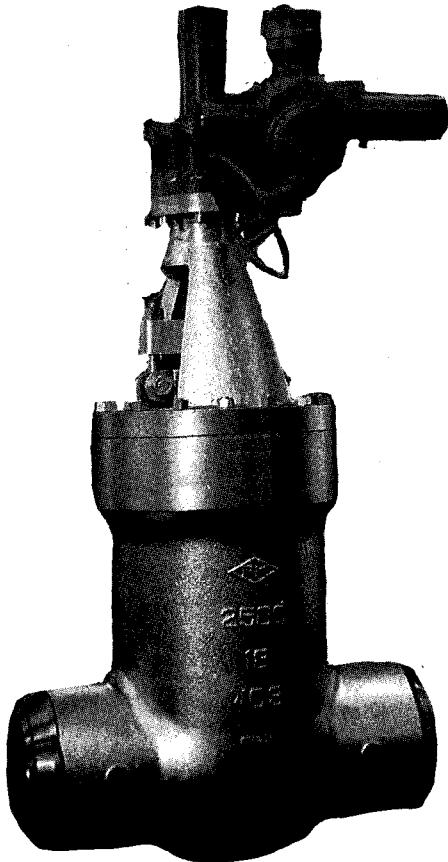


밸브의 종류 및 선정

글／민경화차장 〈한국전력기술(주) 원자력사업단 배관기술부〉



2.1 밸브의 기능 및 역할

밸브란 한마디로 요약하면 유체를 제어하는 기기이다. 더우기 어떤 배관계통 또는 프랜트 프로세스 (PROCESS)에 있어서 가장 말단에서 뒷처리를 감당하는 제어요소이기 때문에 모양새는 간단하여도 그 기능과 역할은 유체회로를 형성하는 가장 중요한 것의 하나가 된다. 이는 쉽게 말하여 펌프, 압축기 등과 같은 유체 수송기계와 파이프에 결합되어 프랜트의 프로세스 장치들의 원활한 운전을 도모하는 것이다. 따라서 요구하는 유량을 흐르게 하기 위해서는 밸브의 기능은 매우 중요하고, 아울러 유량과 매우 밀접한 관계를 갖게된다. 이는 전호에서 언급한 유량계수가 밸브에서 발생하는 압력손실과 비례하는 사실과 더불어 계통에서 요구하는 유체압력을 일정하게 프로세스에 전달하기 위해서는 밸브의 압력손실이 적어야 한다는 어찌보면 상반된 관계를 고찰하여 배관계를 설계하여야 한다. 즉, 같은 크기의 배관에서 보다 많은 유량을 보내기 위해서는 유속을 빠르게 하면 되지만 밸브에서는 이 때문에 많은 압력손실이 생긴다. 따라서 유체의 압력은 초기의 값보다 훨씬 떨어진 값으로 최종 프로세스에 전달하게 된다. 만약 최종 프로세스에서 요구하는 압력을 기준할 때는 초기의 압력은 배관 및 밸브에서의 압력 손실을 고려하여 크게 잡아야 함으로 펌프의 양정은 크게 되어 전력등의 소모가 크게 된다. 따라서 이들 관계를 고려하여 전체 배관계통의 평형을 최적상태로 이루도록 설계하여야 경제적

이고 효율적인 설계가 될 것이다. 본 호에서는 먼저 배관계통의 효율적인 구성과 운전을 위하여 밸브의 압력손실 관계를 고찰하여 보고 아울러 기능에 따른 밸브의 선정방법을 기술한다.

밸브에서의 압력손실은 (1) 유체가 밸브를 통과할 때 밸브 교축점의 유로가 좁아지게 되며 따라서 이곳에서의 유속은 갑자기 증가하면서 압력손실이 생긴다. ($hf = \xi \cdot V^2 / 2g$). (2) 또한 밸브 내부의 유체가 밸브 내부 형상의 복잡성에 의하여 유로 방향이 급격히 변화할 때 생기는 와류등에 의하여 발생한다. 이 모든 경우가 정상적인 유체 흐름이 아닌 난류의 정도, 와류 발생의 정도 등으로 압력 손실이 생기는 것이다.

