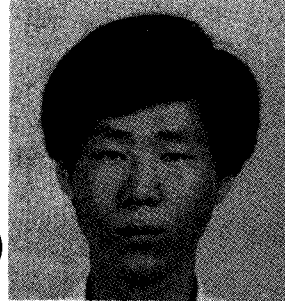


尖端技術 어디까지 왔나

드라이眞空펌프의 開發現況과 展望(完)



徐泰雪
〈KIET 研究員〉

目次

- I. 머리말
- II. 오일프리 스크류형 眞空펌프
- III. 루트형 드라이眞空펌프
- IV. 直齒型 드라이眞空펌프
- V. 스크롤형 드라이眞空펌프
- VI. 非機械式 드라이眞空펌프
- VII. 드라이眞空펌프의 課題
- VIII. 맺는말

〈고딕은 이번號, 명조는 지난號〉

〈前號에서 계속〉

IV. 直齒型 드라이眞空펌프

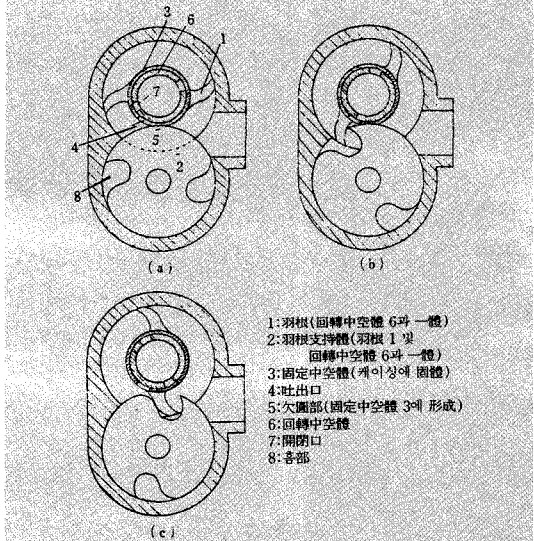
直齒型 드라이眞空펌프는 최근 주목받고 있는 새로운 구조의 眞空펌프인데, 이 펌프의 최대 특징은 2차원 형상의 直線齒型의 로터로 구성되어 있다는 것이다. 이것은 3차원 형상인 스크류형에 비해서 製作이 매우 용이하다.

〈圖 10〉은 최근 日本에 특허출원 중인 直齒型 드라이眞空펌프의 作動原理를 나타낸다. 이 펌프는 암수 한 쌍의 로터와 실린더 사이에 형성된 作動室 內에 氣體를 가두어 로터의 回轉에 따라 容積을 축소시켜 聳 로터의 중심 쪽으로 나 있는 吐出口로 排出시키는 容積型 回轉 펌프이다.

암수 로터간의 微小間隙은 타이밍기어에 의해서 유지되며 同期的으로 高速回轉한다.

이 眞空펌프는 面실(face seal)을 형성하고 있기 때문에 密閉性이 뛰어나서 線실(line seal)에 비하면 누설량이 약 43%밖에 안된다. 따라서 이 펌프는 본질적으로 高眞空용으로 적합하다.

〈圖 10〉 直齒型 드라이眞空펌프의 作動原理



直齒型 眞空펌프의 作動室은 기본적으로 面실로 구성되어 密閉性이 좋은 것으로 되어 있으나 〈圖 10〉의 (b)와 (c)의 경우와 같이 呼出終了時와 壓縮初期에는 각각 作動室의 一部分이 線

실로 구성되는 경우도 발생한다. 그러나 이 기간이 매우 짧기 때문에 到達壓力에 미치는 영향은 작은 편이다.

直齒型 드라이眞空펌프는 密閉性이 매우 우수하여 單段으로도 루트펌프의 二段펌프에 상당하는 眞空度를 얻을 수 있다. 뿐만 아니라 로터의 표면에 樹脂層을 코팅하여 경미한 접촉을 흡수하는 기술을 적용하는 등의 방법으로 作動中の 間隙을 거의 0이 되게 하면 到達眞空度는 비약적으로 높아질 수도 있다.

