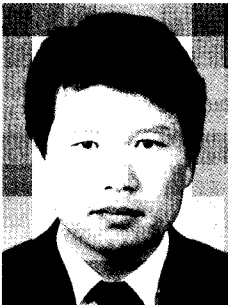


진공기술(Vacuum Technology)(1) ; 진공펌프 종류 및 특징에 대하여



김 광 영

(KIMM 산업기술연구부)

- '74 - '78 동아대학교 기계공학과(학사)
- '80 - '81 제일정밀공업(주) 기술부사원
- '86 - '87 동아대학교 기계공학과(석사)
- '88 - '92 동아대학교 기계공학과(박사)
- '81 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



김 동 수

(KIMM 산업기술연구부)

- '81 - '87 영남대학교 기계공학과(학사)
- '88 - '89 삼미종합특수강(주) 기계부기사
- '89 - '91 영남대학교 기계공학과(석사)
- '97 - '00 영남대학교 기계공학과(박사)
- '91 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

1.1 진공영역 분류

진공 기술에서 오늘날 큰 압력 영역을 보다 작은 영역으로 나누는 것이 관례적이며, 일반적으로 세분하면 다음과 같다.

저진공(Rough vacuum)	: 1000 - 1mbar
중진공(Medium vacuum)	: 1 - 10 ⁻³ mbar
고진공(High vacuum)	: 10 ⁻³ - 10 ⁻⁷ mbar
초고진공(Ultra-high vacuum)	: 10 ⁻⁷ mbar 이하

이러한 구분은 다소 임의적이며, 화학자들은 중간 진공 영역으로서 100과 1mbar 사이의 영역을 종종 언급하고, 이 영역이 화학자들에게 주요 관심이 되는 영역이다. 많은 기술자들은 진공으로써가 아니라 낮은 압력으로써 총 압력 영역을 말한다. 위에서 나타난 압력 영역들은 기체 운동론의 관계에 비추어 기체 유동의 종류에 따라 명확히 구분 해야 한다.

진공 기술에서 본질적으로 3가지 형태의 기체 유동이 존재 한다.

1) 점성 유동은 저(rough) 진공 영역에서 결정적으로 우세하다. 입자들간의 상호 작용은 이러한 유동의 특성을 결정하며, 따라서 내부 마찰, 즉 유체의 점성이 지배적인 역할을 한다. 만일 소용돌이 운동이 유동 과정에서 나타나면, 난류 유동(turbulent flow) 이라고 말한다. 그리고

만일 유체 매질의 여러 층이 서로 서로에 대해 미끄러지듯 지나 가면, 이러한 유동은 층류 유동 (laminar flow)라고 부른다.

원통형 관에서 포물선 모양의 속도 윤곽을 갖는 층류 유동을 Poiseuille 유동이라고 부른다. 이와 같은 특별한 경우는 진공 기술에서 특히 종종 나타난다. 점성 유동의 기준은 입자들의 평균 자유 행로가 전도관의 직경보다 작은데 있다. 점성 유동의 조건에 대한 특성적인 양이 Reynold 수 이다.

2) Knudsen 유동에서는 점성 유동으로부터 분자 유동으로의 천이가 존재한다.

Knudsen 유동은 중간 진공 영역에서 지배적이다.

3) 분자 유동은 고 및 초고진공에서 지배적이다. 이러한 진공 영역에서 입자들은 상호 방해 없이 자유롭게 움직일 수 있다.

분자 유동의 기준은 입자의 평균 자유 행로가 전도관의 직경보다 훨씬 더 크다.

1.2 진공영역별로 사용되고 있는 펌프의 분류

1.2.1 저 진공 (10¹-1mbar) 발생용 펌프

회전식 펌프의 통상적인 작업 영역은 80mbar 이하이다.

이 펌프는 더 높은 압력에서는 힘 손실이 매우 크며, 오일의 손실도 크다. 따라서 배기되어야 할 기체가 오랫동안 80mbar 이상이 되면 무엇보다도 먼저 경제적인 측면에서 jet pump나 water-ring pump 또는 dry-running multiple vane pump를 사용해야 한다. 회전식 vane pump나 회전식 piston pump는 용기 내부를 대기압에서 80mbar 이하의 압력으로 배기하는데 적당하다. 만일 입구에서 많은 양의 기체가 발생하여 압력이 40mbar 가 되면 root pump를 직렬로 연결하기를 권한다. 그러면 관련 공정에서 요구되는 backing pump 속도를 위해서 소형 회전식 vane pump나 piston pump를 사용할 수 있다.

1.2.2 중 진공 (1-10³ mbar) 발생용 펌프

만일 진공 용기가 중 진공영역 까지만 배기된다면 확산 pump나 sputter-ion pump로서 요구되는 backing 압력까지 만들 수 있다.

single-stage 회전식 pump는 압력을 10⁻¹mbar 까지 내리고, two-stage 회전식 pump는 압력을 10⁻³mbar까지 내린다. 만일 중 진공 공정에서 기체나 증기가 계속 발생하여 이것을 배기해야만 한다면, 적절한 pump를 선택하는데 더 많은 어려움이 따른다. 이것과 관련된 중요한 유의 사항이 있다.

모든 회전식 pump의 배기 속력은 도달 가능한 최종 압력 부근에서 급속히 떨어진다. 따라서 이러한 pump들이 정상적인 작동 압력 영역에 대한 최소 한계치는 배기 속력이 명목상의 속력의 약 50%에 달하는 압력을 유지해야 한다. 많은 양의 기체에서 시작하여 1-10⁻¹mbar의 압력은 backing pump로서 회전식 pump를 지닌 root pump가 배기 특성이 최고 적당하다. 이 경우에는 주 작동 영역이 10⁻¹mbar 이상일 때는 single-stage 회전식 pump로 충분하며, 주 작동 영역이 10⁻¹-10⁻²mbar 일 때는 two-stage backing pump를 권한다. 10⁻²mbar 이하에서는 backing pump로서 two-stage 회전식 pump와 조합을 이룬 single-stage root pump의 배기 속력은 감소한다.

그러나 10⁻²-10⁻⁴mbar 사이에서는 two-stage 회전식 pump를 backing pump로 갖는 two-stage root pump는 여전히 매우 높은 배기 속력을 갖는다.

그러나 이 압력 영역은 일반적으로 vapour-ejector pump의 작업 영역이다. 이 압력 영역의 작업에 있어서는 vapour-ejector pump가 가장 경제적이며, 구입가격도 가장 낮다. backing pump로서는 single-stage 회전식 pump가 적당하다. 만일 소액의 유지비와 valve없는 기능이 편리하다면, two-stage 회전식 펌프를 backing pump로 하는 two-stage Root pump가 적당하다. 이러한 복합 pump는 vapour-ejector pump에 비해 경제

적이지는 못 하지만 유지비 없이 오랫동안 가동 시킬 수 있다.

1.2.3 고진공(10^{-3} - 10^{-7} mbar)발생용 펌프

10^{-3} mbar 이하의 압력 영역은 sputter-ion pump나 turbo-molecular pump와 마찬가지로 전형적인 확산 pump의 범위에 속한다. 공정 과정에서 작업 영역이 변하면 다른 종류의 배기 계통이 용기에 설치되어야 한다.

확산 pump의 전형적인 특성인, 고진공 영역에서의 낮은 압력과 높은 배기 속력과 vapour-ejector pump의 뛰어난 특성인, 중 진공 영역에서의 높은 배기량과 높은 임계 backing 압력을 결합시킨 특수한 확산 펌프, 예로서 수은 pump가 있다. 일반적으로 10^{-2} - 10^{-6} mbar의 작업 영역에서는 특별히 이러한 종류의 확산 pump를 권한다.

1.2.4 초 고진공($<10^{-7}$ mbar)발생용 펌프

초 고진공 영역을 만들기 위해서는 turbomolecular pump와 cryo pump와 마찬가지로 적절한 fore pump와 확산 pump, sputter-ion pump 그리고 sublimation pump의 조합이 사용된다. 초 고진공 영역에서 이러한 형태의 pump들이 최상의 상태를 유지하기 위해서는 여러 가지 조건들이 요구된다.

2. 응용분야별 진공압력 사용범위

1950년도 이래 진공 기술은 급속한 발전을 했다. 오늘날 연구나 대부분의 산업 분야에서 진공 기술은 필수적이다. 많은 응용분야에 따라서 진공 과정의 기술적 방법도 대단히 많다. 기본적인 계산은 용기내의 과정이 아닌 배기 방법을 주로 다루기 때문에 이러한 방법들을 모두 기술할 수는 없다. 진공 기술에서 가장 중요한 배기 방법과 주로 행해지는 방법에서의 압력 영역에 대한 개관은 그림에서 볼 수 있다.