2.2 밸브의 종류

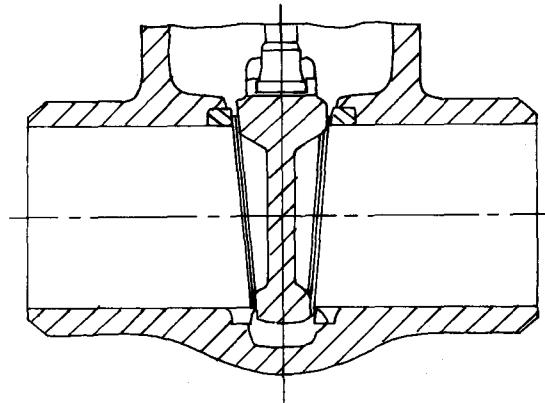
밸브의 종류에는 제어 목적에 따라 유로 차단용 밸브와 유량 조절용 밸브로 구분할 수 있다. 유로 차단용 밸브로는 게이트, 나이프 게이트, 콘디트 밸브, 2"이하의 스톱 밸브, 스톱 체크밸브, 체크밸브류, 버터후라이 밸브, 볼 밸브, 프러그 밸브, 다이야후람 밸브 등이 있으며 유량조절이 가능한 밸브로는 그로브 밸브, 버터후라이 밸브, 볼 밸브, 에센트릭 프러그 밸브, 핀치 밸브 등이 있다. 각 밸브별 형식 및 형태는 전 호에서 이미 간단히 언급하였다.

(1) 게이트 밸브

유로 차단용 밸브의 대표적인 밸브이다. 호칭직경 3/8"부터 36"까지, 압력-온도 등급도 150LBS에서 4500LBS까지 매우 선택 폭이 넓으며 또한 밸브의 형식 및 형태도 다양하다. 게이트 밸브의 선정 지침은 다음과 같다.

—솔리드 또는 홀로우 형식의 디스크(SOLID OR HOLLOW WEDGE GATE VALVE)

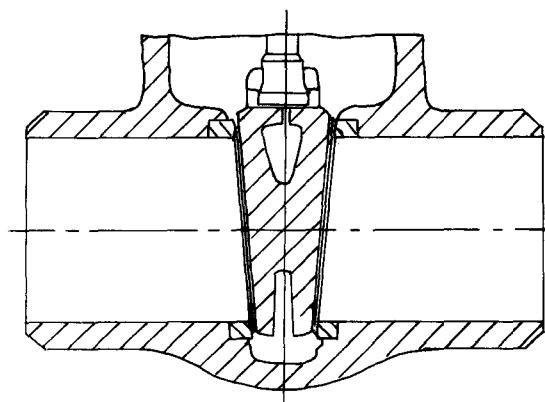
밸브의 시팅 구조상 가장 튼튼한 구조이나 밸브의 열 팽창과 배관작용력에 대한 디스크에서의 흡



〈그림 1〉 SOLID WEDGE GATE VALVE

수 여유가 없기 때문에 밸브 디스크가 상온 이외의 사용에서는 고착 또는 누설 가능성이 높아진다. 따라서 이러한 구조의 게이트 밸브는 통상 호칭직경 4"이하, 사용온도 20°C 이하의 수동 소형 게이트 밸브에 적용된다.

—후렉시블 웨지 디스크(FLEXIBLE WEDGE GATE VALVE)

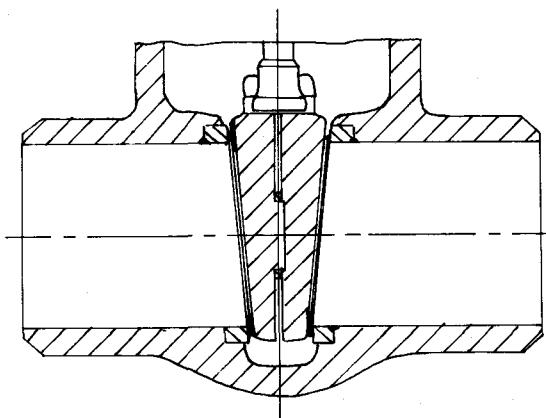


〈그림 2〉 FLEX WEDGE GATE VALVE

디스크의 시팅(SEATING)면에서 어느 정도의 유연성을 갖고 있음으로 열 팽창 및 배관의 작용력에 대응할 수 있으며 아울러 디스크가 죽기 형식으

로 시트면에 작용함으로써 내누설 특성이 좋다. 따라서 FLEXIBLE WEDGE 게이트 밸브는 이러한 시팅 구조상 12"를 넘는 대형일 경우에는 동력에 의한 밸브 개폐장치(POWER ACTUATOR)가 권고되며 통상 사용온도 200°F(93°C) 이하의 호칭직경 4"를 넘는 중대형 밸브에 적용된다.

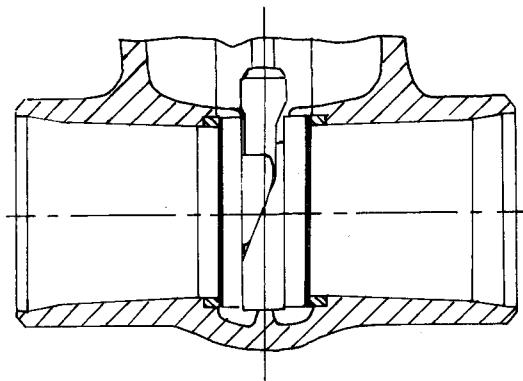
- 분리형 디스크(SPLIT WEDGE GATE VALVE)



