TEL: +82-31-498-4360
FAX: +82-31-498-4364

D/N : ISTD-10-3908-S36-R2

www. i-san. co. kr

2010.12.
Vol.2 / No.1 / Dec.2012

진공밸브 응용 기술

Vacuum valve application technology

진공시스템에서 필수적인 구성품으로 사용되는 진공밸브에 대하여 알아보며, 적용하는 범위와 현재까지 개발되어 사용되는 진공밸브와 부가적인 기능을 포함한 밸브들의 사용 사례를 간략하게 소개한다.

VACUUM VALVE INTRODUCTION

1. 밸브의 정의

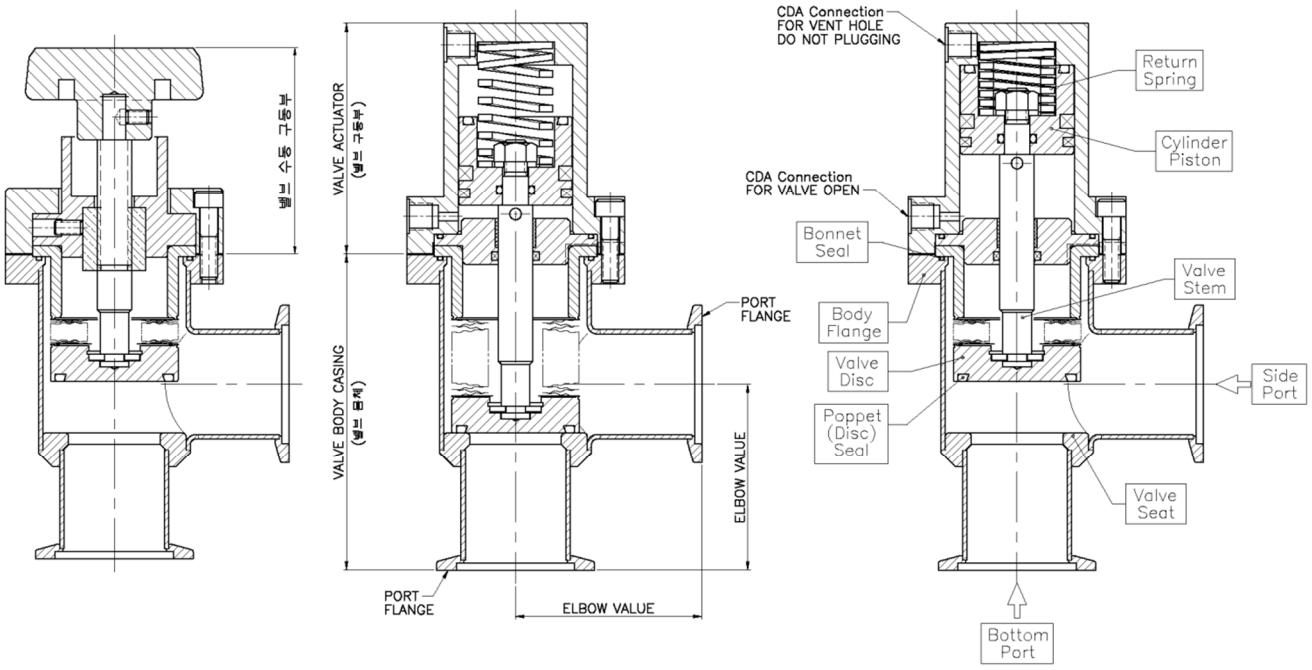
일반적인 밸브(valve: 弁)의 사전적 정의는 유체의 유량조절 및 흐름의 단속을 제어하기 위하여, 배관도중이나 기기 및 장치등에 설치하는 것으로서, 유로(流路)를 개폐할 수 있는 가동기구(可動機構)를 갖는 기기를 말한다.

공학적으로 밸브의 기능을 설명한다면, 유체의 흐름을 제어하는데 사용되는 기기로 여기서의 제어는 물리적으로 표현되는 압력, 유체의 속도 즉, 유량을 조정한다는 것이다. 유체수송 도관에서 개폐(OPEN-CLOSE)나 유로 또는 유체에너지량의 조절(Throttling)을 원활하게 해야한다. 각각의 프로세스 시스템에서 요구하는 유체의 물리적 조건과 양에 맞도록 조작되는 중요한 제어요소(Control Component)이다.

진공산업에 사용되는 진공밸브는 진공시스템에서의 주요 기능은 공정시의 진공유지와 진공해제, 진공의 설정압력의 유지와 조정, 그리고 공정구역의 분리나 차폐(ON-OFF)의 기능을 담당하는 필수 요소이다.
진공밸브를 구분하고 선정하는 첫번째의 큰기준으로 밸브가 담당해야 하는 주요 역할이 무엇인지가 중요하며, 두번째로 시스템의 설계시에 밸브의 형태에 따라서 적용하는 범위를 확인하고, 사용환경에 적합한 재질의 선정, 도달 진공도에 맞는 기밀유지를 위한 기밀요소 또한 중요하게 고려되어야만 한다.

2. 진공밸브의 구조

주요 구성 부분은 기본적으로 밸브 몸통(valve body), 밸브 시트(valve seat) 및 디스크(disc)로 이루어지며, 밸브에 의한 유로의 개폐는 디스크의 회전 또는 상하작용에 의해 이루어진다.
아래는 가장 간단한 일반적인 진공밸브로 앵글밸브의 구조를 나타내어 대표적인 기능 부분을 설명하였다.



(그림 1.) vacuum angle valve 내부 구조.

2-1. 밸브의 주요 기능부의 분류와 명칭.
2-1-1. 밸브 몸체 (Valve Body Casing)
→ 밸브의 몸체는 배관에 연결될 수 있는 Port 에 일정규격의 Flange 를 구성하고 있으며, 개,폐의 밀봉자리부분인 SEAT 면(문틀)과 구동부분과 연결되어 외부와의 기밀을 차단할 수 있는 Casing Body Flange 로 구성되어 있다.

2-1-2. 디스크와 스템 (DISC & STEM)
→ 밸브의 개,폐의 기능에서의 Gate 라고 할 수 있는 원판형태로 형상을 갖춘 부품으로 O-Ring 은 도브테일(dovetail) 형상의 글랜드(gland) 또는 채널(홈)내에 삽입되어 있다. 홈부분 모서리 사이의 거리는 O-Ring 직경보다 작게하고, O-Ring 은 탄성체로서 글랜드 홈내로 끼워져 이탈하지 않도록 되어있다.
디스크에 연결되어 Actuator 의 동력을 전달하기 위한 축 부분으로 밸브의 내부로 구성하고 있는 것을 STEM 이라고 한다.

2-1-3. ACTUATOR
→ 밸브 개,폐의 동력을 발생하는 부분으로서, 수동조작과 자동으로 선택되어질 수 있다.
자동이라 함은 외부의 운동에너지가 조작자의 힘으로 전달되지 않고 공압이나 전기, 유압 등의 동력원을 응용한 액츄에이터를 의미하며, 수동은 조작자가 직접 구동시키는 것으로 Handle 의 회전과 Lever, 등을 이용하여 밸브를 개폐하는 것을 말한다.
일반적으로 액츄에이터의 구동은 공압을 이용한 Air Cylinder 를 대부분으로 채택하고 있으며, 중요 진공시스템의 비상사태시의 안전을 위하여 단동, 상시 닫힘형의 밸브를 사용하는 부분도 있다.
2-1-4. Poppet seal (Disc seal)
→ 밸브캐이싱의 Seat ring 부분과 Valve Disc 에서 진공 개,폐를 위해 사용되는 packing 을 일컫는다.
대부분 탄성체인 오링이 주로 많이 사용되며, 디스크에 구비된 오링홈에 끼워져 사용되고 있다.
2-1-5. Stem seal
→ 밸브의 구동부분의 진공 누설을 막기 위해 사용되는 packing 의 형태로, 오링이나 금속제 벨로우즈로 사용되고 있다. 저진공 영역의 기밀에는 운동용 O-Ring 을 채택한 밸브도 사용하기도 한다. 고진공 영역에 사용하는 밸브의 Stem Seal 에는 용접형 메탈벨로우즈나 성형 벨로우즈가 사용된다.
2-1-6. Bonnet seal (Packing)
→ 진공배관의 내부와 연결되는 Casing Body 에 밸브의 구동부와 연결되는 Flange 사이의 진공씰재의 명칭을 Bonnet Seal 이라 하며, 대부분 O-Ring 을 사용하나 금속제 Gasket 을 사용하기도 한다.
2-1-7. 역압 (Back Pressure)
진공밸브가 밀폐된 상태에서 정상적인 경우를 제외한 비정상적인 경우 즉, 유입부 내부(Disc Seal Side) 압력이 유출부 내부 압력보다 높게 되는 경우를 '역압(Back Pressure)'이라 한다.