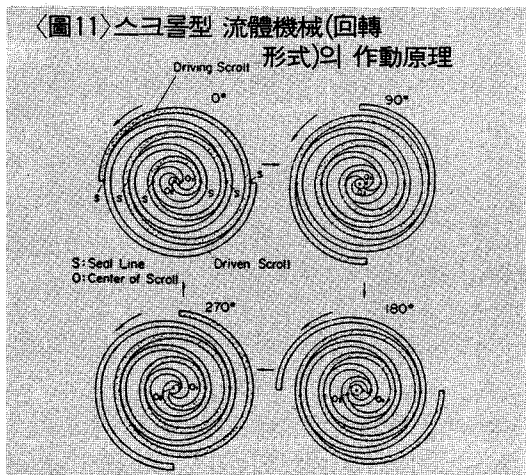
直齒型 眞空펌프를 二段으로 하는 경우에는 로터의 단면형상을 동일하게 하면서 로터의 길이를 변화시키기 좋기 때문에 제작이 쉬우며 루트형 펌프의 四段에 상당하는 眞空度를 얻을 수 있다.

이 펌프는 루트형처럼 大容量의 메커니컬 부스터로 제작할 수도 있어서 루트펌프를 대체할 수 있다.

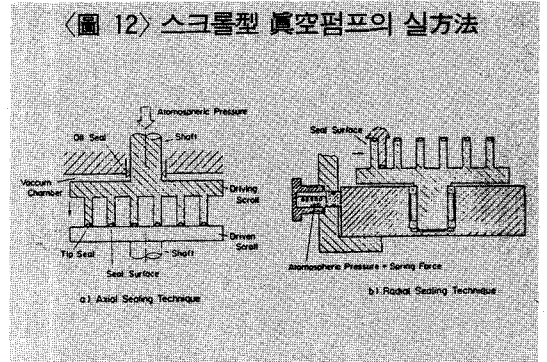
V. 스크롤형 드라이眞空펌프

스크롤형 流體機械의 搖動形式은 이미 冷媒 壓縮機로서 실용화되어 있다. 스크롤형 드라이眞空펌프는 原理적으로 실性(sealing characteristics)이 뛰어난 스크롤형 流體機械의 回轉形式을 이용한 것이다. <圖 11>은 回轉形式의 스크롤형 流體機械의 壓縮作動原理를 나타낸다.

軸方向의 실로는 팁실(tip seal)과 大氣壓에



<圖 11> 스크롤형 流體機械(回轉形式)의 作動原理



<圖 12> 스크롤형 眞空펌프의 실方法

의한 壓力을 이용하였으며, 半徑方向의 실로는 용수철 및 大氣壓을 이용하였다(<圖 12> 참조). 兩 실의 실方向이 회轉 中에도 空間적으로 변화가 없기 때문에 搖動形式의 경우에 비해 실링이 매우 용이하다고 할 수 있다. 특히 半徑方向의 실力(sealing force)은 운전 中에도 조절이 가능하다.

眞空펌프는 高壓縮比가 요구되기 때문에 스크롤 中心部는 제로톱클리어런스(Zero Top-clearance)의 형상을 채택하였으며, 또 回轉軸에 排氣밸브를 설치하였다. 兩 스크롤間의 位相維持를 위해서 스크롤背面部에 慣性력이 작은 올덤커플링(Oldham coupling)을 설치하였다.