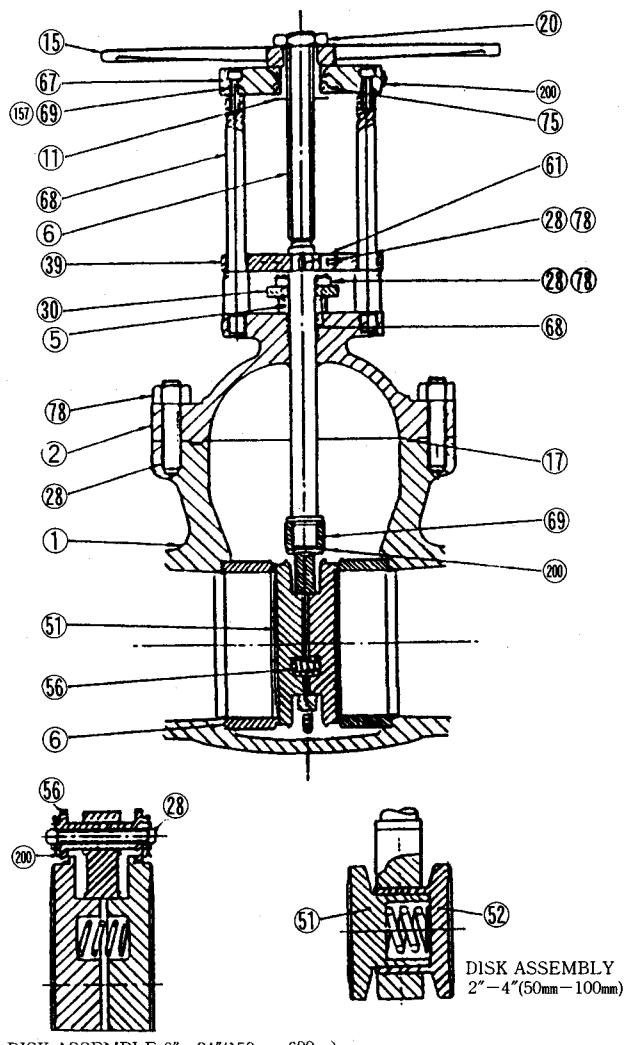
〈그림 3〉 SPLIT WEDGE GATE VALVE

FLEXIBLE WEDGE 디스크와 유사하나 디스크가 완전히 분리되는 구조이다. 디스크의 연결은 단순히 기계적인 고리를 이용하거나 스프링등의 보조를 받아 구성된다. 이러한 벨브는 FLEXIBLE WEDGE 게이트 벨브와 같은 범주로 취급되나 배관의 굽힘등 배관작용력에 보다 신축성있게 대응할 수 있어서 비교적 높은 온도(90°C ~)에 사용되며, 벨브의 크기는 통상 호칭직경 4" 이상의 중형밸브에 적용된다. 그러나 이러한 벨브는 다음의 더블 디스크 게이트 벨브의 장점에 비하면 적용상의 잇점이 적기 때문에 널리 쓰이지 않는다.

- 더블 디스크(DOUBLE DISC GATE VALVE)



〈그림 4〉 DOUBLE DISC PARALLEL SEAT GATE VALVE



〈그림 5〉 PARALLEL SLIDE (SPRING LOADED) VALVE



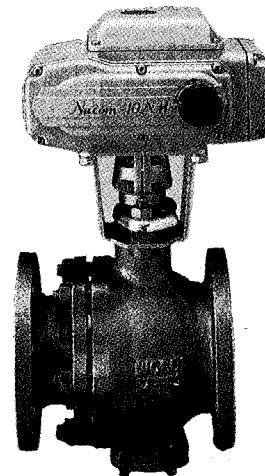
통상 DOUBLE DISC 게이트는 밸브는 디스크가 평행한 구조를 가진 것을 특징으로 한다. 따라서 대형의 고온 고압용 밸브는 이러한 구조를 많이 갖고 있으며 일명 DOUBLE DISC PARALLEL 게이트 밸브라고도 한다. 주로 대형 밸브에서 많이 채용되며 사용온도가 100°C를 넘는 경우에 사용된다. 이 밸브는 시팅 구조상 계통이 가압상태이어야 밸브의 내누설 특성이 좋아지는 구조 즉, 계통압력이 한쪽 면을 가압함으로써 이 가압력에 의하여 기밀이 유지되는 구조임으로 계통압력이 낮은 경우에는 상대적으로 시팅 효과가 떨어진다. 따라서 이의 보완책으로 평행된 두 디스크사이에 스프링을 이용 가압력을 보완하는 경우도 많다. 밸브 운전시 유의 할 사항의 하나는 닫을 때보다 열릴 때가 보다 많은 힘을 필요로 하는 경우가 있음으로 계통의 운전 상태를 고려한 밸브 선정이 필요하다. 따라서 고온의 운전상태하에서는 가능한 한 고온상태에서 밸브를 열고 닫아야 한다.