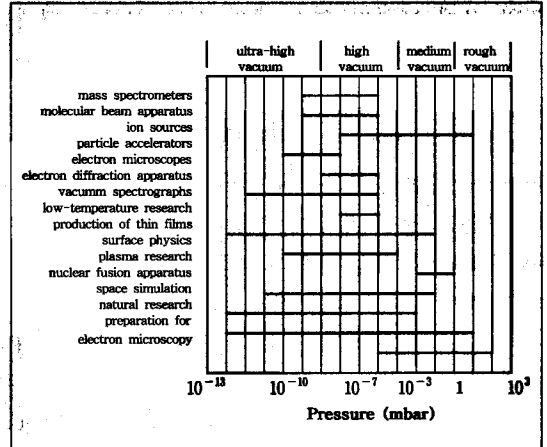


그림 1. 물리적, 화학적 반응과정에서의 진공 압력범위

모든 배기 공정에서의 배기 절차는 일반적으로 배기될 증기가 심각할 정도로 많지 않은 경우의 건식법과 유기성 증기(organic vapour)가 발생하는 경우의 습식법의 두가지로 나눌 수 있다. 이 두가지 방법의 본질적인 차이점을 간단히 설명하면 다음과 같다.

건식법은 주로 좁은 범위의 압력 영역에서 이루어진다. 이러한 특정 압력에서 실질적인 작업 공정이 이루어지기 전에 먼저 적당한 진공을 만들어 준다. 예로써 이방법은 증착, 전자선 용접 또는 결정인장설비나 입자 가속기, 질량 분광계 등에서 시행된다. 또한 진공 상태에서 기체를 제거하는 건식법은 그 자체가 유도로나 아크로 또는 철강에서 기체를 제거하는 설비나 순수 금속과 전자관 제조 공장과 같은 곳에서는 실질적인 기술 공정이다. 습식과정은 넓은 압력 영역내의 규정된 작업 과정에서 주로 이루어진다. 이방법은 고체 물질의 건조에서 특히 중요하다. 만일 작업이 너무 낮은 압력에서 이루어지면 물체의 표면이 너무 빨리 마르게 되고 결과적으로 증발되어야 할 습기와 열 접촉이 약해져서 건조 시간이 매우 길어지게 된다. 이 방법의 범주에는 건조나 주입 또는 냉동 건조 공장에서 수행되어야 할 모든 공정이 포함된다. 모든 습식 공정에서는 습기의 증발에 필요한 열의 공급이 결

정적으로 중요하다.

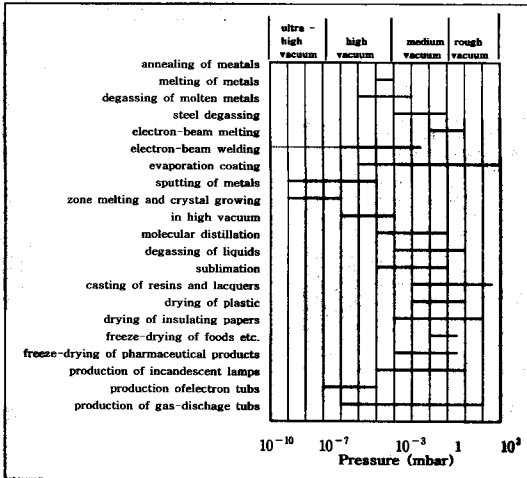


그림 2. 산업계 응용분야별 진공 압력 범위

3. 진공펌프의 종류 및 특징

3.1 개요

기체로 가득한 체적에서 기체 밀도와 기체 압력을 줄이기 위해서 체적에서 기체 입자들을 제거해야 한다. 이것이 바로 진공 펌프의 목적이다.

기본적으로, 두 집단의 진공 펌프 사이에 명확한 구분을 할 수 있다.

- 1) 배기된 체적으로부터 기체 입자들을 제거하여 한 번 또는 여러 단계로 압축해서 기체 입자들을 대기로 운반하는 진공 펌프 (compression pump), 또한 기체 이송 펌프 (gas transfer pump)라고 부른다.
- 2) 응축하거나 또는 어떤 다른 방식으로 제거할 입자들을 고체벽에 결합시키는 진공 펌프, 이때 고체 벽은 흔히 배기하고 있는 체적의 경계면의 일부분이 된다.

현재의 기술 및 실제적인 응용 면에서 아래와 같은 형태의 펌프들을 설명하고자 한다.

아래항목 (1) (2) (3)은 압축 펌프 또는 기체 이송 펌프로 분류되며, 나머지 (4) (5)는 entrainment 펌프, 즉 응축(condensation) 및 수

집(getter) 펌프로 분류된다.

- (1) 주기적으로 chamber 체적을 증가 및 감소하므로써 작동하는 펌프, 즉 모든 기체 ballast 펌프 따라서 rotary vane, rotary piston pump등이 있다.
- (2) 체적이 일정한 펌프 chamber에서 저압으로부터 고압쪽으로 기체를 운반하는 펌프인 roots pump, turbomolecular pump가 해당된다.
- (3) 배기 작용이 본질적으로 기체가 없는 고속의 유동속으로 기체의 확산에 기인한 펌프, 증기 pump가 여기에 속한다.
- (4) 응축에 의해 증기를 배기하는 펌프인 condenser 및 cryopumps이다.
- (5) 흡착 또는 흡수에 의해 기체가 없는 광범위한 표면에 기체를 결합하거나 끼워 넣는 펌프인 sorption pump가 해당된다.

진공 펌프들의 이러한 분류를 DIN 28400에 의거하여 그림 3 으로 나타냈다.

3.2 종류 및 특징

3.2.1 회전펌프

회전 진공 pump는 양변위 pump의 집단에 속한다.

양변위 pump는 piston, rotor, vane, valve 및 여타 장치를 이용하여 기체를 운반하고 압축하며 방출하는 기계적인 진공 pump로 이해되고 있다. 소위 기름-밀봉 그리고 "건식"(dry)라 일컫는 회전 pump가 있다. 움직이는 부분을 기름으로 밀봉하므로써 한 단계에서 10⁵까지 압축비를 허용해 준다. 기름 밀봉이 없으면 dry pump의 경우 내부 누설이 훨씬 더 크기 때문에, 결과적으로 얻을 수 있는 압축비는 훨씬 더 낮아지며, 약 10이 된다.

배기 과정이 rotor의 회전 운동으로 해서 일어나는 다양한 종류의 회전 pump중에는 일단계 및 이단계 방식의 rotary vane, rotary piston,