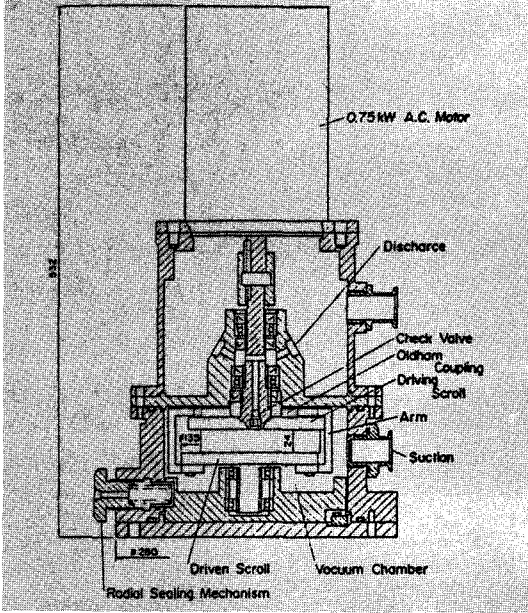
<圖 13>은 스크롤형 眞空펌프의 一例를 나타낸다. 이 펌프는 排氣量 $90.5\text{cm}^3/\text{rev.}$, 스크롤의 감김數 3으로 하였고, 2極 또는 4極의 0.75KW 誘導電動機로 구동된다.

스크롤의 材料는 鑄鐵이고, 올덤커플링은 알루미늄으로 만들었으며, 케이싱은 鐵製材料로 제작하였다.

이 펌프를 1800rpm으로 운전하였을 때의 特性을 <表 2>에 나타내었다. 드라이식 운전의 경우에는 스크롤의 한 쪽 편에 PTFE系의 코팅을 하여 固體潤滑狀態를 유지시켰다. 구름베어링部에는 眞空그리스를 채워넣은 윤활제로 하였다.

특기할만한 사항은 드라이식의 경우 10^{-2}Torr 정도의 到達眞空度를 얻은 것인데, 이것은 종래의 드라이眞空펌프에 비해 $10^3\sim 10^4$ 배나 되는 것이다.

〈圖 13〉 스크롤형 眞空펌프의 構造

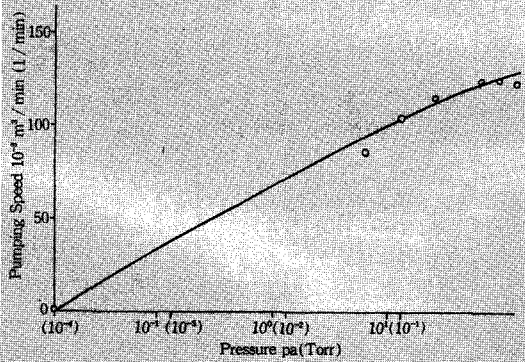


〈表 2〉 到達 眞空空度

구 분	Ultimate Pressure Pa(Torr)
Dry	1.87(0.014)
Oil flooded (no oil return hole)	0.40(0.003)
Oil flooded (with oil return hole)	0.013(0.0001)

기름을 넣었을 경우는 10^{-3} Torr 정도의 到達 眞空空도를 얻을 수 있으며, 油口(oil return hole)를 설치하면 10^{-4} Torr 정도까지 실현할 수 있다.

〈圖 14〉 吸入壓力-排氣速度



〈圖 14〉는 吸入壓力와 排氣速度의 關係를 나타내는 特性曲線이다.

VI. 非機械式 ドライ眞空펌프

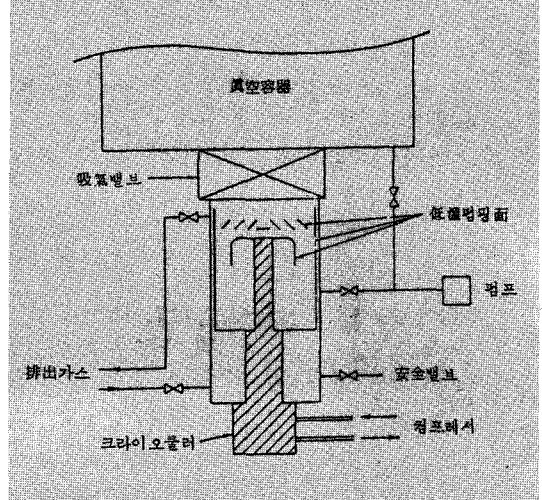
앞에서 다룬 4가지 眞空펌프는 機體를 機械的作用에 의해 壓縮·排氣하는 機械式 ドライ眞空펌프이다. 이 밖에 그 이전부터 사용되어 오던 ドライ眞空펌프가 있다. 그 대표적인 것이 크라이오펌프(cryopump)와 스퍼터이온펌프(sputter ion pump) 및 터보분자펌프(turbo molecular pump) 등이다.