-나이프 게이트 밸브(KNIFE GATE VALVE)

디스크의 형태가 날카로운 칼날 모양의 원형 구조이다. 따라서 설계는 매우 콤팩트(COMPACT)한 구조로 설계되며, 배관계통에 있어서도 설치 및 보수 운전 공간을 절약할 수 있다. 주로 상온의 낮은 압력하에서 스러리(SLURRY : 찌거기)등이 있는 유체를 제어할 때 많이 쓰인다. 따라서 KNIFE GATE VALVE에서의 엄밀한 내누설을 요구할 수 없다.

(2) 그로브 밸브(GLOBE VALVE)

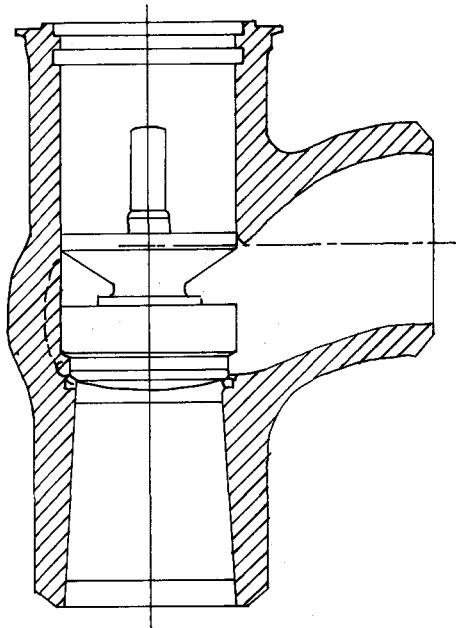
그로브 밸브는 유로의 차단 또는 유량 조절용으로 사용된다. 게이트 밸브에 비하여 유체의 제어적인 즉, 압력조절, 유량조절, 유로 차단기능 등이 우수하나 밸브 구조의 복잡함과 이에 따른 구조적 불안정으로 인하여 밸브 크기는 기술적, 경제적으로 제한을 받는다. 따라서 그로브 밸브는 통상적으로



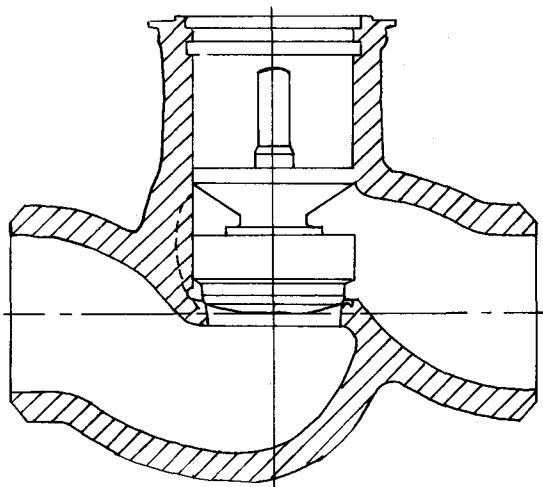
특수한 경우를 제외하고는 호칭직경 12"를 넘는 대형의 그로브 밸브는 수동 조작의 경우가 매우 드물고 대부분 모터 구동 또는 유공압을 이용한 동력 구동밸브이다. 그러나 호칭직경 2" 이하의 그로브 밸브는 유로 차단(ON-OFF)과 스로틀링(THROTTLING)이 가능하며 특별히 비록 ON-OFF라 할지라도 계통 특성이 고압의 경우에는 소형 게이트 밸브보다 그로브 밸브를 선택하는 것이 합리적이다. 그러나 그로브 밸브를 유로 차단용(SHUT OFF)으로 사용할 때는 밸브의 디스크 하부로 부터 계통 압력이 작용함으로 닫힘에 요하는 힘이 게이트 밸브의 4~5배 이상에 이르며, 내부 구조가 복잡하여 온도가 변화하는 상태하에서는 열팽창의 비 대칭성으로 인하여 내부 누설의 가능성이 있음으로 보다 큰 힘의 밸브 개폐력 즉, 구동장치의 크기가 커야한다.

그로브 밸브는 통상 호칭직경 3/8"~12" 범위로 제작되며 압력-온도 기준으로 4500LBS까지 제작된다. 밸브의 형식 및 형태는 외양으로서 T, Y, 앵글 및 Y-앵글 형태가 있으며 스템의 구성 형식상 특수하게 스템 패킹으로부터의 누설을 방지하기 위한 팩 레스(PACKLESS-HERMETICALLY SEA-