3. 진공밸브의 분류
대기압의 배기와, 공정에서 사용되는 가스의 배기 및 설정압력의 유지 등, 각종 진공밸브는 적용조건에 따라 각기 장단점을 갖고 있으며, 설계자는 밸브의 종류에 따른 특성을 파악하여 실제로 필요한 조건에 맞는 밸브를 선정 사용하여야 한다.
밸브 분류형식의 하나로 개폐 조작 방법에 따라 나누어 보면 수동밸브(manual valve)와 자동밸브(automatic valve)로 분류할 수 있으며, 아래에 여러 진공밸브의 종류와 특성에 대해 간단히 살펴본다.

차단기능의 개폐용(ON-OFF)밸브와 조절기능의 Throttling 밸브로 대분류되고 형태에 따라서 여러 목적으로 사용되는 진공 밸브는 아래와 같다.

Vacuum Valve 의 형태에 따른 분류

Vauum Valve 명칭(형태)	On/Off Isolation	Work Transfer	Control	Positions Line Applications	사진
Angle Valve	Y	N	N	Roughing, Gauge Isolation, Backing Line, Bypass Line, Venting, …	Fig1
Inline Valve	Y	N(Y)	N	Roughing Line,	Fig2
Offset Inline Valve	Y	N	N	Backing Line, Bypass Line, …	Fig3
Circular Gate Valve	Y	Y/N	N	Main Valve, Isolation	Fig4
Rectangular Gate Valve	Y	Y	N	Transfer, Isolation	Fig5
Throttle Valve	Y/N	N	Y	Pressure Control	Fig6
Pendulum Gate Valve	Y	N(Y)	Y/N	Main Valve, Pressure Control, …	Fig7
Butterfly Valve	Y/N	N	Y	Shut up, Flow Control.	Fig8
Diaphragm Valve	Y	N	N	Gas Line,	Fig9
Door Gate Valve	Y	Y	N	Transfer, Isolation	Fig10
All Metal Valve	Y	N	N	XHV, UHV, High Temperature	

3-1. 앵글밸브 (Angle Valve)

앵글밸브는 밸브 본체의 입구와 출구의 중심선이 직각으로 유체의 흐름방향이 직각으로 변하는 형태의 밸브이며, 배관계에서의 엘보우(Elbow)의 사용부분을 대신하는 것의 용도에 사용이 추천된다.
대표적으로 Vacuum Roughing Line 등, 다목적의 매우 수요가 많은 형태의 밸브이다.

3-2. 인라인 밸브 (Inline Valve)

인라인 밸브는 단어 자체가 설명하듯이 직선의 배관안에서 밸브가 설치될 수 있도록 밸브의 양쪽 Port 의 중심이 동심에 위치해 있는 밸브의 Casing Body 로 제작된 밸브이다.

3-3. 옵셑 인라인 (Offset Inline Valve)

밸브의 구동부분이 배관에 수직의 형태로 되어 있으며, 배관의 방향이 직선의 형태로 설치될 수 있게 설계된 밸브로서, 인라인 밸브와의 차이점으로는 배관의 방향은 동일하나 배관의 중심이 수평형태로 어긋나게 설치될 수 있는 밸브의 Casing Body 로 제작된 밸브이다.

3-4. 원형게이트 밸브 (Circular Gate Valve)

원형의 진공도관에 설치된 Flange 에 Port 가 Inline 의 형태로 구성하는 Valve Body 에 원형의 디스크가 배관중심의 수직에 상하로 작동하여 밸브의 개폐를 하는 밸브이다. 주로 공정 체임버와 고진공펌프(Oil Diffusion Pump, Turbo-Molecular Pump, Cryo-Pump, 등) 사이에 메인밸브의 형태로 필수적으로 사용되고 있다.
유체의 흐름이 동일 축선상에서 경로가 짧게 되는 장점을 지닌 대표적인 진공밸브이다. Gate Disc 가 닫힌 위치에서의 Actuator 의 직선운동에 수직인 형태로 Lift Up & Down 행정으로 Disc Seal 의 압축에 의한 진공 기밀을 하는 구조로 되어 있다.

3-5. 사각게이트 밸브 (Rectangular Gate Valve)
진공 밸브의 Port 가 원형이 아닌 사각의 형태의 밸브이다. 주로 공정 체임버와 반송 체임버에 설치되는 밸브로 공정제품의 인출과 공정을 위한 진공밸브로 사용되고 있다. 원형게이트 밸브와 같이 Gate Disc 가 Actuator 의 운동방향에 직각방향(L-Motion), 또는 Angle Motion 으로 전환되어 Disc Seal 의 전둘레에 접촉면압을 전달하여 밀폐하는 구조이다. 해외 밸브제조사의 특허품으로 변형된 형태의 Seat 구조와 Disc 형상으로 소음과 진동을 줄인 제품도 사용되고 있다.

3-6. 트로틀밸브 (Throttle Valve)
개폐(ON-OFF)의 목적이 아닌 진공 압력제어를 위한 밸브이다. 원형게이트밸브와 같은 Valve Body 에 Port 의 중심에서 원형의 Flapper 가 90 도의 회전 운동을 하는 버터플라이식 비례밸브로, ON-OFF 식의 진공밸브의 전단에 직렬로 배치되어 시스템에서 설정한 진공압력을 맞추기 위해 진공압력계의 setpoint 신호에 연동하여 사용되는 압력제어용 전용밸브이다.

3-7. 펜듈럼 게이트 밸브 (Pendulum Gate Valve)
원형게이트 밸브에서 구동방법이 변형된 형태의 게이트 밸브이다. 일반적인 원형게이트밸브는 링크구조의 확대 변위기구에 의한 직선의 형태로 개폐되나, 펜듈럼게이트밸브는 시계추 진자의 운동형태를 채택하여 밸브의 구동축이 배관의 중심에서 평행이동된 곳에서의 회전운동으로 밸브를 개폐하는 밸브이다.
메인밸브의 ON-OFF 의 기능에 추가적으로 Throttling 이 가능한 형태의 구조로서 설비의 경량, Compact 화의 실현이 가능한 장점이 있다. 해외의 진공밸브 제조사에서의 수입으로 납기와 고가에 사용해야 하는 단점이 있다. Throttling 제어가 이루어지는 것은 진공밸브 하드웨어를 진공 제어시스템과 연동할 수 있는 통신 콘트롤러의 부가적인 제어장치의 포함으로 저렴한 가격에 사용할 수 없다.

3-8. 버터플라이 밸브 (Butterfly Valve)
밸브의 구동 형태는 트로틀밸브와 같이 원형의 디스크가 90 도의 회전 운동을 하도록 하여 ON-OFF 의 기능을 한다. 원형디스크의 외주에 탄성체의 패킹(O-Ring)을 사용하여 빠른 속도의 개폐 장점을 가진 밸브이다.
수동조작 레버가 관로에 평행이면 완전히 열리고 직각이면 완전히 닫힌다. 구조가 간단하고 유로의 개폐가 용이하지만, 밸브의 Full Open 시에 원형 디스크 지름이 배관 내부로 위치하게 되므로 대구경 진공배관에의 사용에는 공간적인 부분과 완전한 진공기밀에 불리한 부적합한 취약한 구조이다.