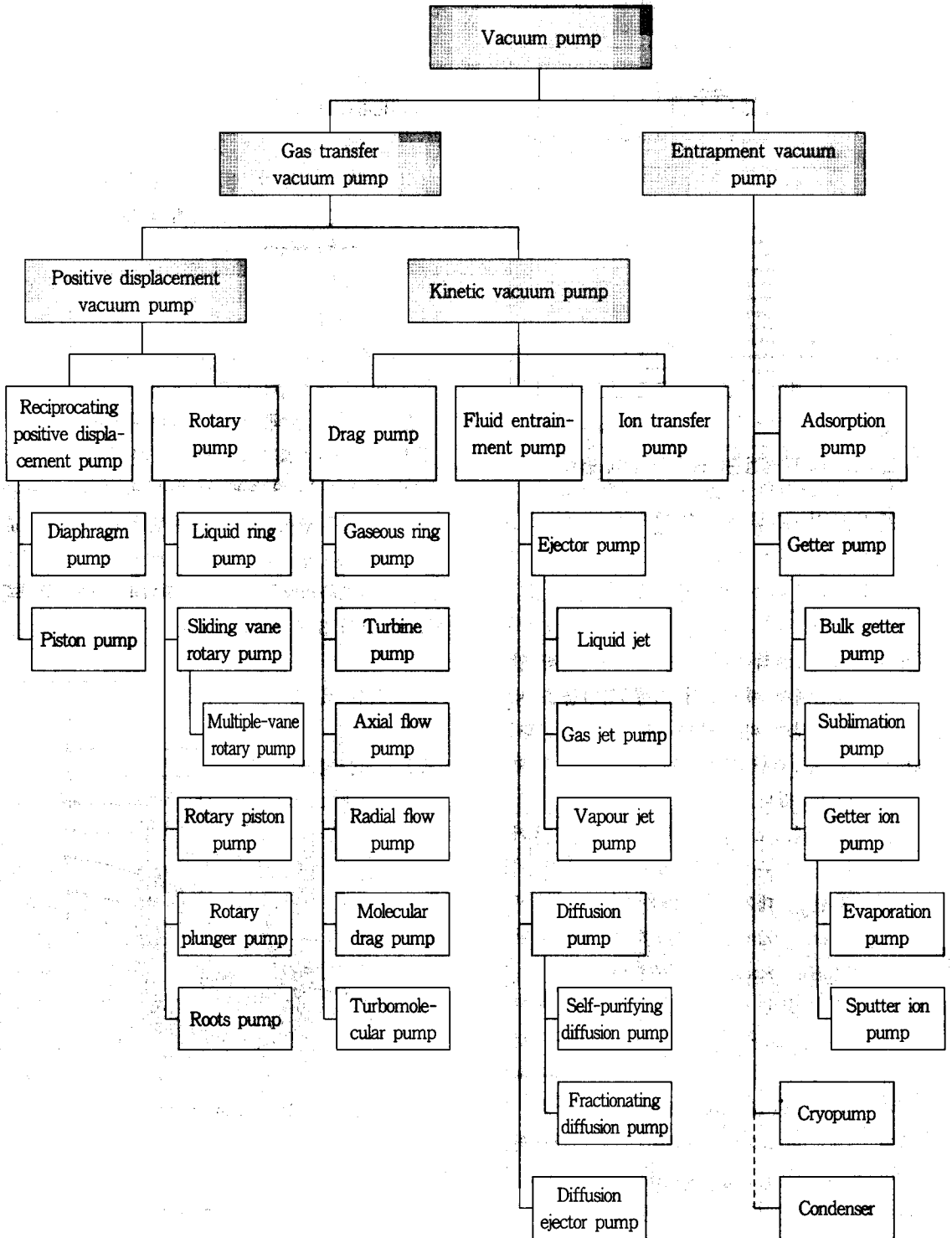


그림 3. 진공펌프의 분류

Roots pump는 물론 일단계 활차 (trochoid) pump를 제작하고 있다. Roots pump를 제외하고, 이와 같이 다양한 형태의 pump들은 1935년에 Gaede에 의해 발명된 것으로 기체 ballast 장치를 갖추고 있다. 주어진 기술적인 한계내에서 기체 ballast장치는 압축 과정 동안 pump내에 응축없이 증기를 배기 할 수 있다.

가) Rotary Vane pump

Rotary Vane pump는 원통형 housing과 구멍을 파서 중심이 다르게 설치한 회전자로 구성 되어 있으며, 이 회전자는 화살표 방향으로 회전 한다. 회전자는 통상 원심력에 의해 그리고 어떤 방식에서는 용수철에 의해 강제로 벌려 놓게 되어 있는 vane을 포함하고 있다. 이러한 vane들은 고정자 벽을 따라 미끄러지며, 그로 인해 출구 배출 밸브 위에 있는 기름을 통해서 최종적으로 공기를 방출하기 위해 입구에서 끌어 들인 공기를 앞으로 밀어 낸다. Rotary vane pump 및 다른 형태의 oil seal 양변위 pump의 채워진 기름은 윤활유 및 밀봉 매체로서 작용하며, 쓸모 없는 공간과 틈새를 채워 주며, 그리고 압축열을 전도하므로써 펌프의 냉각에 기여 한다.

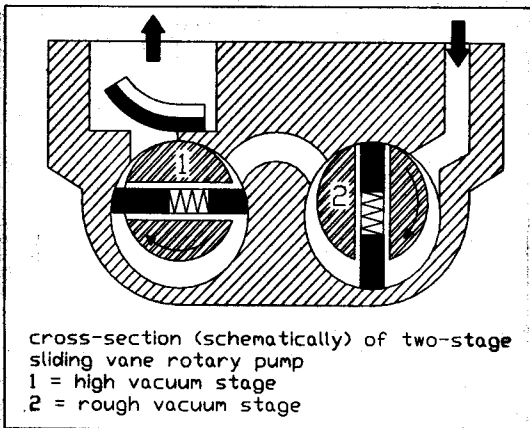


그림 4. Rotary Vane Pump 작동도

나) Rotary Plunger pump

그림 5는 monoblock 설계의 rotary plunger

pump의 단면도를 나타낸 것이다.

중심이 다른 회전자에서 화살표 방향으로 회전하는 piston pump housing의 벽을 따라 미끄러지듯 움직인다. 흡입 기체는 펌프내 입구 부분을 통해 흐르며, slide valve내의 배기 channel을 통해 pump chamber안으로 운반 된다.

Slide valve는 piston과 함께 하나의 구성 단위를 형성하며, hinge bar내에서 이리저리 미끄러지듯 움직인다. 배기된 기체는 최종적으로 압축 영역에 도달한다. 회전하므로써 piston은 기체를 기름밀봉 배출구 밸브를 통해 보내질 때까지 기체를 압축한다.

밸브 위에 공급된 기름은 rotary vane pump에서와 마찬가지로, 밸브 아래 쓸모없는 공간을 채우기 위해 또는 펌프의 냉각을 돕기 위해 윤활유 및 밀봉 매질로서 작용한다. pump chamber 체적은 회전하고 있는 piston에 의해 두 부분으로 나누어지기 때문에 매 회전마다 작동 주기를 완료 한다.

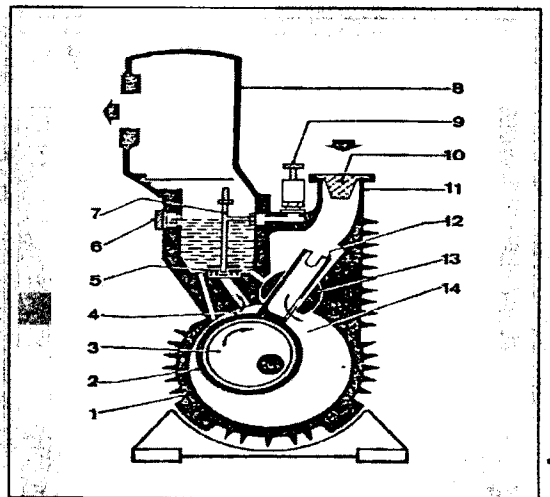


그림 5. Rotary Plunger Pump 개략도

다) Trochoid pump

Trochoid pump들은 rotary piston 연소 기관의 원리에 필적 할 만한 원리로 운전되는 일단계, 기름 밀봉 양변위 펌프들이다. Piston의 중심은

회전축 주위로 원형 경로 상에서 움직인다. 이것이 trochoid pump들이 통상적인 rotary piston 또는 plunger pump의 경우와는 달리 완전히 역학적 균형을 이룰 수 있는 이유이다.

Trochoid pump는 심지어 아주 큰 pump들도 진동이 없으며, 따라서 기초공사없이 설치가능한 장점을 가지고 있다. 또한, trochoid pump들은 통상적인 rotary piston pump들보다 더 빠른 회전 속도를 가지고 움직일 수 있다.

Trochoid pump는 외부 방향으로 구르는 rotary piston pump이다. 이로 인해 고정 시킨 원의 반지름, r 이 구르는 궤도 반지름, R 의 반이 된다.

적분비(R/r)가 이와같이 외부로 구르는 운동에서, 구르는 궤도상의 모든 점은 epitrochoid로 판명된 폐쇄된 곡선을 나타낸다. 적분비가 2인 특별한 경우에 이와 같은 epitrochoid는 타원이며, 그 결과 trochoid pump의 piston은 타원형의 단면도를 갖는다. pump chamber의 형태는 중심

을 달리하는 piston의 회전에 의해 기술되는 envelope curve에 의해 결정된다. 기하학적인 설계로부터 piston이 회전하는 동안에 항상 piston과 영속적으로 접촉하는 고정점이 있다는 것을 알 수 있다. 이 지점에서 설치한 밀봉 strip은 pump chamber의 흡입구 부분을 배출구 부분과 분리하여 밀폐시켜 주는 것을 보장해 준다.

라) 기체 ballast 장치

Rotary vane, rotary piston 및 trochoid pump와 함께 기체-ballast 장치를 사용하므로써 영속적인 기체 뿐만 아니라 다량의 응축 할 수 있는 증기를 배기 할 수 있다. 기체 ballast 장치는 펌프의 작동 chamber에서 증기의 응축을 억제한다. 만일 증기를 배기하면, 증기들은 펌프의 온도에서 포화 증기압까지만 압축 될 수 있다.

Gaede에 의해 1935년에 발전 시킨 기체 ballast 장치는 아래 그림과 같은 장치에 의해 pump내 수증기의 응축을 막는다. 실제적인 압축 작용이 작동 공간에서 시작 되기 전에, pump내의 압축비를 최대 10 : 1로 감소 시킬 수 있는 정확히 조절된 양의 공기가 들어 온다.