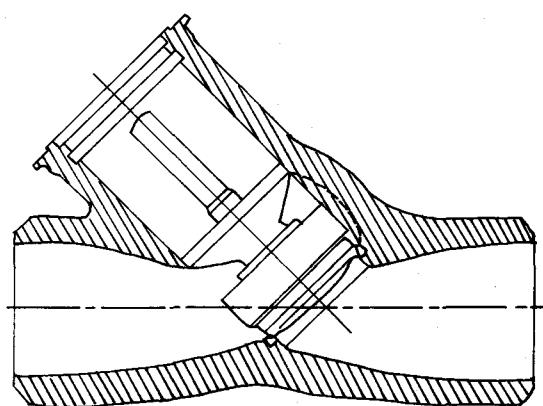
LED, BELLOWS SEALED) 밸브등이 있으며 아울러 그로브 밸브의 디스크 및 시트의 설계방식에 따라 스템과 디스크의 일체형과 분리형이 있으며 대부분이 분리형 구조를 채택하고 있다. 또한 디스크의 형상은 BALL TYPE, 조립식, PLUG TYPE, NEEDLE TYPE 등이 있으며 디스크 및 스템의 안내 방식에 따라 TOP GUIDED(고압용), BODY GUIDED(고압, 소형용) 및 BOTTOM GUIDED(저압용-150LBS~300LBS)가 있다. 다음의 그림 6, 7, 8 및 그림 9에 대략적인 그로브 밸브의 형상을 표시하였다.



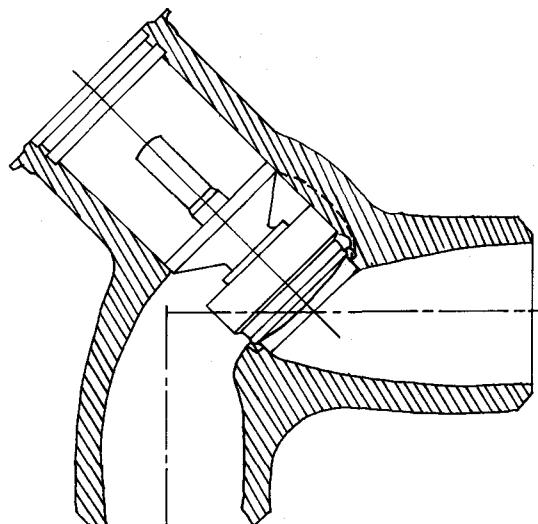
〈그림 8〉 ANGLE GLOBE VALVE



〈그림 6〉 REGULAR (HORIZONTAL) (TEE) GLOBE VALVE



〈그림 7〉 Y (WYE) GLOBE VALVES

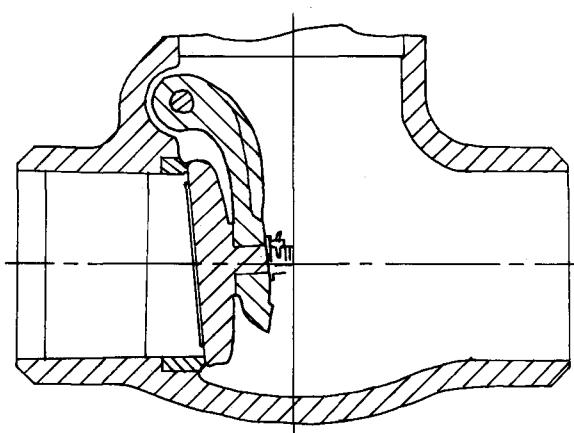


〈그림 9〉 Y-ANGLE (ELBOW DOWN) GLOBE VALVE

(3) 체크 밸브

체크 밸브는 배관계통 구성에 있어서 계통의 운전 상태에 따라 자력으로 개폐하는 (SELF ACTUATING) 유일한 밸브이다. 따라서 다른 밸브와는 달리 한번 설치하면 유지, 보수 등의 문제를 간과하기 쉬운 밸브이므로 최초 선정에 주의를 요한다. 체크 밸브는 외양 및 작동 특성별로 스윙 체크, 리프트 체크, 틸팅 디스크 체크, 홀딩 디스크 체크, 인라인 체크, 스톱 체크로 대별할 수 있으며, 가장 대표적인 체크 밸브는 스윙 체크 밸브이다. 밸브의 크기는 거의 제한이 없으며 설계 형식 또한 매우 다양하다. 체크 밸브 선정에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 밸브에 있어서 압력 강하량의 크기 문제, 체크 밸브 사이의 유체 흐름 속도의 문제, 밸브의 설치 위치와 누설한계 등의 문제 및 계통 특성상 체크 밸브의 닫힘 시간의 문제를 고려한 후에 체크 밸브의 형식을 결정하여야 한다. 이에 대한 보다 구체적인 설명은 추후 기술하기로 한다.