3-9. 다이어프램 밸브 (Diaphragm Valve)
내식성있는 격막의 상하운동에 의하여 유로를 개폐하는 것으로 패킹이나 그랜드(gland)가 필요없으며, 격막이 손상되지 않는 한 유체가 외부로 새는 일이 없기 때문에 독성, 부식성 유체의 수송에 적합하다.

3-10. 도어게이트 밸브 (Door Gate Valve)
진공 공정 체임버에 원형이나 사각형태로 게이트의 개폐를 목적으로 사용한다. 공정 체임버나 로드락 체임버에 대기압에서 내부진공의 형태로만 사용되고 역압에의 사용은 없기 때문에 Stem Seal 이나 Bonnet Seal 이 없는 저렴한 형태의 구조이다.

3-11. All Metal Valve
초고진공이 환경에 적용하는 고온의 Bake-Out 공정이 필요한 진공밸브나 밸브내부에 공정중에 지속적인 Heating 을 해야하는 진공밸브에 탄성체 씰을 사용할 수 없는 부분에 특수하게 설계, 제작되는 진공밸브이다.
고온의 Heating 에 진공밸브의 구동부에 사용할 수 있는 Packing 재 또한 고온의 환경에서 물성을 잃지 않는 내열 초합금의 금속제로 이루어진 밸브로 특수 목적에 맞게 설계하여 사용이 가능하다.

4. 진공밸브의 대표적인 적용예 (Application)

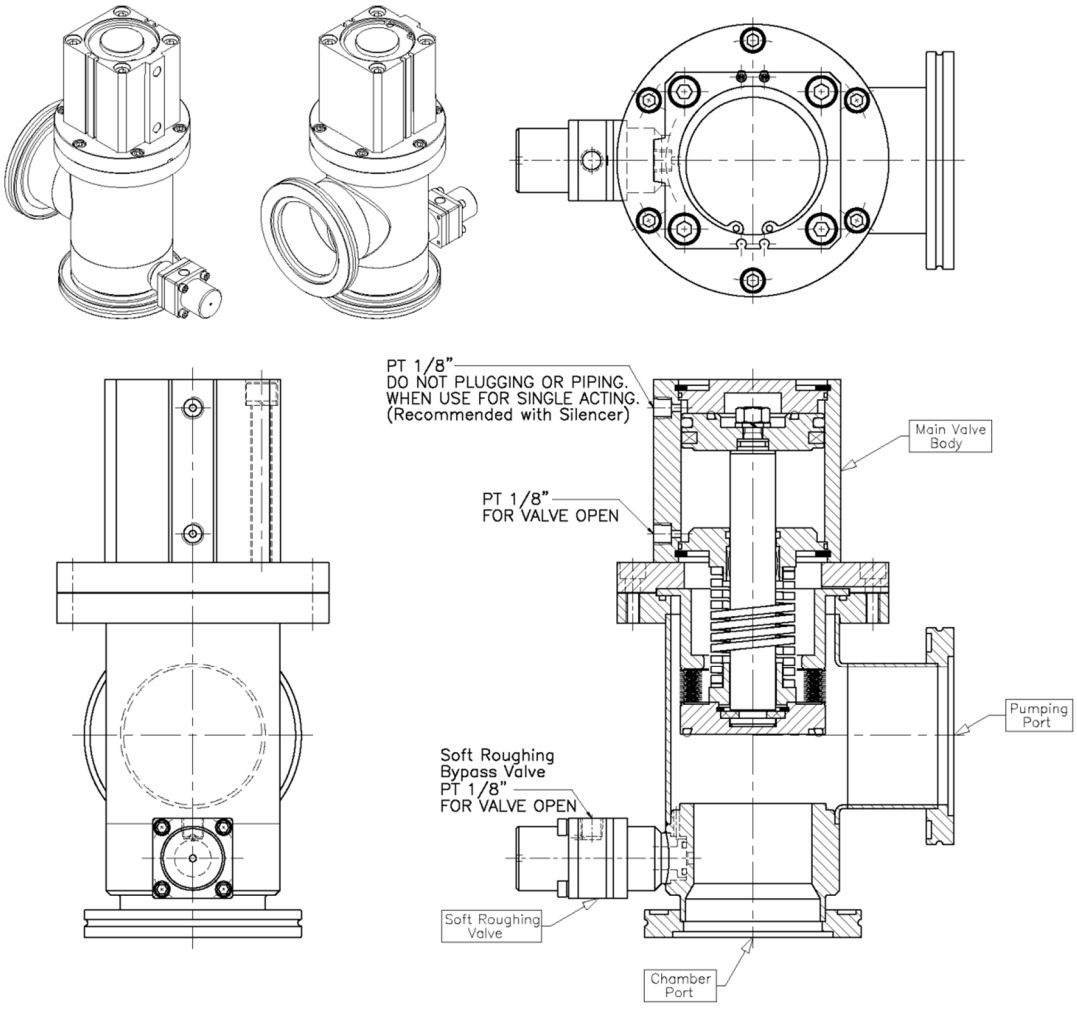
산업이 점차 거대화되고 고도화 되어가고 있는 현재의 진공산업 현장에서의 밸브 사용 환경은 새로운 공정의 다양성은 물론 고온에서의 긴 수명 주기 등, 고도로 요구되기 때문에 밸브의 중요성이 날로 부각되고 있다.

4-1. 진공앵글밸브 (Vacuum Angle Valve)

Elbow 형태의 배관을 대체할 수 있는 Valve Casing Body 로 되어 있는 진공밸브로서 Roughing Line 의 Bypass Valve, 고진공 펌프의 Backing Line Valve, Vacuum Venting, Gauge Sensor Isolation, 등 수 많은 형태로 다양하게 응용되고 있는 밸브이다. 이에 부가적인 기능의 부품의 추가 및 구조의 개선으로 일반적인 진공 뿐만 아니라 진보된 공정에 효과적으로 장시간 사용할 수 있는 MTBF(평균고장간격)주기를 늘리게 되는 것에도 기여하고 있다. 진공앵글밸브에 부가적인 기능의 추가의 예로써, 지속적인 Heating 이 가능하도록 Heater 와 T.C. Sensor 를 밸브디스크에 추가하여 밸브에 석출되는 프로세스 화합물의 퇴적방지로 밸브의 수명의 증대와, 무엇보다 밸브의 개폐시에 발생하는 Particle 오염원의 제거에 큰 효과를 거두고 있다.