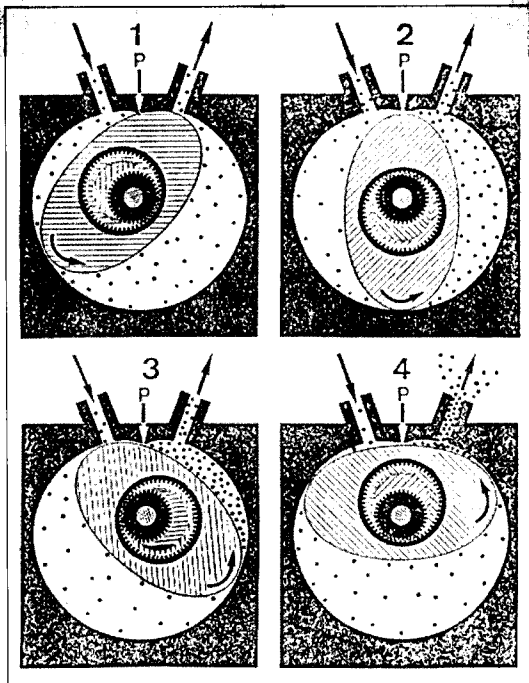


그림 6. Trochoid Pump 작동원리도

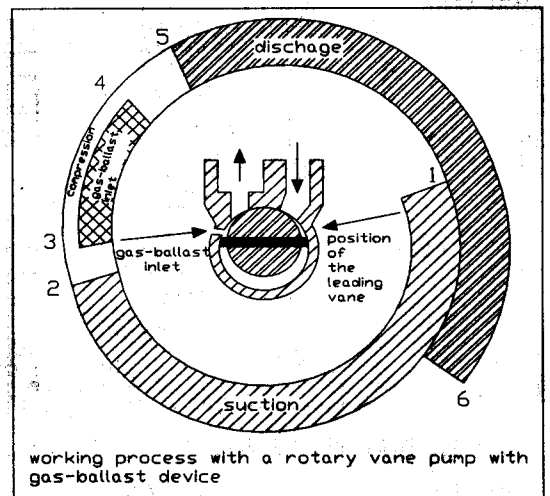


그림 7. Gas Ballast Device

이때에 배기된 증기는 응축점에 도달해서 pump로 방출 되기 전까지 기체 ballast를 가지고

압축 할 수 있다. 그러나 배기된 증기의 부분압은 어떤 값을 초과해서는 안되는데, 부분압은 아주 낮아야 하고 인자 10까지 압축할 때 증기가 pump의 작동 온도에서 응축 되어서는 안된다. 단지 수증기만을 배기 하는 경우에, 이와 같은 최대값은 수증기 허용 오차 (water vapour tolerance)로 알려져 있다.

마) Roots Pumps

Roots pump는, 또한 Roots blower로 알려진, 진공 기술 분야에서 폭넓은 응용성을 갖고 있다.

Roots pump는 대칭적인 형태를 이루는 2개의 rotor가 반대 방향으로 회전하는 pump housing으로서 양변위(positive displacement) rotary pump이다. 두 개의 rotor는 근사적으로 8개의 단면도 모양을 갖고 있으며, 서로 서로 닿지 않고서 pump housing의 내벽을 지나 움직이도록 전동 장치의 구동에 의해 동시에 움직인다.

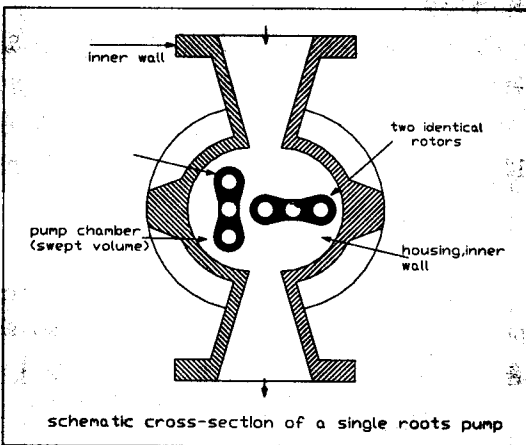


그림 8. Roots Pump

Rotor와 housing 벽사이 그리고 rotor 자체 사이의 간격의 폭은 10^{-1} 정도이다. 그 결과 Roots pump는 역학적인 마모없이 높은 회전 속도로 움직일 수 있다. Sliding vane, rotary piston 및 trochoid pump와는 대조적으로 Roots pump는 기름 밀봉이 아니다. 이것은 다른 dry running pump에서와 같이 고유의 내부 누설을 낳는다.

결과적으로 Roots pump를 흡입구 압력에 의존해서 비교적 낮은 압축비를 갖는다. pump chamber 내면의 임의 부분이 더 높은 압력을 갖는 pump의 흡입구 쪽과 배출구 쪽에 교대로 노출되기 때문에 Root pump의 내부 누설은 이와 같은 형태의 pump의 작동 원리에 밀접히 관련되어 있다.

Rotor와 pump housing 모두는 기체로 충전되며 rotor의 회전으로 인해 낮은 압력의 흡입쪽으로 따라서 진공계통으로 방출된다. 이것이 rotor 자체 그리고 rotor와 housing의 내부벽 사이 간격폭에 양적으로 의존하는 역류 과정 (backstreaming process)이다.

간격폭은 운전할 때 온도와 pump 내부의 온도 분포에 의존 한다. 간격폭은 약 1mbar의 흡입구 압력에서 최소가 되며, 이는 이 압력에서 압축비가 최대이기 때문이다. 동시에 이와 같은 압력 영역은 rotor가 서로 서로 접촉하거나, housing의 벽과 접촉할 위험성이 최대인 영역이다.

이들은 backing pump들 (sliding vane, rotary piston, trochoid, water ring 및 그밖에 것들)과 결합해서 사용하고 있으며, 중진공 영역으로 작동 범위를 증가 시키고 있으며 ($1 \sim 10^{-3}$ mbar), 2 단계 Roots pump를 사용하므로써 심지어 고진공 영역으로까지 작동 범위를 증가 시키고 있다. Roots pump의 작동 원리는 아주 높은 배기 속도 ($100,000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ 이상)의 설비를 설치할 수 있으며, 이와 같은 이유 때문에 동일한 작동 영역에서 증기 방출(ejector) pump보다 더 경제적이다.

3.2.2 응축기(condenser)

많은 양의 수증기를 배기하는데는 응축기가 가장 경제적인 펌프이다.

대체로, 응축기는 응축기 온도가 수증기의 이슬점보다 충분히 낮고, 그리고 경제적 응축 또는 배기 기능을 보장하는 온도의 물로 냉각 된다. 그러나 냉각을 위해 소금물 및 냉각제 (NH_3 , Freon)와 같은 매질을 또한 사용할 수 있다.

큰 산업 설비에서 수증기를 배기할 때, 증기에 포함되어 있거나 설비에서 누설로부터 발생하는 일정량의 공기를 항상 포함하고 있다. 그러므로 응축기를 기체 ballast pump로써 지지해야만 하며, 그리고 항시 Roots pump처럼 결합해서 운전해야만 한다.

기체 ballast pump는 동시에 많은 양의 수증기를 배기 하는 것이 아니고 관련된 수증기 혼합체의 단지 작은 부분인 공기의 일부분을 배기하는 기능을 가진다.

그러므로 정상 조건에서 응축기와 기체 ballast pump를 결합시킨 상태에서, 저진공 영역에서 일어나는 유량비를 한층 더 상세히 고려하지 않고는 쉽게 평가 할 수 없는 것을 알 수 있다. 단순히 연속 방정식을 적용하는 것은 부적절한데, 이는 더 이상 유량의 근원 또는 sink없는 분야에 관심이 없기 때문이다. 응축기-기체 ballast pump의 결합이 기능을 못하는 실제적인 경우에, 응축기 출구 및 기체 ballast 입구 등의 인자를 고려할 필요가 있다.

3.2.3 Fluid Entrainment Pump

기본적으로 ejector Vacuum pump와 diffusion pump 사이에는 명확한 차이가 있다. Ejector Vacuum pump는 주로 중간 영역의 진공을 만드는데 사용되며, diffusion pump는 고진공 및 초고진공을 만든다. 기름 또는 수은 증기, steam, 또한 물 두가지 형태의 액체 형태로 작동한다.

이와 같은 모든 펌프들의 배기 작용은 기본적으로 동일하다. 배기된 기체 분자들은 용기로부터 펌프 유체흐름으로 옮겨지며, 기체 분자들은 충격에 의해 배기 방향으로 이송한다.

이로 인해 배기된 기체는 더 높은 압력 공간으로 이송된다. 배기 유체 자체는 용기(vessel)에 도달 할 수 없는데, 이는 nozzle를 떠난후 펌프의 냉각된 외유벽에 응축된 증기 또는 steam 상태로 있기 때문이다.

Gaede는 본질적으로 더 높은 압력의 펌프 유

체 흐름을 이용하여 비교적 낮은 압력의 기체를 배기 할 수 있으며, 따라서 낮은 전체 압력 영역의 기체 분자들이 높은 전체 압력 영역으로 이동하는 것을 실현 시킨 최초의 사람이었다.