-스윙 체크 밸브(SWING CHECK VALVE)



〈그림 10〉 SWING CHECK VALVE

체크 밸브 중에서 가장 널리 많이 쓰이고 있는 형식으로서 간단한 구조와 신뢰성 있는 동작을 특징으로 한다. 외양에 따른 형태는 T형, Y형 및 웨이퍼(WAFER)형이 있으며 T형이 대부분이다. 디스크와 시트의 접촉 형식은 금속 대 금속, 금속 대 탄성질의 합성고무, 금속 대 합성고무링이 삽입된 금속판으로 접촉된다. 스윙의 각도는 $0^\circ \sim 45^\circ$ 로 설계되며 수평 설치시를 고려하여 $5^\circ \sim 7^\circ$ 만큼 전방향으로 경사시켜야 한다. 유체의 역류에 의한 순간 닫힘 시(SLAMMING) 디스크의 운동량을 적게 하면 급폐가 용이하여 수격현상을 감소시킬 수 있으므로 스윙의 각도는 밸브에서의 마찰로 인한 압력손실이 허용하는 범위내에서 적게 하면 좋다. 단점으로는 슬램(SLAM) 현상과 불규칙한 유체흐름시 디스크의 빈번한 운동으로 헌지 편의 마모가 예상되어 밸브 구조상 완벽한 기밀 유지가 곤란하다는 점이 있다. 스윙 체크 밸브에서의 입력 강하량은 계통 설계 측면에서 낮을수록 좋지만 대략 다음식으로 압력 강하량 정도를 예측한다.

$$\Delta P = 3228[(1/\rho) \cdot (m/Cv)^2] \\ = 2.238[(1/\rho) \cdot (m/Af)^2]$$

여기서 $\Delta P = \text{Psi}$

ρ = 유체의 밀도 ($1\text{b}/\text{ft}^3$)

m = 질량 유량 ($1\text{b}/\text{sec.}$)

Af = 유로 마찰 면적 (inch^2)

Cv = 밸브의 유량 계수 ($\text{gpm}/\sqrt{\text{psi}}$)

또한 스윙 체크 밸브에서 원활한 운전을 위하여 요구되는 최소 흐름속도는 이론적으로 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$V_{min} = 45.68[W \cdot \cos \theta] / (\rho \cdot A \cdot \sin^2 \theta)^{0.5}$$

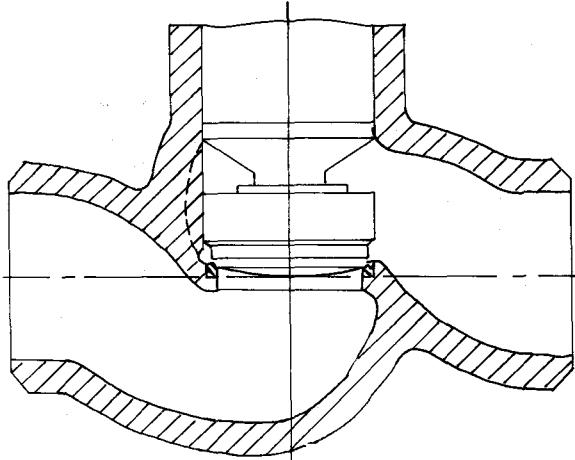
여기서 W = 디스크 아암 무게의 0.5배와 디스크 무게를 합한 값 (1bf)

ρ = 유체의 밀도 ($1\text{b}/\text{ft}^3$)

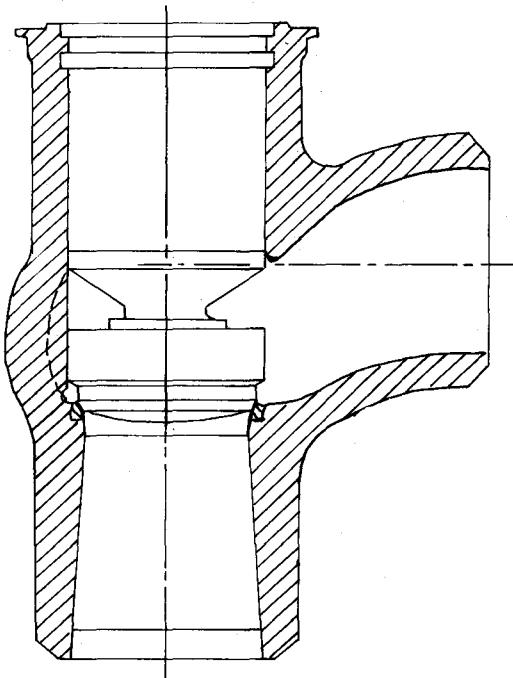
A = 디스크의 면적 (inch^2)

θ = 유로 충돌면의 각도

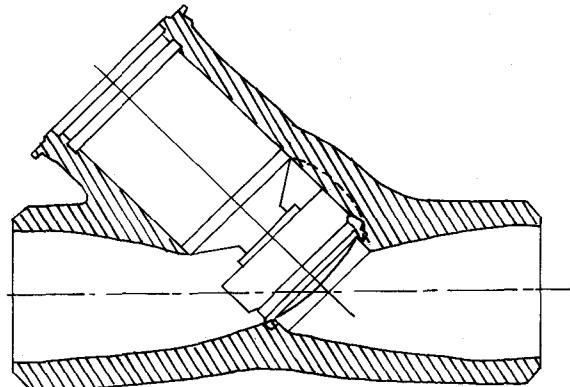
—리프트 체크 밸브(LIFT CHECK VALVE)