다음에서는 이들 非機械式 眞空펌프의 構造 및 特徵에 대해서 살펴보았다.

1. 크라이오 펌프

크라이오펌프는 極低温의 水準으로 냉각된 面에 氣體分子를 응축시켜 배출시키는 眞空펌프이다. 전형적인 크라이오펌프의 構造를 〈圖 15〉에 나타내었다. 중앙에 있는 低温펌핑面(低

〈圖 15〉 크라이오펌프의 構造



溫板)은 20K의 온도를 유지할 수 있도록 약 70K인 크라이오板用 실드(shield)로 보호되어 있다. 그러나 윗부분에 있는 배플(baffle)型 低温펌핑面은 중앙의 低温板을 高温部의 라디에이션으로부터 완전히 보호하지는 못한다. 이 부분은 50% 이하의 가스分子 透過性을 갖고 있는데 이 수치를 감소시키는 것이 매우 중요

하여 여러가지 設計方式이 제안되고 있다.

네온, 수소, 헬륨 등의 氣體가 低温板에 설치된 吸着部(absorber)에 의해 흡착·배기된다. 吸着材料로는 숯(charcoal)이 가장 많이 사용되는데 그 이유는 비교적 유해하지 않고 튼튼하기 때문이다.

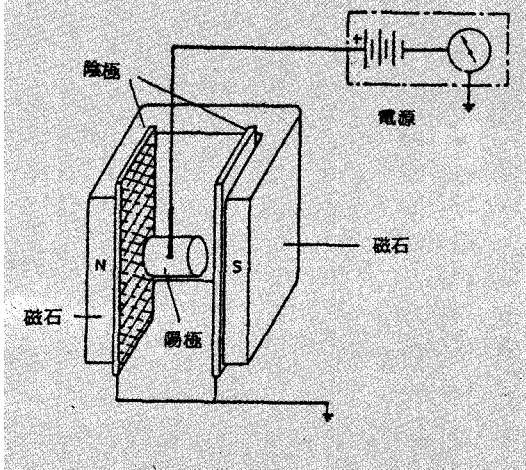
크라이오펌프는 드라이하고 매우 청정한 眞空을 얻을 수 있다. 그 이유는 유일한 作動流體인 冷媒가 眞空空間과 전혀 접촉이 없도록 밀폐되어 있기 때문이다.

또 이 펌프는 초당 수백만 리터에 달하는 펌핑속도를 갖고 있어서 매우 큰 容量의 眞空을 쉽고 효과적으로 만들 수 있다.

2. 스퍼터이온펌프

超高眞空 분야에서 핵심적으로 사용하고 있는 스퍼터이온펌프는 비교적 독특한 원리를 갖고 있다. <圖 16>에 나타난 것처럼 티탄(Titanium)으로 만든 두 개의 마주보는 陰極板과

<圖 16> 스퍼터이온펌프의 基本原理



스테인레스로 만든 원통모양의 陽極 사이에 高電壓을 걸면 電子는 磁場의 영향으로 나선운동을 하면서 兩陰極板 사이를 왕복한다. 이 공간에 들어온 氣體分子는 이 電子들과 충돌하여 이온화되고 電場에 의해서 가속이 붙어서 陰極表面에 박혀 배출된다. 또한 이온충격에 의해 陰極面이 스퍼터되어 活性티탄面이 되기도 하

는데 이 면에 中性子가 化學吸着됨으로써도 배출된다.