이와 같이 분명하고도 역설적인 상태는 증기 유출이 완전히 기체와 무관 할 때 발생하며, 따라서 더 높은 기체 부분압의 영역으로부터 기체들이 더 낮은 기체 부분압의 영역으로 확산 될 수 있다.

Langmuir(1915)가 최초의 현대적인 diffusion pump를 만드는데 Gaede의 기본적인 개념을 이용 하였다. 가능한 한 높은 증기 유출 속도를 얻기 위해, Langmuir은 증기 유출이 초음속으로 nozzle로부터 방출 되도록 하였다.

증기 분사로 이루어진 펌프 유체 증기는 pump housing의 냉각된 벽에서 응축되며, 반면에 이송된 기체는 backing pump로 제거되기 전까지 통상 하나 또는 그 이상의 연속적인 단계로 계속해서 압축 된다.

Fluid entrainment pump를 가지고 얻을 수 있는 압축비는 놀라운 것이다.

만일, fluid entrainment pump의 입구 쪽에 10^{-9} mbar의 압력과 10^{-2} mbar의 backing 압력이 있으면, 배기된 기체를 10^7 인자까지 압축하게 된다.

다양한 형태의 fluid entrainment pump들은 pump의 진공면에 접하고 있는 꼭대기 nozzle의 출구에서 pump 유체의 밀도에 의해 구분 된다.

가) Oil Diffusion Pump

이러한 펌프들은 기본적으로 냉각된 벽을 갖고 있는 pump body와 3 또는 4단계 계통으로 구성되어 있다.

펌프 유체로 사용하고 있는 oil은 boiler내에 있으며, 전기 가열에 의해 boiler로부터 증발 된다. 펌프 유체 증기는 굴뚝을 통해 흐르며, ring 모양의 nozzle 로부터 초음속으로 나온다.

이렇게 형성된 분자는 이후부터 우산처럼 펄

쳐져서 펌프 유체의 응축이 일어나는 벽에 도달한다.

액체 응축수는 벽을 따라 아래로 얇은 막으로 흘러서 최종적으로 boiler로 되돌아온다. 분사의 확산 때문에 증기 밀도는 상대적으로 낮다. 공기 또는 배기된 임의 기체들의 분사구로의 확산은 매우 빨라서 높은 분사 속도에도 불구하고 분사구는 배기된 매질과 함께 실제로 완전히 포화된다.

그러므로 확산 펌프는 넓은 압력 범위에 걸쳐 높은 배기 속도를 갖는다. 이와 같은 것은 실제로 확산 펌프의 전 작동 영역에 걸쳐($<10^{-3}$ mbar) 일정한데, 이는 이와 같이 낮은 압력의 공기는 분사에 영향을 미칠 수 없기 때문이며, 따라서 분사 과정은 방해받지 않고 유지된다. 더 높은 입구 압력에서 분사 과정은 변한다. 그 결과, 배기 속도는 약 10^{-1} mbar에서 질 수 없을 만큼 작아질 때까지 감소한다.

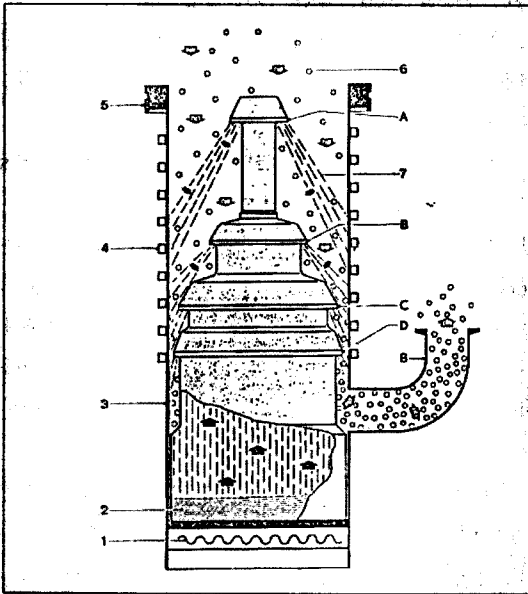


그림 9. Diffusion Pump 작동원리도

나) Mercury Diffusion Pump

진공 기술의 역사에서 수은을 펌프 유체로 사용한 diffusion pump는 이와 같은 형태의 최초의 펌프였다. Gaede, Langmuir와 Valmer가

mercury diffusion pump들을 고안하고 발전시켰다. 최초의 diffusion pump들은 완전히 유리로 만들었다. 그러나 곧바로 금속으로 만들어진 diffusion pump가 일반적으로 통용 되었으며 산업에서 폭넓게 사용하였다.

배기 작동 원리는 근본적으로 oil diffusion과 동일하나, oil diffusion pump용 pump유체와 비교해서 수은의 증기압이 어느 정도 더 높다는 것을 반드시 고려해야 한다. 그러므로 대부분의 경우에 mercury diffusion pump들은 반드시 cold trap을 가지고 운전해야 한다.

압력을 10^{-6} mbar로 내리기 위해서는 dry ice, 미리-냉각시킨 alcohol 또는 freon을 냉각재로 사용할 수 있다. 10^{-7} mbar 및 그 이하 압력 영역을 얻기 위해서는 액체 질소를 냉각재로 사용한다.

금속으로 만들어진 mercury diffusion pump들은 oil diffusion pump의 nozzle 계통과 유사하게 설치한 nozzle 계통을 갖고 있다. 그러나 mercury diffusion pump들은 단지 분류장치와 히터의 2단계 뿐이다.

기체 제거와 분류 배치가 이 펌프에서는 필요치 않은데, 이는 액체 수은이 용기로부터 오염물과 기체를 흡수하지 않으며 어떠한 구성 성분 분해 현상도 나타나지 않기 때문이다. 수은펌프를 가지고 운전할 때 위험한 수은 증기로부터 보호하기 위한 통상적인 경고를 주의 깊게 준수해야 한다. Backing pump의 배출 출구 관은 반드시 출구 도관에 연결하거나 위험으로부터 보호하기 위해 옥외로 연결해야 한다. Aluminium 또는 aluminium 합금으로 만든 구성물의 사용과 더불어, 수은 보호 래커칠(Lacquering)을 권고한다.

다) Oil Vapour Ejector Pump

Vapour ejector stage의 배기 동작을 그림 10을 가지고 설명한다.

펌프 유체가 높은 압력 P_1 하에서 Laval nozzle로 설치한 nozzle로 들어 간다. 펌프 유체는 입구

압력 P_2 로 팽창 된다. 이와 같은 팽창시, energy의 갑작스런 변화와 함께 속도의 증가가 일어난다. 결과적으로 가속된 펌프 유체 증기 분사는 혼합 영역으로 흐르며, 이것은 진공이 진행되고 있는 용기로 연결 된다. 용기로부터 나오는 기체 분자들이 이곳으로 증기 분사와 함께 서서히 끌려 온다.

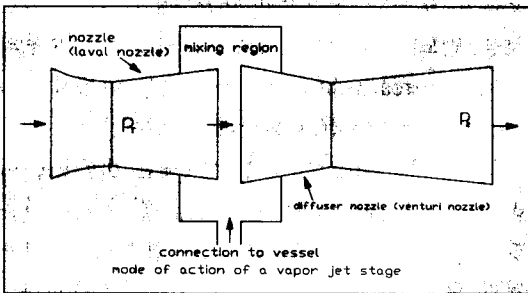


그림 10. Vapour jet stage 모델도

Oil vapour ejector pump들은 1mbar와 10^3 mbar 사이의 압력 영역에서 많은 양의 기체나 증기를 배기 하는데 이상적으로 적합하다. Nozzle 속으로 높은 밀도의 증기를 유출 하므로써 증기 유출 속도로 배기된 기체를 확산하는 것이 diffusion pump에서 보다 훨씬 더 천천히 일어나는 것을 보장해 주며, 그 결과 기체는 증기 유출의 외부 층만을 침투하게 된다.

더욱이, nozzle의 특별한 설치로 인해 확산이 발행하는 표면이 훨씬 작다. 그러므로 vapour ejector pump의 특정 배기 속도는 diffusion pump들의 속도보다 작다. 본질적으로 더 높은 입구 압력하에 있는 분사구 근처의 배기된 기체는 결정적으로 흐름 진로 과정에 영향을 미치기 때문에, 최적 조건은 임의의 입구 압력에서 얻어진다.

라) Mercury Vapour Ejector Pump

배기 운전은 앞장에서 기술한 oil vapour ejector pump들과 동일하다. 그러나, 10^3 mbar 및 그 이하의 입구 압력에서 수은의 높은 증기압 때문에 cold trap을 사용해야만 된다. Mercury

vapour ejector pump의 최대 backing 압력은 매우 높다. 즉 약 10mbar이다. 수은계열의 vapour ejector pump들은 한 개의 확산 단계와 두 개의 방출 단계로 구성 된다.