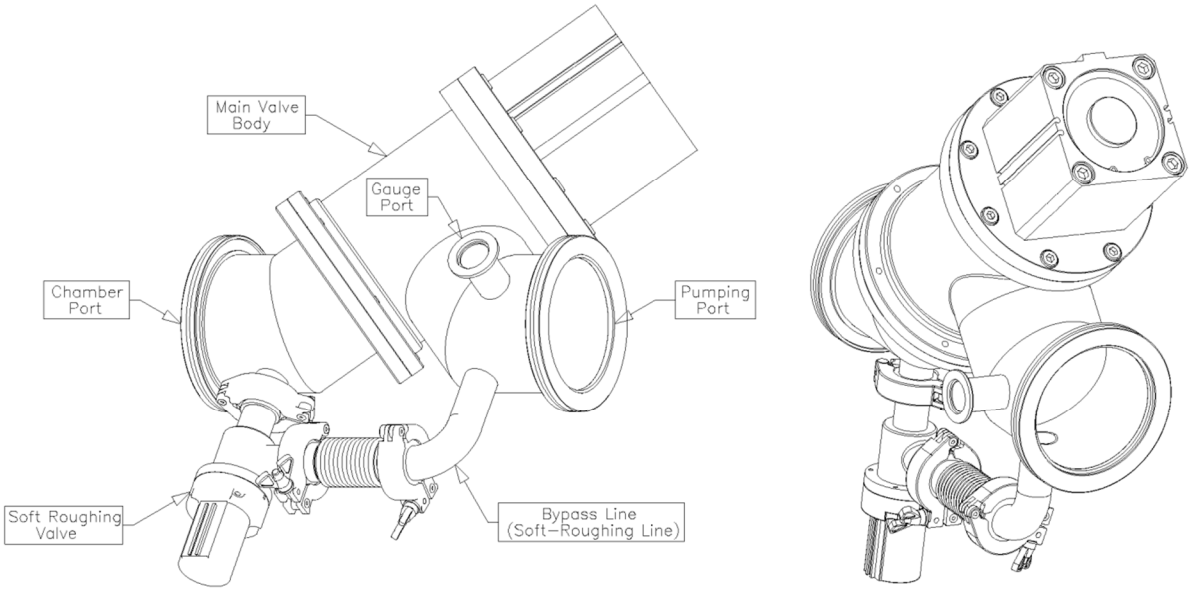
해외 밸브제조사가 보유하고 있는 특허로 현재 높은 사용 품질이 입증되고 있는 밸브의 부가 기능으로서의 또 한가지로는, 앵글밸브자체가 직선 액츄에이터의 구동으로 진공압력 Throttling 기능이 있는 밸브로써 Valve 의 Full Open & Close 의 수동조작은 물론 콘트롤러에 의한 설정압력의 제어 기능을 함께 갖춘 밸브가 현재 선진공정 Fab Line 에서 사용되고 있다.

또 하나의 사례로는 Main Valve 로 적용되는 진공앵글밸브에 추가적인 Bypass Valve 를 부가하여 제품화한 Valve 들의 사용으로 별도의 Soft Roughing Line 의 배관 구성 없이 진공 Pumping System 을 구성할 수 있어 설비가 간단해지는 효과로 비용적인 측면에서도 장점화한 Valve 제품들의 수요가 증가하고 있다.

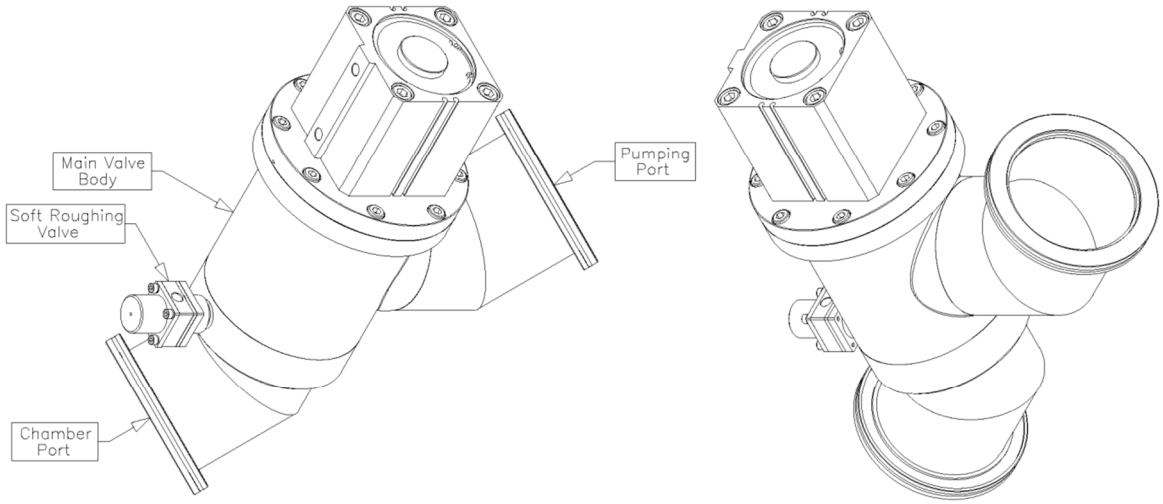


(그림 2.) vacuum angle valve with bypass valve(soft start)

위의 (그림 2.)는 Bypass Line 진공제어밸브에 관한 것으로, 특히 기존에 독립적으로 구성되어 있던 Soft Bypass 용 진공제어 밸브와 Fast Line 용 진공제어밸브를 하나의 진공제어밸브로 병합하여 구성한 것이다.
챔임버의 압력과 진공펌프의 압력의 격차가 준 상태에서 챔임버내의 공기를 다량씩 신속하게 배출시키는 패스트 라인(fast line)으로 구분된다. 이와 같은 패스트 라인과 Soft Bypass Line 에는 공기의 입출을 제어하는 각각의 진공제어밸브가 설치된다.



(그림 3.) vacuum Inline valve with bypass valve (soft Roughing Line)

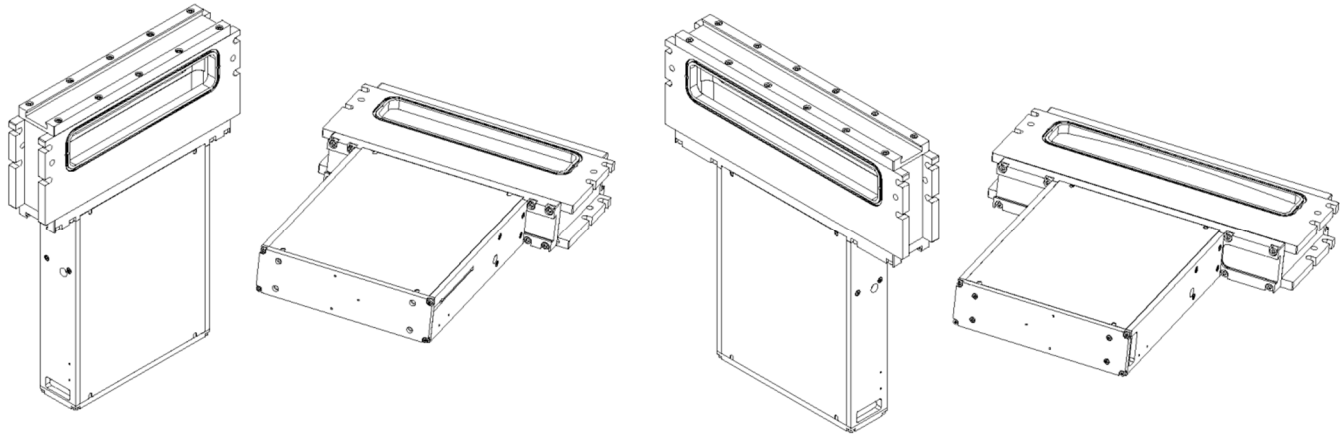


(그림 4.) vacuum Inline valve with bypass Block valve (soft start)

4-2. Rectangualr Gate Valve

일반적으로 반도체 제조설비는 독자적으로 밀봉할 수 있는 챔임버들 외에 다수의 인접한 챔버들을 포함하고 있다. 매엽식 공정챔임버(Process Chamber)들과, 중앙의 로봇 이송챔임버(Transfer Chamber) 주위에 있는 하나 이상의 로드-록(load-lock) 챔임버들로 이루어져 있다. 이송 챔임버와 주변 챔임버들의 조합 및 집결 영역(staging area)을 때때로 클러스터 기구(cluster tool)로서 호칭한다.