〈그림 11〉 REGULAR LIFT CHECK VALVE



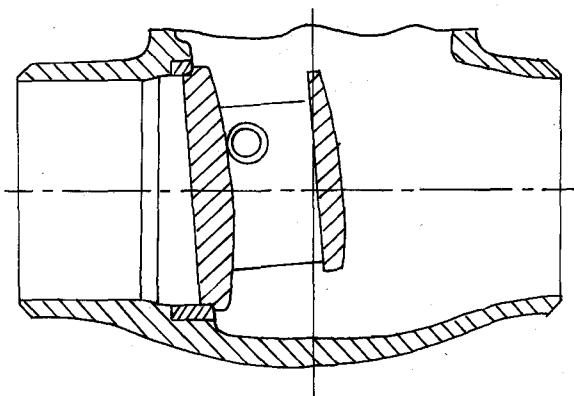
〈그림 12〉 ANGLE LIFT CHECK VALVE



〈그림 13〉 Y (WYE) LIFT CHECK VALVE

스윙 체크 밸브에 비하여 유체의 속도가 비교적 빠른 조건에서 사용하며 내누설 특성이 양호하다. 그로브 밸브의 외양과 비슷하며 디스크 모양에 따라 피스톤(or POPPET) 형식과 볼 형태의 것이 있다. 그러나 단점으로는 디스크와 안내면에서의 고착 가능과 디스크의 빠른 자전(SPINNING), 그리고 대구경의 경우에는 평형관이 필요하게 된다.

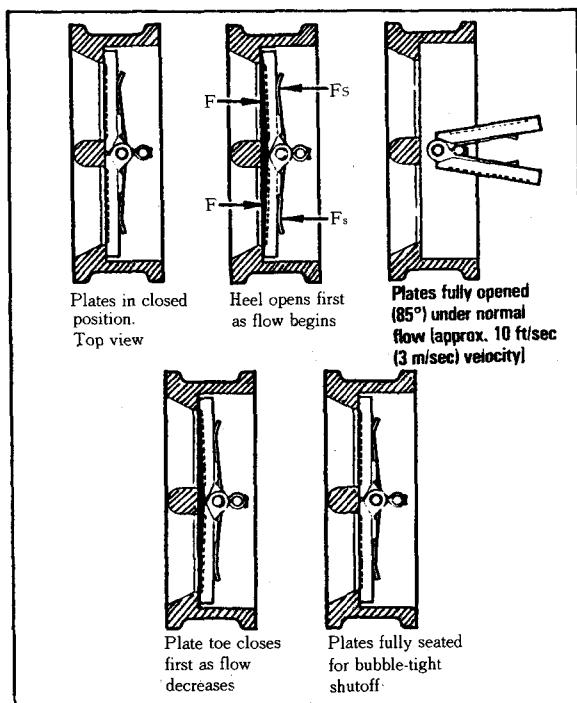
— 틸팅 디스크 체크 밸브(TILTING DISC CHECK VALVE)



〈그림 14〉 TILTING DISC CHECK VALVE

스윙 체크 밸브가 밸브 디스크의 개폐 속도 및 유량 변화에 신속히 대응하는데 부족한 반면 리프트 체크 밸브는 이에 비교적 양호한 특성을 갖고 있다. 그러나 압력손실의 정도, 보수성 및 내누설에 대한 구조로 보아 스윙 체크 밸브는 매우 양호한 특성을 갖고 있음으로 스윙 체크 밸브와 리프트 체크 밸브의 장점을 결합하고 아울러 슬램(SLAM)에 의한 영향을 최소화시킨 구조의 밸브가 틸팅 디스크 체크 밸브(TILTING DISC CHECK VALVE)이다. 그러나 펌프 출구와 같이 유체의 흐름에 변화 또는 맥동이 있는 곳에서의 사용은 금하고 단지 균일한 유체 흐름이 예상되는 곳에서의 사용은 권장된다.

- 틸팅 디스크 체크 밸브(FOLDING DISC CHECK VALVE)



〈그림 15〉 FOLDING DISC CHECK VALVE

홀딩 디스크 체크 밸브의 가장 큰 특징은 밸브가 매우 콤팩트하다는 것이다. 디스크를 스프링의 힘으로 유지하므로 스프링의 상수를 조절하면 디스크의 열림 최소 요구 속도를 조절할 수 있으며, 또한 매우 미세한 차압상태에서도 개폐를 할 수 있어서 계통의 요구사항대로 설계가 가능하다. 물론 스프링의 힘을 이용하기 때문에 디스크의 금폐(急閉)성이 양호하다.