확산 nozzle로 설치된 위쪽 단계는 배기 속도의 확고한 기반과 낮은 극한 압력을 제공한다. Oil vapour ejector pump로서 설치한 것처럼 forevacuum 단계는 높은 최대 backing 압력을 제공하며, 그결과 중간 진공 범위에서 높은 생산량을 제공한다. Mercury vapour ejector pump들은 10^2 과 10^1 mbar 사이에서 확고한 최대 배기 속도를 갖는다. 그러나 oil vapour ejector pump와는 대조적으로 Mercury vapour ejector pump의 배기 속도가 고진공 영역에서 떨어지지 않는다.

모든 vapour ejector pump들 중에, 수은 계열의 mercury vapour ejector pump들은 가장 높은 특정 배기 용량, 즉 입구 단면적에 관련된 배기된 기체의 가장 높은 생산량을 갖는 펌프이다. 그러나, 냉각 때문에 아주 높은 배기 속도를 위해 수은 pump를 사용 할 수 없다.

마) Pump fluid backstreaming and its suppression

펌프 유체 분자들의 역류가 발생 하는데, 이는 diffusion pump의 맨 꼭대기 nozzle로부터의 증기 유출에서, 펌프 유체 분자들이 냉각된 펌프벽에 유출 방향으로만 움직이지 않으며, 내부 분자들의 충돌로 인해 역방향으로의 속도 성분을 받아서 용기 방향으로 흐를 수 있기 때문이다.

oil 역류량은 각각 입구 단면적 cm^2 에 대해 분당 수 microgram에 달한다. 이러한 역류량을 줄이기 위해, 여러 조치들을 동시에 취해야 된다.

- a) 고진공 쪽 nozzle과 이러한 nozzle을 둘러싸고 있는 pump body 부분의 형태는, nozzle 출구로부터 냉각된 펌프 밖으로의 증기 유출 경로에서 가능한 한 작은 증기 분자들이 옆으로 나타날 수 있도록 설치

되어야만 한다.

- b) 펌프 벽의 냉각은 가능한 한 완전한 pump 유체 증기의 응축이 일어 나고, 응축 후에는 펌프 유체가 쉽게 흘러 갈 수 있도록 선택해야 된다.
- c) 요구되는 궁극적 압력에 따라, 하나 또는 그 이상의 펌프 유체 trap, baffle 또는 cold trap을 펌프와 용기 사이에 설치해야 된다.

바) Water jet pump and steam ejector

빠르게 흐르는 증기를 펌프 유체로 사용하는 펌프들만이 유체 entrainment pump부류에 속하는 것이 아니다. Liquid jet pump들 또한 포함된다. 가장 간단하고 가장 싼 진공 펌프들은 water jet pump들이다. Vapour pump에서와 같이, 먼저 액체 유출이 nozzle로부터 방출되며, 그런 다음 교란으로 인해 혼합실에서 배기된 기체

와 혼합 된다. 최종적으로 물-기체 혼합체의 이동이 Venturi tube로 느리게 일어난다. Water jet pump에 의해 배기된 용기내의 총극한 압력은 물의 증기압에 의해 결정되며, 예를 들어 15°C의 물 온도에서 약 20mbar에 달한다.

Water jet backing 단계는 다른 backing pump 없이 운전할 수 있다. 과압 상태(over pressure)에 있는 증기 유출을 이용하여 진공실을 약 3mbar의 극한 압력으로 배기시킬 수 있다. Steam으로부터의 응축수를 배수관을 통해 배출한다. 이 pump의 water jet 단계는 효율을 증가시키기 위해 물로 냉각 한다.

만일 간단한 water jet pump를 가지고 얻을 수 있는 압력이 불충분하고, 한편으로 rotary pump의 사용이 비경제적이라면, 실험실 증류장치와 유사한 설비의 배기를 위해 특히 steam ejector pump를 권유 하며, 이것은 수 mbar의 압력에서 운전하게 될 것이다.

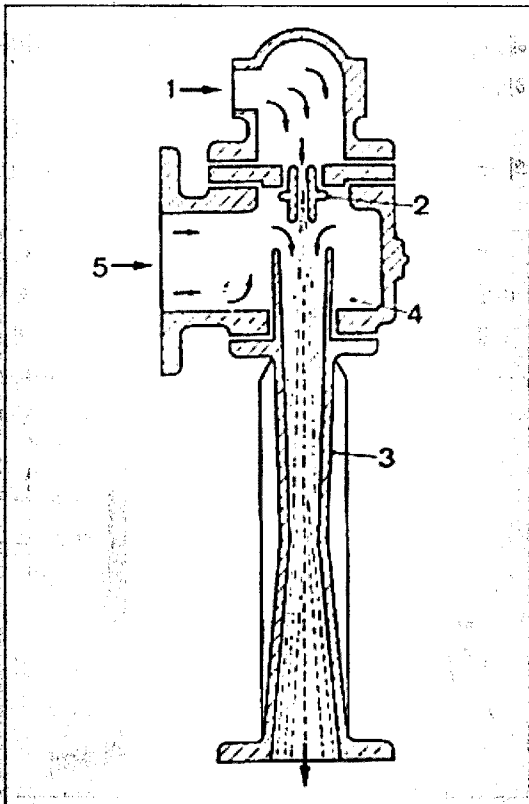


그림 11. Steam-ejector Pump

3.2.4 Turbomolecular Pumps

Molecular pump의 원리는 배기되는 기체 입자들이 빠르게 움직이는 rotor의 표면과 충돌해서, 요구되는 흐름 방향으로 충격을 받는 사실에 의존하고 있다. 통상 disc형태인 Rotor의 표면은 기체가 backing port로 이송되는 공간을 끼어 드는 stator 고정시킨 표면과 함께 구성돼 있다.

최초의 Gaede molecular pump와 이를 개량한 펌프에서는 끼어 드는 공간(transport channel)이 매우 좁았으며, 이와 같은 것은 설치를 어렵게 만들고 기계적인 오염을 상당히 초래 한다.

몇 년 전에 처음으로 turbine 형태의 rotor blade를 이용하여, 기술적으로 실행할 수 있는 펌프로써 소위 turbomolecular pump를 개발 하였다. Stator와 rotor 사이의 공간은 millimetre 크기로 만들었으며, 그래서 더 큰 공차를 얻을 수 있었다. 이로 인해 운전중 상당한 안전성을 달성 했다. 그림 12는 전형적인 turbomolecular pump의 단면도를 보여 주는 것이다.

펌프는 수직으로 설계한 축 방향 흐름 압축기이며, 펌프의 작동 또는 배기 부분은 stator와 rotor로 구성되어 있다. Stator와 rotor는 이들 원주 주위에 turbine blade를 갖고 있으며, 각기 rotor/stator 쌍의 원형 blade열들이 단계로 구성되어 있으며, 그 결과 전체적인 조립은 직렬로 설치한 다수의 단계로 구성 된다.

배기할 기체는 입구 flange 구멍을 통해 직접 도달한다. 즉, 전도상 어떤 손실없이, 큰 고리 모양의 입구 면적을 만들기 위해서 특별히 큰 반경의 날개폭을 가진 blade로 장치한 rotor/stator 조립체에 있는 맨위 blade의 배기 면적에 직접 도달한다.

위 고진공 단계에 의해 포착된 기체는 더 짧은 반경의 날개폭의 blade를 가진 낮은 압력 단계로 이송되며, 여기서 기체는 backing pressure 또는 fore-vacuum pressure로 압축 된다. Turbine rotor를 2개의 정밀 ball bearing에 의해 지지되는 drive shaft에 설치하며, motor housing 내에 설치 한다. Rotor shaft는 rotor내 fore-vacuum 공간에 끼워 넣은 중간 진동수 motor에 의해 직접 구동되며, 보통 아주 낮은 잠음 레벨을 보장하는 고체 진동수 변환기에 의해 동력이 공급되고 자동으로 제어 된다.

특별한 응용, 즉 방사선에 노출되는 지역에서는 motor generator frequency converter를 사용한다. Rotor/stator의 수직적인 배열은 기체 유량의 최적 조건을 제공하며, 심지어 24,000과 30,000rpm 사이의 회전 속도에서도 현저한 성능 수치를 제공한다. 이와 같은 회전 속도에서 진동이 없는 운전을 보장하기 위해 turbine은 조립 동안에 2개의 수준기에서 역학적으로 균형이 유지 된다.

사용환경이 진동 및 탄화 수소가 없어야 한다는 엄격한 요구 조건에서는 mgneto-bearing turbomolecular pump에 의해 충족 된다. 이 펌프에서 turbine motor는 pump 내부에 놓여 있는 전자석에 의해 5가지 자유도 모두로 매달려 있다.