체임버들간에 반도체 웨이퍼를 통과 시키기 위한 가늘고 긴 "슬릿"(틈부분)이 챔임버들간의 벽에 형성되어 있다. 이러한 틈부분으로 두 진공 챔임버 사이에 물리적인 출입을 하며, 슬릿 밸브(Slit Valve)에 의하여 선택적으로 개방 또는 폐쇄될 수 있다.
반도체 웨이퍼 프로세스에서 Slit Valve 라고 명칭하는 진공밸브가 "Rectangular Gate Valve" 이다.
이 슬릿 밸브는 도어, 및 이 도어가 폐쇄 위치에 있는 경우 밀봉을 제공하는 압축성 밀봉재(O-Ring, 탄성체)를 더 포함한다. 압축성 밀봉재는 챔임버의 내부 또는 외부로의 누출을 방지하기 위해, 챔임버 내부의 비-대기상태(non-atmospheric condition)를 유지시키기 위해 공정챔임버 내부를 밀폐시키는 기능을 담당한다.
체임버사이의 차압으로 인하여 슬릿 밸브를 통하여 가스가 누설되지 않도록 슬릿 밸브를 위한 기밀을 형성하여야 한다.
반도체 제조설비나 화학품 제조설비 등의 프로세스 챔임버에는, 화학적 반응성이 풍부한 가스가 공급되어 성막(成膜), 에칭(Etching), 세정(Cleaning) 등을 위하여, 플라스마에 의하여 화합물을 분해하는 방법이 많이 이용되고 있다. 플라스마에 의하여 화합물을 분해하면, 래디컬(유리기(遊離基). 부대(不對)전자(unpaired electrons)를 가진 원자)이 생성된다. 래디컬은, 열에너지를 가지며, 매우 반응성이 높아서, 진공챔버의 벽면에 수회 충돌하여도, 그 에너지를 잃는 경향이 없어서, 패킹 등의 실링재의 중합(重合)상태를 분해시켜 열화시킨다. 이 때문에 프로세스 챔임버의 진공배기계는, 이들 반응성이 풍부한 가스를 안전하고 또한 효율적으로 배기하는 것이 요구되고 있다.
진공씰 류 중, 진공챔임버 등의 고정 씰 부(static sealed portion)는, O-Ring 이 금속 등의 씰 홈에 들어 있다. 플라스마나 래디컬이 O-Ring 에 도달하기 위해서는, 간극이 수십 μ인 금속 등의 벽면을 수㎜ 진행할 필요가 있어서, 그 동안 플라스마나 래디컬은 에너지를 잃어, 씰링재의 열화는 저하된다.
그러나, 배기시스템의 게이트 밸브의 Disc Seal 인 O-Ring 은, 배기가스 통로의 바로 근처에 위치하므로, 강렬한 반응성을 가지는 래디컬과, 어느 정도의 에너지를 가지는 플라스마의 한가운데에 노출되므로, 수명이 현저하게 짧아진다. Disc Seal O-Ring 씰링재로서, 플라스마를 이용한 장치의 게이트 밸브에는 1 세대 전에는 불소고무(FKM)가 이용되고 있었다. 그러나, 현재에는 플라스마, 래디컬이 고(高)에너지화되었으므로, 게이트 밸브의 Disc Seal O-Ring 의 재질로서 내(耐)플라스마성・내(耐)래디컬성을 향상시킨 Chemraz® E-38, 513 및 520 물질 등과 같은 탄성중합체 물질 (과불화탄성체(perfluoroelastomer):FFKM)를 사용하는 것이 상식으로 되어 있다. 그리고, 과불화탄성체를 사용해도, 플라스마나 래디컬에 의하여 열화하여, 경우에 따라서 2~3 개월에 한 번은 교환할 필요가 있다.



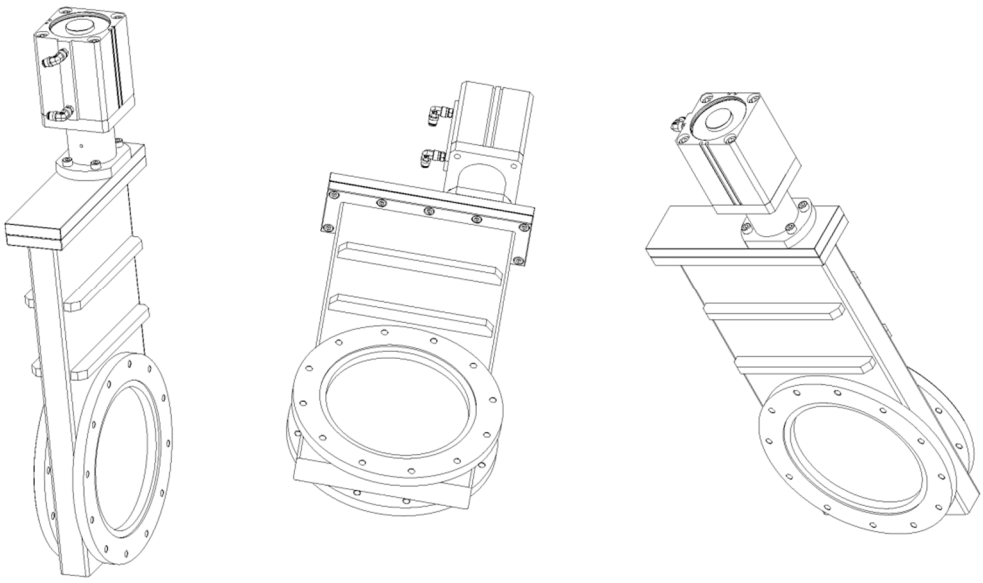
(그림 5.) Rectangular Gate valves for Wafer Fab Process

4-3. Circular Gate Valve

Particle 에 민감한 공정과 고진공의 많은 Application 에서 개방 및 폐쇄 위치 사이에서 빈번한 왕복에 따른 긴 작동 수명과, 적은 미립자 생성을 요구한다. 반도체 소자의 기하학적 형상의 사이즈가 감소하고 회로의 밀도가 증가함에 따라, 반도체 웨이퍼는 갈수록 미립자 오염물질에 민감해진다. 게이트 밸브와 같은 공정챔임버의 진공 내부의 구성요소들은 잠재적인 미립자 오염원이다. 나아가, 게이트 밸브가 고장나면, 반도체 제조 라인의 전체 또는 일부가 작업을 정지해야 하며, 이에 따라 생산량(throughput)에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 긴 작동 수명과 적은 미립자 생성은 게이트 밸브의 중요한 특성이다.

게이트 밸브와 관련한 다른 잠재적인 문제점으로는 밸브의 개폐중에 발생할 수 있는 충격(shock)과 진동(Vibration)이다. 이 충격은 민감한 구성부품을 빠른 기일내에 손상시키고 시스템 내에 미립자들이 방출되게 할 수 있다. 추가적으로, Disc Seal 인 O-Ring 은 밀봉판이 밸브 시트로부터 후퇴했을 때에 마찰될 수 있다. 이러한 긁힘(scuffing) 또는 마찰(rubbing)은 Disc Seal 인 O-Ring 을 마모시키고 게이트 밸브의 작동 수명을 감소시킬 수 있다. 그리고, 충격과 진동은 게이트 밸브 부근의 민감한 장비의 작동을 방해하거나 혼란시킬 수 있다. 종래 이전의 게이트 밸브의 제조기술은 게이트밸브의 작동에 의해 발생한 충격(Vibration)으로 극저온 진공 펌프 내측으로부터 흡착물질(charcoal)에 흡착된 Gas 가 진동에 의해 방출될 수 있음이 관측되었다. 따라서, 게이트 밸브에 의해 발생되는 충격과 진동을 제한하는 것이 바람직하다.

이것의 제한 방법으로는 게이트 밸브의 개폐 속도를 조금이나마 줄이는 것으로 진동의 완화 효과를 기대할 수 있으나 양산 Line 의 설비에서 공정시간 주기의 감소를 위해서는 밸브 Open & Close 시의 충격, 소음을 최소화할 수 있는 구조의 설계화와 구성 기능부품수량의 최적화가 필요하다.



(그림 6.) Circular Gate valves

4-3. General Vacuum Valve Applications

진공 프로세스의 설계에 있어서 중요한 것 중에 한가지로 시스템의 공정 시간의 최적화와 그에 따른 구성부품의 선정, 유지 보수의 주기에 신중한 검토가 필요할 것이다.

