브로서 전자와 같은 경우에는 앞서 언급된 게이트 밸브등 7종류의 밸브를 일부 변형하여 제

한된 특수 목적에 사용하는데, 특수 목적의 대부분은 유체제어의 방법과 내부 기밀유지로 요약된다. 특히 프러그 밸브의 경우 트림의 모양을 원형(Prototype)의 프러그를 완전히 변형한 형식인 에센트릭(Eccentric) 프러그 밸브를 대표로 들 수 있다. 이 밸브는 에센트릭 프러그의 모양에 따라 유체 흐름의 특성을 사용자 요구에 맞게 제어할 수 있다. 다음 그림은 에센트릭 밸브의 운전형식을 보여주고 있다.



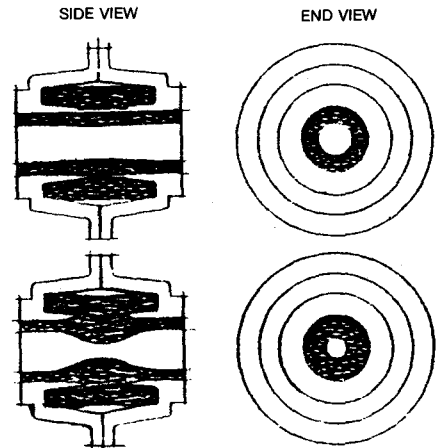
Cylindrical plug valve with eccentric semi-plug. (Courtesy of De-Zurik.)

(그림 3) 에센트릭 밸브의 운전형식

핀치 (Pinch) 밸브는 원통형상의 엘라스토머 (Elastomer)로 구성된 슬라이브를 금속제의 밸브몸체에 끼우고 몸체 중간에서 슬라이브를 누름으로 슬라이브를 통하여 흐르는 유량을 제어할 수 있다. 슬라이브를 누르는 형상이 영어로 PINCHING이라고 함으로 이러한 밸브를 핀치밸브라고 한다. 밸브 구조가 너무 간단하고 유로 부분이 자연스럽게 교축됨으로 밸브에서의 저항 즉 압력손실이 적다. 밸브 구조상 사용온도는 엘라스토머의 재질에 제한받게 마련이며 슬라이브의 코어를 강철코드(Steel Cord)나 화이버그라스(유리섬유; Fiber Glass)로 보강되었을 경우 400°F까지 가능하나 사용압력은 밸브 사이즈에 따라 다르게 됨으로 밸브제작사의 자문을 받아야 한다. 그러나 사용온도는 아무래도

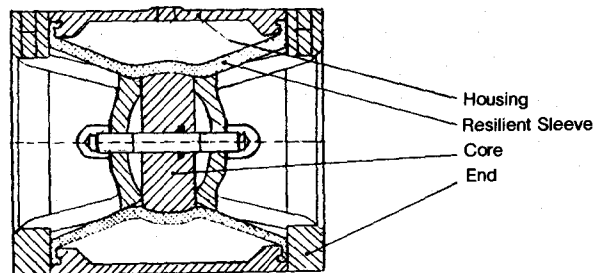
200°F이하인 대기압에서의 물의 비등점이하에서 사용하는 것을 추천한다. 다음 그림은 핀치밸브의 운전모양을 보여주고 있다.

THROTTLING ACTION



(그림 4) PINCH 밸브의 THROTTLING ACTION

이스라엘의 MIL사는 1976년부터 핀치밸브의 슬라이브내에 코아형의 지지대를 설치하고 배관계통의 유체압력 평형(Balance)를 이용하여 밸브를 손쉽게 개폐조작하는 상품명 INBAL 밸브를 소개하고 있다. 이 밸브는 특별히 소방배관과 같은 경우에는 계통의 압력응답이 좋기 때문에 해외에서는 청수의 소방배관, 농장의 스프링클러 배관 및 공공시설의 급수배관의 주 조작밸브로 사용하는 사례가 적지 않다. 다음 그림은 INBAL 밸브의 운전조작 특성을 보여주고 있다.



(그림 5) INBAL VALVE