一기 타

앞에서 설명한 체크 밸브 이외의 것으로는 리프트 체크 밸브 형식의 인-라인(IN-LINE) 체크 밸브와 스톱 밸브와 리프트 체크 밸브를 결합한 스톱 체크 밸브가 있다.

체크 밸브의 설치 위치 및 유로 방향이 밸브 기능에 미치는 영향은 다음과 같이 요약한다.

- 스윙 체크 밸브 : 수평 또는 수직, 수직 배관에 설치시에는 밸브의 최소 흐름 속도에 디스크의 최대 열림 각도(45°이하) 만큼을 고려한다. 즉,

$$V_{min, \text{vert.}} = (V_{min, \text{horiz.}}) \cdot (\tan \theta)^{0.5}$$

또한 밸브의 헌지핀에 중추 (COUNTER-WEIGHT)를 이용하면 계통 특성에 따라 디스크의 열림 최소흐름 속도를 조절할 수 있다.

· 리프트 체크 밸브 :

TEE TYPE-수평

WYE TYPE-수평/수직, 수직설치시 스프링을 사용하면 효과

ANGLE TYPE-밸브 입구는 필히 수직 배관

- 틸팅 디스크 체크 밸브 : 수평
- 틸팅 디스크 체크 밸브 : 수평/수직, 그러나 헌지핀은 필히 수직방향
- 인-라인 체크 밸브 : 수직(드물게 수평), 내부 점검을 위한 배관 분리가 요구됨
- 스톱 체크 밸브 :

TEE TYPE-수평

ANGLE TYPE-밸브 입구는 필히 수직 배관

WYE TYPE—수평／수직

경사형(INCLINED)—수평

다음은 체크 밸브에 대한 일반적인 선정 안내 지침이다.

○ 특정한 배관계통의 체크 밸브 선정에 있어 최우선적으로 고려할 사항은 최소의 압력 강하량을 갖는 밸브이어야 한다.

○ 체크 밸브가 규격(KS, JIS, API, ASME etc)에

유체 흐름 상태	유체 종류	최소 요구 속도*(ft / sec)	추천 체크 밸브
역류 가능성이 적고 균일한 흐름 상태	물, 기름	1~6	스윙(중추형)
	증기, 물, 가스	7~100	스윙
균일한 흐름	물, 기름	5~10max	인-라인
압력 변동이 있는 흐름	물, 기름	5~10max	인-라인(큐춘햄버)
역류 가능성 보통, 균일한 흐름	물, 기름	7~10	스윙(스프링력 보조)
심한 역류, 균일한 흐름	물, 기름	7~10	스윙(대쉬 포트)
압력변동 or 균일한 흐름	증기, 물, 가스	8~160	Tee/Inclined 리프트
심한 역류, 압력 변동 또는 균일한 흐름	증기, 물, 가스	10~160	Tee type의 리프트 (대쉬 포트)
균일한 흐름	증기, 물, 가스	12~250	틸팅 디스크
압력변동 or 균일한 흐름	증기, 물, 가스, 기름	20~250	Y-type 리프트
압력변동 or 균일한 흐름(심한 역류)			Y-type 리프트 (대쉬 포트)

마지막으로 체크 밸브에 대한 일반적인 잘못된 생각을 요약 정리하면 다음과 같다. 이 사항은 체크 밸브의 응용에 있어서 매우 중요한 사항이며 다시 한번 체크 밸브에 대한 관심을 다른 밸브의 선정 만큼이나 기울여 주기를 필자는 바란다.

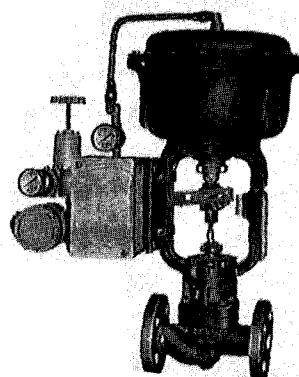
○ 체크 밸브는 보수에 별 신경을 쓰지 않아도 되는 수동적(Passive)인 밸브이므로 계통의 신뢰성에 미치는 영향이 미미할 뿐더러 차후 보수 문제로 걱정될만한 밸브는 아니다.

○ 유로가 역류될 때, 디스크와 시트에서의 누설은 언제나 없다고 볼 수 있다.

따라서 체크 밸브는 홀륭한 차단 밸브이다.

○ 체크 밸브의 선정은 우선적으로 계통의 원활한 운전을 고려하여 선택되어야 한다.

따라서 체크 밸브의 선정에 있어 최고 관점은 계통의 운전에 맞는, 즉 응용에 따라야 한다.



맞도록 설계되고 제작된 것이라면 어떠한 유체 계통에도 충분한 신뢰성을 갖고 있으며 내부 밸브 부품의 상세한 형태 및 재질에 큰 관심을 가질 필요가 없다.

○ 체크 밸브의 설치 위치 및 방향은 체크 밸브의 기능에 별다른 영향을 미치지 않을 것이다.