그중에서 진공 배기계에 필수 요소인 진공 밸브의 효과적인 사용을 위한 밸브의 선정과 배관규격에 맞는 보조장치의 필요와 진공시스템의 안정성도 함께 고려해야만 한다.

유체의 흐름에 있어서는, 그 압력과 유로 내경의 관계에 있어서, 점성 흐름영역과 분자 흐름영역으로 분류된다. 배기를 효율적으로 행하기 위해서는, 점성 흐름영역에서 행하는 것이 요구된다. 점성 흐름영역으로 하기 위해서는, 유로 내경(D)을 L≤D(L:가스분자 등의 평균 자유행정, D:유로의 내경)로 할 필요가 있다.

또, 가스분자 등의 평균 자유행정(L)과 압력(P)의 사이에는, $L=4.98\times10^{-3}/P$ 라는 관계가 있고, 이것에 의해서 배관 내를 점성 흐름영역으로 하기 위한 압력과 내경의 관계가 구해진다. 따라서, 압력(P)을 보다 높게 하는 것에 의해 평균 자유행정(L)을 작게 할 수 있고, 결과적으로 점성 흐름영역을 확보하기 위한 배관 내경(D)을 작게 할 수 있다.

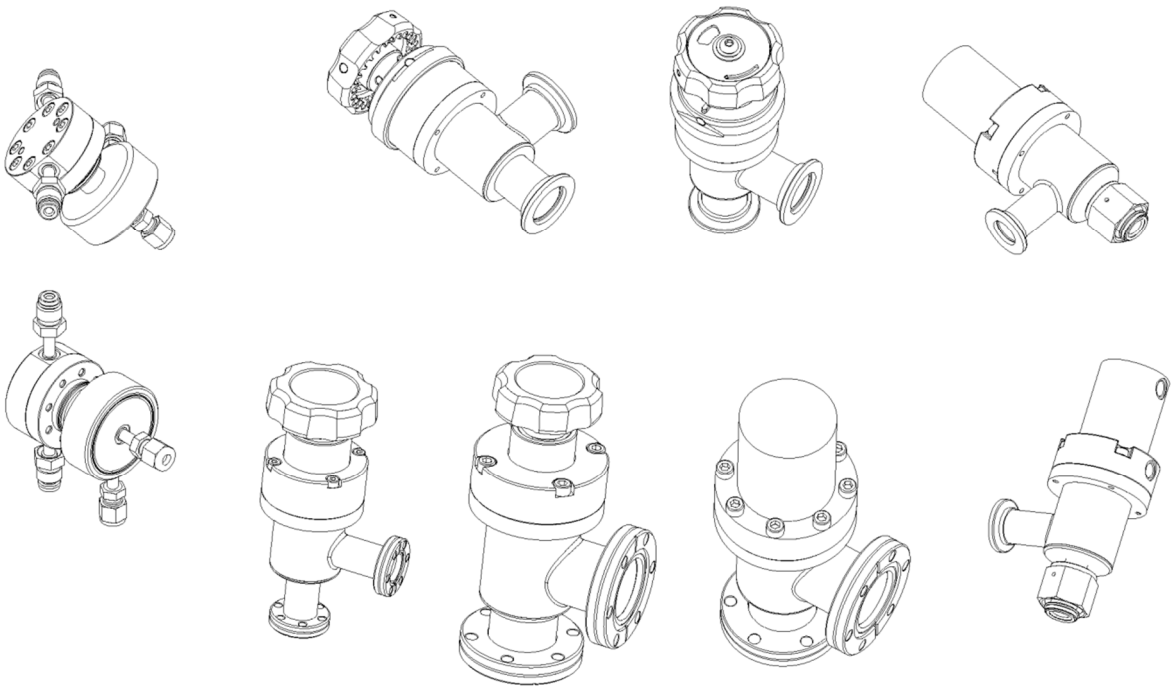
예를 들어 챔임버측(흡입구측)의 압력이 10^{-3}torr 이라고 하면 토출구측의 압력은 10^{-2}torr 정도의 저압으로 되어, 점성 흐름영역의 확보를 보다 확실한 것으로 하기 위해서는, 내경 2"이상의 배관이 필요하게 되었다고 하자. 진공배기계에 있어서는, 이러한 대구경의 배관계를 필요로 하기 때문에 설비가 대형화된다는 문제가 발생하고 있었다. 또, 진공배관계의 내경이 크기 때문에 배관 내의 용적이 커지고, 진공배기 시간이 길어진다는 문제도 있었다. 또한, 이러한 진공배기계를 구성하여 배기를 효율적으로 단시간에 행하기 위해서는, 압축비가 크고, 배기속도가 빠른 진공펌프가 필요하게 되었다.
고압축비를 가능하게한 펌프가 개발되고, 그 결과, 프로세스 챔임버와 진공배기계의 압력조건의 최적화 등이 행해지는 것에 의해 배관 내경도 이것에 따라서 소구경으로 점성 흐름영역을 확보할 수 있도록 되어 있다. 그러나, 이와 같이 압력을 높게 한 경우에는, 진공배기계 내에서 수분이나 가스가 응축되어 배관 내에 부착되게 된다.

또, 이러한 설정압력의 상승에 의한 수분이나 가스의 응축부착이 일어나지 않아도, 진공펌프 정지시에는 배관 내에 체류한 가스의 분해가 일어나 배관이나 밸브 등의 배관부품 내부에 가스의 분해에 의해 발생한 생성물이 퇴적하여 부품의 재료의 부식을 일으키거나, 혹은 생성물에 의해서 밸브에 막힘이나 Valve Seat 면과 Disc Seal 사이에서의 내부리크를 발생하는 원인이 되고 있었다.

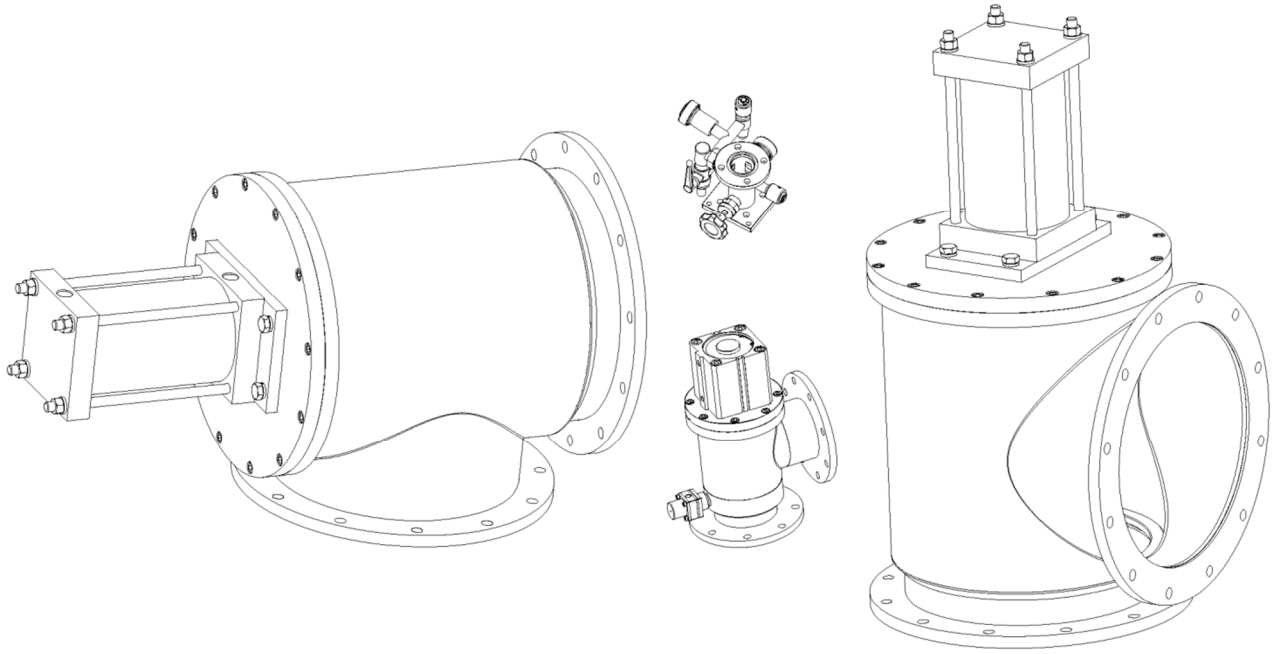
이 때문에, 배관계 내를 내부의 가스나 수분의 포화증기압 이하로 유지하는 것이 요구되고, 일반적으로 진공배기계에서는 가열(베이킹)이 행해지고 있다. (물의 경우, 20℃의 포화증기압은 17.53torr 이다). 즉, 가열해서 온도를 상승시키면 포화증기압이 상승하여 수분이나 가스의 응축부착이 일어나기 어렵게 되고, 따라서 부식 등의 위험성도 감소한다. 그래서, 진공배기계 내의 가스성분의 종류 등을 고려하여 150℃정도까지 온도를 상승시키는 것이 바람직한 것을 알고 있다. 그런데, 배관 내의 온도가 높아지면, 가스의 분해(해리)가 발생하여, 이 가스의 분해에 의해 생성된 물질이 배관 내에 퇴적 고착되는 것에 의해 부식 등의 문제가 발생한다는 새로운 문제가 발생하고 있었다. 이 가스의 분해라는 현상은, 배관 내벽의 금속성분이 촉매작용을 하여 발생하는 것이 원인이다.