Stator의 꼭대기 끝에 있는 축 bearing은 rotor를 들어서 매달린 상태로 유지 된다. 두 개의 radial bearing은 rotor의 측면 관리와 안정성을 맡는다. 각 bearing은 아주 민감한 다수의 감지기에 의해 따로따로 제어 된다. 자기 지주의 경우에, 어떠한 윤활유도 요구 되지 않는다. 결과적으로 이러한 pump는 탄화 수소와는 완전히 무관하다.

Turbomolecular pump의 배기 속도는 전체 운동 압력 범위에 걸쳐 일정하다.

무거운 탄화 수소 분자들에 대한 높은 압축비로 인해, 냉각된 baffle 또는 trap들의 요구 없이, turbomolecular pump들은 진공실에 직접 연결할 수 있으며, 탄화 수소가 없는 진공을 보장해 준다. Rotary backing pump에 의해 얻은 수소 부분 압력은 아주 낮기 때문에, turbomolecular pump는 10^{-11} mbar 범위를 극한 압력을 얻을 수 있다. 이와 같은 극히 낮은 압력을 생산하기 위해, 물론 초고진공 기술의 일반적인 규칙을 엄격히 준수하는 것이 필요하다.

아주 낮은 압력에서 잔존 기체는 주로 진공실의 금속벽으로부터 생겨나는 H_2 로 구성 된다.

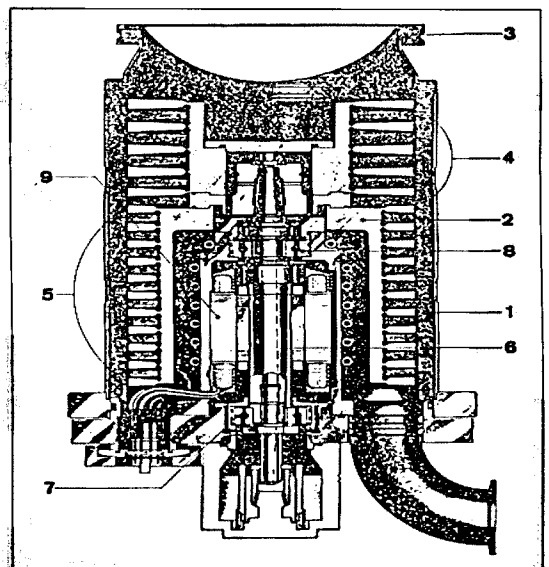


그림 12. Turbomolecular Pump도

이 경우에 사용한 backing pump는 배기 속도가 $30\text{ m}^3/\text{h}$ 의 2단계 rotary vane pump였다. 총 기체량중 H_2 부분은 약 80-90%에 달한다. 더 무거운 분자들은 상당히 감소하여, 질량이 44보다 훨씬 큰 분자들은 검출 되지 않았다.

3.2.5 Sorption Pumps

Sorption 매체에 의해 공간으로부터 기체와 증기를 제거하는 모든 설비들이 Sorption pump의 개념에 포함 된다. 배기된 기체 입자들은 이러한 sorption 매체의 표면에서 또는 내부에서 구속되며, 실제로는, 물리적인 온도 의존 흡착력(소위 말하는 van der Waals 힘)에 기초하여 Chemisorption, adsorption하거나 또는 새로운 sorbing 표면을 연속적으로 형성하는 과정에서 끼워 넣으므로써 이루어진다. 이들의 동작 원리를 비교하므로써, adsorption pump와 getter pump를 구분할 수 있는데, adsorption pump에서는 기체의 sorption이 온도로 조절하는 흡착 과정에 의해 간단히 일어나며 getter pump에서는 기체의 sorption과 구속이 연속적으로 형성되는 새로운 흡착 표면막(getter)위에 생산되는 화합물의 형성에 기인한다.

가) Adsorption Pumps

Adsorption pump은 분자를 거르는 체(molecular sieve) 또는 흡착 물질(즉 활성화된 Al_2O_3)의 표면에서 기체의 물리적 흡착 원리에 따라 작동한다.

나) Sublimation Pumps

Sublimation pump은 getter 물질을 증착해서 getter막으로 냉각 내부 벽에 쌓는 sorption pump이다. 고농도 titanium 합금으로 구성된 저항 가열선으로 증착하는 sublimation pump에서는 Titanium을 getter 물질로 사용한다. Getter 막에 부딪치는 기체 공간으로부터의 입자는 화학적인 흡착(chemisorption)에 의해 구속되며

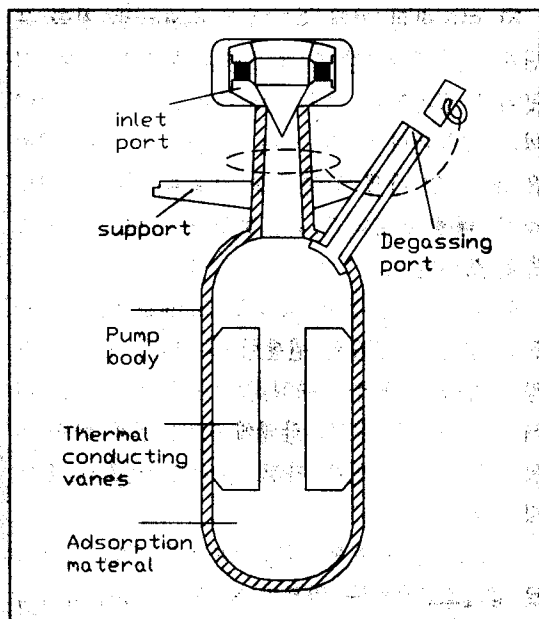


그림 13. Adsorption Pump

얼마 간의 시간후에 titanium과 안정된 화합물을 형성하며, 이것은 측정할 수 없는 낮은 증기압을 갖는다. 활성화된 getter 막이 이어지는 증착에 의해 새롭게 만들어진다.

최적 sorption 용량을 실제로 거의 얻을 수 없을지라도, 활성기체에 대해 출발 과정에서 또는 상당량의 기체를 갑자기 방출할시 신속히 배기할 수 있는 상당히 높은 배기 속도를 갖는다. Sputter-ion pump와 turbomolecular pump에 보조 펌프(boosters)로서 많은 경우에 sublimation pump의 설치가 절대 필요하다.

다) Sputter-ion Pumps

Sputter-ion pump의 배기 기능은 이온화된 기체 입자에 의해 시작되는 sorption과정에 기초를 두고 있다.

a) 차거운 음극 방출 진극 계통의 음극에 이온이 들어와서 음극 물질(titanium)을 sputter 한다. 다른 위치에 쌓이는 titanium은 getter 막으로 작용하며, 질소, 산소, 수소와 같이 반응하는 기체 입자를 흡착 한다.

b) 이온화된 기체 입자들의 energy는 전극 표면에 깊이 들어 갈 수 있을만큼 충분히 크며, 이곳에서 입자들은 이온 주입(ion implantation)에 의해 흡착된다. 이와 같은 형태의 sorption 과정은 회귀 및 윤희성 기체를 포함한 모든 형태의 ion에 대해 유효하다. ion 들을 Penning 기체 방출로 생산한다.

2개의 평행한 음극 사이에 stainless steel로 만든 밀접하게 배치된 원통형 양극들을 조립하며, 양극의 축은 음극에 수직하다. 음극은 양극에 대해 부의 전위(수KV) 상태에 있다. 전체 전극 계통은 강하고, 균일한 자장 선속 밀도 $B \approx 0.1T$ 에서 유지 된다.

기체 방출속의 전자들은 파장에 횡단 방향으로 양극으로 갈 수 없으며, 더욱이 2개의 음극사이 자장 B 내에 갇힌다. 이러한 함정의 결과로, 높은 전자 밀도 집단($n \sim 10^{13}cm^{-3}$)이 각 양극 원통 속에 형성되며, 여기서 중성 기체 입자들을 이온화 시키는 충돌 확률이 아주 높게된다. 아주 낮은 기체 밀도에서조차 ion/전자 쌍의 수는 아주 커서 전자 밀도가 실제로 일정하게 된다. 따라서 기체 방출이 스스로 지속되며(차가운 음극 방출), 뜨거운 음극으로부터 전자의 추가 주입이 필요 없게 된다.

이온들의 질량의 크기 때문에, 이온들은 주어진 크기 정도의 자장에 의해 움직이는데 있어 영향을 받지 않는다. 방출 전류 I는 중성 입자 밀도 n_0 , 전자 밀도 n -와 총 방출 길이 l에 비례 한다.