이것의 해결 방안으로 배관 내부의 표면을 Coating 하여 개선하려는 등의 여러가지 조치를 실행하고 있다.
밸브의 선정에도 위와 같이 공정에서 발생할 수 있는 모든 현상에 대해서 검토하고, 조작의 형태(자동, 수동), 배관계의 사양과 결합의 형태, 공정에서 요구되는 밸브의 중요성으로 진공 개폐 및 제어의 기능은 물론 밸브가 적용되는 공정에 온도, 사용가스의 부식과 반응성 가스의 반응생성물에 의한 밸브의 사용 주기가 짧아지는 것에 대응하기 위해서 부가기능이 추가된 보조 장치를 사용하게 된다.

해외의 진공밸브는 기술적 역사를 가지고 있는 반면에 국내 진공산업의 밸브 설계와의 기술격차가 있다고 하겠다. 중요 공정용의 제어밸브와 일부 특수공정에 쓰이는 고가의 밸브들은 경험이나 기술적 환경을 고려해 볼 때, 당사는 고객과의 공정기술 그리고 장비기술부분에 적극적인 상담을 통하여 국산화개발과 성능개선으로 진공산업 발전에 기여할 수 있다고 생각된다.



(그림 7.) 고객의 사용환경에 맞춘 다양한 진공밸브류-1



(그림 8.) 고객의 사용환경에 맞춘 다양한 진공밸브류-2

5. 진공밸브 Port 의 플랜지의 규격, 검사항목, 사용에 관련한 응급조치 진단.

5-1. 진공플랜지의 규격

진공플랜지의 규격을 크게 나누어 보면, O-Ring(탄성체; 고무)을 기밀재로 사용하는 플랜지와 금속 가스켈을 밀봉제로 사용하는 플랜지로 분류할 수 있다. 이것은 사용용도에 맞도록 사용온도, 탈가스의 최소화 등 초고진공에서 일반 진공영역에 사용목적에 맞도록 선정하여 설계되어야 한다.

진공시스템을 구성하는 진공배관에서 진공발생장치로부터 진공용기에까지 배관, 밸브 및 센서 Port 간에 사용되는 플랜지는 진공산업에 표준, 규격화 되어 있어서 구매품이 사용 되어지는 것 이외의 특수한 목적에 의해서 설계되어 사용되는 진공 기밀부품에도 형태가 변화되어 사용될 수 있다.
진공플랜지 중에 O-Ring 을 사용하는 플랜지 중에 신속이탈 커플링으로 주로 사용되는 ISO-KF, ISO-K, ISO-F 플랜지의 사용에 장점을 살펴보았다.

5-1-1. ISO-KF Type (NW16 ~ NW50)
독일에서 개발된 Small ISO Flange 의 호칭을 처음으로, "KF"는 "Klein Flange"로 Klein 은 Small 의 뜻을 가지고 있으며, 세계적인 진공부품 메이커인 미국 MDC 사의 Kwik Flange™ 이 규격화된 것이 ISO 진공플랜지의 규격으로 사용되고 있다. 이 플랜지의 규격은 스위스 EVAC 사의 Tapered Flange 의 형식으로 플랜지의 외경으로부터 내경측으로 15 도의 경사면에 C-Clamp 의 형식의 Wing Nut Clamp 를 사용하여 두개의 플랜지를 맞붙여 고정하는 형태로 밀봉제(Centering Ring)를 눌러서 기밀을 유지하게 된다.

일반적으로 NW16 ~ NW50 까지의 규격화된 2-Piece 의 C 형 클램프가 경첩볼트와 나비너트에 의해 고정되게 된다. 여기서 NW 의 호칭은 진공배관의 내경의 치수를 통상적 공칭하는 것으로 독일어의 "Nenn-Weite"로 Norminal Diameter 를 뜻하는 NW 로 널리 호칭하고 있다.

프랑스어로 Diametre nominal 을 뜻하는 'DN'도 Metric 규격을 사용하는 국가에서 널리 호칭하여 사용하고 있다. "NW25KF"라는 호칭은 진공배관의 공칭지름 25mm(1.0" Tubing)에 Tapered Small Flange 를 Wing Nut Clamp 나 Bulk Head Flange 를 사용하거나 Nail Clamp 에 의해 체결이 가능한 Flange 이다.

5-1-2. ISO-K Type (ISO63 ~ ISO320)
Claw Clamp 로 진공플랜지와 플랜지 및 설비본체에 체결할 수 있도록 설계된 플랜지로 Single Claw Clamp 나 Double Claw Clamp 로 체결할 수 있다. 이러한 진공 플랜지 들은 Bolt Hole 의 위치에 맞추어 체결하지 않고 플랜지간 회전이 용이하여 진공배관의 구성이나 조립을 쉽게 할 수 있는 이점이 있다. Double Claw Clamp 의 위치를 자유롭게 선택하여 체결할 수 있기 때문에 협소한 공간에서의 작업이 유리한점이 있다.

ISO-K Type 의 NW 형으로 외경으로부터 내경측으로 20 도의 경사면에 Chain Clamp 로 연결하는 플랜지가 있다. Wingnut Clamp 와 같이 신속하게 조립, 분해가 가능한 장점이 있다. 하지만 대형 규격에 설계 적용시에는 배관에 작용하는 하중과 배관 구성품들의 자체하중에 대해서 반드시 고려하여 적용해야 할것이다.

5-1-3. ISO-F Type (ISO63 ~ ISO320)
ISO-K Type 플랜지를 Single Claw Clamp 로 체결할 수 있는 Bolt Tap Hole 의 P.C.D.를 규격화해 놓은 플랜지의 형식이다.(단, ISO320 은 예외됨.) Bolt Hole 이나 Bolt Tap 을 선택하여 사용할 수 있으며, 회전형 플랜지의 사용 또한 가능하다. 보통 원형게이트밸브의 Port 플랜지에 주로 표준화된 플랜지는 Bolt Tap 의 사양이 적용된다.

5-1-4. JIS VACUUM FLANGE (VF, VG)

산업용 배관규격에 맞춘 일본공업규격의 진공 플랜지 규격이다. 국내 진공산업의 초기에 많이 도입 되어져 사용하였으며, 현재까지도 대형 고진공 펌프와 진공밸브의 플랜지 규격이 많이 적용되어지고 있다.