이온 시키는 충돌에 대한 유효 단면적은 기체의 형태에 의존 한다. 방출 전류 I는 입자 밀도 n_0 의 함수이기 때문에, Penning 계기에서와 같이, 방출 전류 I는 압력을 측정 하는데 사용할 수 있다. 그림에서 보여 주는 바와 같은 전극 계통 배열을 갖는 diode형태 sputter-ion pump에서, getter막이 양극 표면 위에 그리고 마주 향하고 있는 음극의 sputtering 영역 사이에 형성 된다.

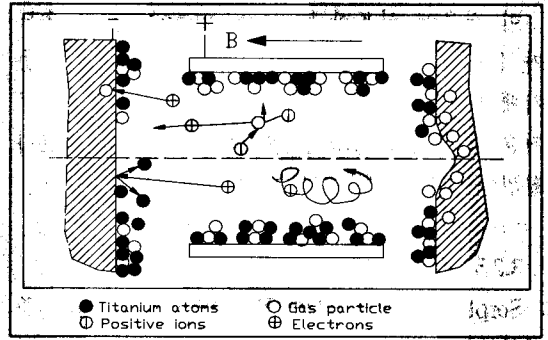


그림 14. Sputter-ion Pump 개략도

이온들이 음극 표면에 묻힌다. 음극 sputtering이 진행됨에 따라, 되묻힌 기체 입자들이 다시 자유로워 진다. 이온 매립 (ion burial)에 의해 단지 배기 할 수 있는 회귀 기체에 대한 배기 기능의 얼마간의 시간후에는 사라진다. Diode형태 pump와는 달리, triode sputter-ion pump들은 격자 모양 또는 그물모양 (latticed or reticulate) 구조의 음극을 갖고 있으며 회귀 기체에 대한 배기 속도에 있어 우수한 안정성을 나타낸다.

3.2.6 CryoPumps

Cryopumps는 온도를 <120K로 냉각시킨 표면으로 구성된 진공 펌프이며, 따라서 기체와 증기들이 냉각된 표면에 응축하거나 또는 만일 냉각된 매질을 사용한다면 흡착된다. 냉각표면은 진공용기 자체일 수도 있다.

액체질소로 냉각시킨 증기 trap은 이미 cryopump로서 작용한다. 만일 훨씬 낮은 비등점의 냉각매질을 사용하면, 예를 들어 액체 helium(비등점 4.2K)으로, 소위영구 기체(즉, O_2 , N_2 , 그리고 H_2)를 응축 또는 흡착에 의해 배기할 수 있다. 고 및 초고진공을 생산하기 위해, 저온 표면은 온도를 20K이하로 냉각해야 된다.

가) Cryopump의 형태

냉각방식에 따라 아래와 같이 구분한다.

a) Liquid-pool cryopumps

- b) Continuous-flow cryopumps
- c) Refrigerator-cooled cryopumps

Liquid-pool cryopump에서 용기의 외부벽을 액체 helium(LHe)으로 냉각한 냉각표면으로 사용한다. LHe의 소비를 줄이기 위해, 액체질소(LN₂)로 냉각한 부전도성 chevron baffle이 잠열복사(보통 약 300K)에 대해 냉각표면을 보호한다. 배기해야할 진공용기에 대해 liquid-pool cryopump의 위치를 정하는 것은 액체 helium으로 채워진 용기를 배열하는 방법에 전적으로 달려 있다.

Continuous-flow cryopump에서, 냉각표면을 외부 helium용기로부터 분리된 pump에 의해 액체 helium이 공급되는 열교환기로 설계한다. 열교환기에 도달하는 helium의 율이 열교환기의 온도를 결정한다. LHe이 열교환기에서 증발하며, 열교환기를 효율적으로 냉각시킨다. 차가운 helium기체가 잠열복사에 대해 냉각 표면을 보호하는 baffle과 복사차폐를 냉각시키기 위해 두 번째 열교환기로 흐른다. continuous-flow cryopump의 경우는 진공용기에 대해 임의적으로 설치할 수 있다. Liquid-pool cryopump의 경우에 필요했던 두 번째 냉각매질(즉 LN₂)의 운전방식을 그림에 나타냈다.

Refrigerator cryopump에서, 냉각은 cryopump에 적절하게 합쳐놓은 2단계 냉동기 냉각 head에 의해 생산된다. 운전을 위해 helium기체를 폐회로 안에서 cold head를 통해 운반하기 위해 압축기가 필요하다. McMahan 원리에 따라 운전하는 냉동기를 압력이 높으면서 구부릴 수 있는 2개의 관을 통해 cold head에 연결한다. Cryopump 내 cold head의 경우는 임의적으로 원하는 위치에서 운전할 수 있다.

각각의 냉동기 pump는 복사차폐체와 baffle을 갖추고 있다. 이러한 2개의 성분은 분리된 회로로 액체질소를 가지고 냉각하는 큰 설비에 있으며, 따라서 cold head는 냉각표면만을 적절하게

냉각시킬 수 있다. 결과적으로 냉동기 동력을 아주 낮게 유지할 수 있다. 냉각표면은 구리 또는 은으로 구성되 있으며, 내부표면은 활성화 된 숯(active charcoal)으로 채워져 있고, 따라서 이렇게 하므로써 cryosorption효과를 낼 수 있다.

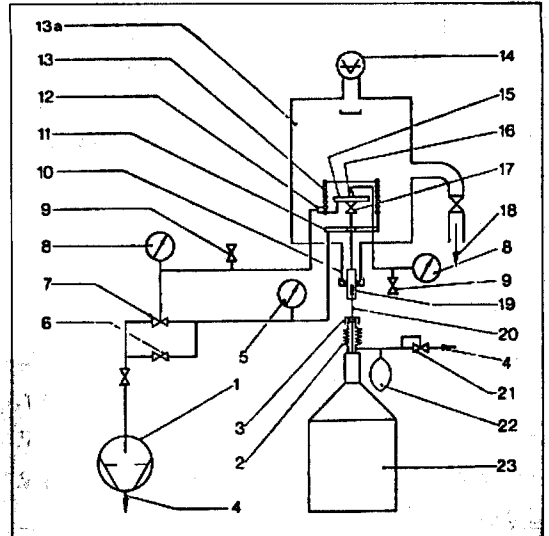


그림 15. Continuous-flow cryopump 원리도

4. 결론

지금까지 진공영역 분류, 진공발생 펌프의 종류 및 특징에 대하여 살펴본 결과 다음과 같이 요약할 수가 있다.

1) 진공영역 분류는 크게 저진공, 중진공, 고진공 및 초고진공으로 나눌수가 있으며, 저진공은 점성유동, 중진공은 knudsen 유동, 고진공 및 초고진공은 분자유동현상이 일어남을 알 수가 있었다.

2) 각 진공영역별로 사용되고 있는 펌프의 종류에 대하여 저진공은 회전식 펌프인 배인 또는 피스톤 펌프를, 중진공에서는 확산 또는 sputter-ion pump가 사용되고, 고진공에서는 turbomolecular와 cryopump 그리고 초고진공에서는 이들의 조합

으로 사용됨을 알 수가 있었다.

3) 산업계, 물리 및 화학반응 과정 등에서 사용되는 진공압력범위에 대해서도 알아 보았는데 (그림 1, 2참조) 이의 이해는 사용자의 편의를 도모할 수가 있겠다.

4) 진공펌프는 크게 압축 또는 기체이송 펌프와 응축 또는 수집펌프 2가지로 분류가 가능하며, 기체이송 펌프는 또다시 positive displacement와 kinetic으로 분류되고 각각의 작동 형상에 따른 세분화가 가능하며 이들 전반적인 내용은 본문에 상세히 기술하였다.

현재 국내실정은 베인펌프 등 중진공이하 펌프 몇기종을 제외하고는 거의 대부분을 고가로 수입하여 사용하고 있으므로 turbomolecular, sputter-ion pump와 같은 고진공펌프에 대한 고성능, 고신뢰성 기술의 국산화개발이 시급하다고 보겠다.

참 고 문 헌

- [1] Varian Vacuum Products 1997/1998 Catalog.
- [2] Leybold Vacuum Component 1999/2000 Catalog.
- [3] Alcatel CIT Vacuum Technology.
- [4] Vacuum Technology ISO Test Procedure.
- [5] Spectra Catalog.
- [6] H. Bode, Corrosino-resistant Root Pump, 6th National symposium on vacuum Technology, Transactions, 1960, pp.268-270.
- [7] W. Espe, Materials of High Vacuum Technology, 3Volumes, 1966.
- [8] F.A. Flecken, Gaede's influence on the development of mechanical vacuum pumps, vacuum B 1963, pp.583-588.
- [9] M. Dunkel, Memories of Wolfgang Gaede on the occasion of he 100th anniversary of his birth, Vacuum 29, 1979, No. 1, pp.3-8.