진공산업 규격 참조	
ISO 국제표준화기구	ISO 3529 1, Vacuum technology Vocabulary Part 1: General terms ISO 3753, Vacuum technology Vocabulary – Graphical Symbol ISO 1609, Vacuum technology Flange Dimensions ISO 2861 1, Vacuum technology Quick release couplings dimension Part 1: Clamped type ISO 2861 2, Vacuum technology Quick release couplings dimension Part 2: Screwed type ISO 3669, Vacuum technology Bakable flanges dimension Part 1: Clamped type
KS 한국산업규격	KS A 3014, 진공용어 KS A 3015, 진공 장치용 도시 기호 KS B ISO 3529 1, 진공기술 용어 1 부 : 일반용어 KS B 6832(ISO 2861 1:1974), 진공장치용 클램프형 이음쇠의 모양 및 치수 KS B ISO 1609, 진공기술 플랜지 차원 디멘션 KS B ISO 2861 1, 진공기술 신속이탈 커플링 크기 1 부 : 클램프타입 KS B ISO 2861 2, 진공기술 신속이탈 커플링 크기 2 부 : 스크류타입

5-2. 진공밸브의 주요 검사항목.

진공 밸브는 진공배관과 같이 외부의 진공기밀은 물론, 밸브가 폐쇄되었을 경우에도 내부의 누설또한 완벽하게 차단해야 한다. 이 때문에 용접으로 구성되는 부품은 물론 밸브 조립시에 Packing 재를 사용하여 조립하는 진공밸브의 누설시험은 여러 차례 절차를 거쳐 검사하게된다.
아래는 진공밸브의 외관, 치수와 동작시험과 필수 검사 항목인 누설시험의 기준을 간단히 요약해 보았다

진공밸브의 필수검사항목과 판정기준					
명 칭		RG 2"x12"	밸브 번호	ISVV-12-0001	
형 식		Rectangular Gate Valve 50x336	도면 번호		
No.	검사 항목	판 정 기 준		Check	
1	외관검사	1) 제품 표면에 찍힘, 흠집, Scratch 등이 없을 것.(육안) Seal Case 및 Actuator Case. 2) Sealing 부 표면에 가공면 상태, 흠집이 없을 것.(육안) Connecting Flange Sealing Surface, 등. 3) 표면의 이물질 등의 오염상태.(세척 및 표면처리) (육안) 모든 부위.		(조립,검사 요령서)	
2	치수검사	치수기록표 항목의 주요 치수 및 허용차내에 있을 것.		도면,치수기록표	
3	동작시험	1) 조작의 원활 정도. Valve Open & Close 에 진동이나 충격, 이상음 발생이 없을 것. 2) 조작압력 최저 4.0 kgf/cm^{2}G 최고 5.0 kgf/cm^{2}G SETTING. 3) Actuator 부분의 Micro-Switch 의 Setting 상태. (정상적으로 점접출력이 이루어 질 것.) (TESTER 저항 측정.) 4) Controller Sequence Working Time Valve Open : Disc Release → Disc Full Open Position 3 Sec 이내. Valve Close : Disc Lift Up Close Pos.→ Disc Push & Close 3 Sec 이내. 5) Controller 에 의한 동작횟수를 50 회 이상 Test.		(조립,검사 요령서)	
4	누설시험	1) VALVE BODY CASE 용접부. (He Leak Detecter) 2) BONNET SEAL (He Leak Detecter) 3) Actuator STEM SEAL (He Leak Detecter) 4) Pumping Side 역압 Seal Check. (He Leak Detecter) 검출치 : 1.3 x 10^{-8} Pa・㎥/sec 이하 일 것. 5) 동작시험 50 회 이후에 항목 2~4 를 재점검. 6) 공압연결 Fitting 부의 공압의 누설이 없을 것. (Bubble Test) 7) He Leak Test Fine Leak Check Mode 에서 동작시험중에 Hunting 또는 Middle Leak Check Mode 로의 전환이 없을 것.		He Gas Flow Rate ForLeak Detecting : < 40sccm Tofind Leak Point : < 20sccm	
5	HEATING	1) Heater Resistance Measurements, (Or Heat Up Test) 2) Insulation Check.		Optional	

5-3. 진공밸브의 고장 진단 및 응급조치 내용.

진공 밸브의 기능에 문제가 발생했을 경우에 확인하여 진단하고, 응급조치에 대책을 마련할 수 있는 고장현상에 대해 예측해 보았다.

고장 현상		원인	대책
밸브가 전혀 동작하지 않는다	신호, 압축공기의 공급이 동시에 안나옴	공기 원인, 공압 공급 장치의 고장.	공압 공급 장치의 점검. 공압 Solenoid Valve, 전원공급 점검.
		공압 배관의 누설(leak)	Tube Fitting, 배관 라인 점검.
	공급 공기압이 안나옴	공압 배관의 막힘 또는 누설(leak)	공압 배관(Tube)의 점검.
		Speed Control 밸브의 고장.	Speed Control 밸브의 점검 및 수리.
	구동 전원이 차단됨	구동용 공급 전원이 차단됨.	구동용 공급 전원 점검.
		구동 시스템 불량 및 고장.	구동 시스템 수리 및 교체.
	개폐 위치 출력이 안나옴	개폐 위치 센서, 밸브 고장	개폐 위치 센서 이탈 확인, 밸브 점검 및 수리.
		구동부(Actuator)의 누설(leak).	구동부(Actuator) 분해 점검.
	구동부 작동압이 들어가나, 밸브가 작동 안함	밸브 STEM, Guide 가 붙음.	디스크 분해 및 부품 교체. 진공용 윤활제(Vacuum Grease)의 급유.
		밸브 STEM 의 편심 또는 손상.	밸브 STEM 의 수리 및 교환.
밸브에 진동 소음이 발생한다.	특정 부분에서 이상 소음이 발생	Guide Bush 와 STEM 공차가 큼	밸브 STEM, Guide Bush 마모 점검.
		STEM 과 Guide 부분의 원활한 윤활부족.	진공용 윤활제(Vacuum Grease)의 급유.
		밸브 STEM 과 Disc, 밸브 STEM 과 Actuator, Piston 등 결합부가 풀림.	풀어져 있는 개소를 조사하여 확실히 고정.
밸브의 조작 속도가 늦다.	공급 공기압이 변동	공기원의 용량 및 압력부족.	공압 공급 장치 및 Regulator 설정공급 공기압 점검.
	밸브 구동 속도 불안정	밸브 STEM 마찰이 큼.	밸브 STEM 의 편심 가이드부 점검. Guide 부분의 밸런스의 조정.
		개폐 속도의 불균일.	Speed Control 밸브의 조정.
밸브가 일정 스트로크 이상 움직이지 않는다.		공기 공급압 부족.	공급 공기압 점검.
		Disc 가 Seat 면에 밀착하지 않는다.	밸브 STEM 및 Piston 의 확인 및 교체.
누설 Leakage	밸브 완전히 닫힘	Disc, 브레이드의 누설(leak)	수리 또는 교체.
		기밀 부위 손상, 부식.	기밀 부위 부품 교체.
	밸브 완전히 닫히지 않음	밸브 내부에 이물질.	분해 청소.
		구동 부위 오염물 고착.	분해 청소 및 교체.

진공밸브의 상태가 위의 내용 이외의 현상으로 원인이 파악되지 않는다면, 진공밸브 제조사에 문의하는 것이 바람직하다. 예상수명을 다하고 기능이 상실된 진공밸브의 수리나 유지보수에 관련한 사항에도 진공밸브 제조사 또는 전문 설비보전 업체에서 Part Replace 와 세정 및 조립후의 Leak Test 를 마치고 수리품으로의 사용이 가능하다

i-SAN
UNIFIED SOLUTION

I-SAN CORPORATION

TEL +82-31-498-4360 **FAX** +82-31-498-4364 **E-Mail** sales@i-san.co.kr **Web** www.i-san.co.kr
Adress #2097-11, jeongwang-dong, Shiheung-si, Kyounggi-do, Republic of Korea