스퍼터이온펌프는 機械的 運動部가 없어서 振動이 거의 없다. 또한 기름과 같은 불순물의 침투가 없어 매우 청정한 眞空을 얻을 수 있다.

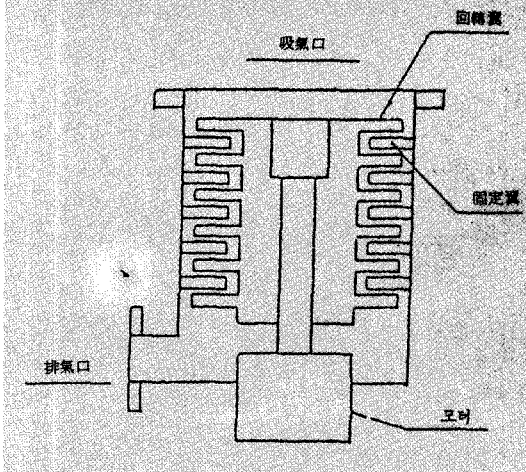
최근 개발된 새로운 형태의 스퍼터이온펌프 중에는 펌프에 非蒸發性 게터스트립(getter strip)을 넣음으로써 특별히 H₂ 분자에 대해서 펌핑스피드를 빠르게 할 뿐만 아니라 眞空度도 높일 수 있게 되었다.

3. 터보분자펌프

운동하고 있는 固體表面에 分子를 입사시키면 그 때의 온도에 해당하는 分子速度와 固體表面의 속도성분이 더해진 속도로 튀어나간다. 이러한 원리를 이용해 氣體를 배기시키는 것이 터보분자펌프이다. 이 펌프는 分子流領域(10⁻⁸~10⁻¹⁰Pa)에서 작동하는 眞空펌프이다.

<圖 17>에 터보분자펌프의 기본구조를 나타내었다. 이 펌프는 여러 段의 回轉翼과 固定翼이 서로 맞물린 구조로 된 터보유니트와 구동장치로 이루어져 있다. 이 펌프의 設計에서 중

<圖 17> 터보분자펌프의 기본구조



요한 것은 로터 및 스테이터의 기하학적 형상이다. 로터는 알루미늄합금 실린더를 가공하여 일정 간격의 디스크를 형성시킴으로써 얻어진다. 이것은 분리가 가능하며 최적의 블레이드

특성을 갖추기 위해서 층구조를 이루고 있다. 층에는 개방형과 증착형이 있는데 前者는 後者보다 펌핑속도를 더 크게 할 수 있으며 後者는 前者보다 더 높은 壓力比를 낼 수 있다.

터보分子펌프는 정상운전을 하기 위해서 1P_a의 背壓을 필요로 한다.

터보分子펌프는 炭化水素 없는 청정한 高眞空이 필요한 곳에 사용된다. 또 시동시간이 짧고 보수관리가 필요없다는 특징도 있다.

Ⅷ. 드라이眞空펌프의 課題

드라이眞空펌프는 技術的으로 아직 개발 초기 단계에 있기 때문에 더 성숙한 발전을 위해서 해결해야 할 문제들이 적지 않다.

첫째로 대두되고 있는 과제는 펌프의 小型化 및 시리즈化이다. 각종 分析裝置나 電子顯微鏡과 같이 小型 챔버를 배기하는데 적합한 小型의 드라이眞空펌프가 절실히 요구되고 있다. 또 半導體製造 過程에서도 개별 형식의 장치나 멀티챔버식의 장치가 많아짐에 따라 보다 작은 드라이眞空펌프가 필요하게 되었다.

펌프를 小型化하는데 따르는 문제점은 加工上의 문제이다. 眞空펌프의 到達性能은 로터와 스테이터 사이의 間隙을 통한 역류가스量에 의해 크게 영향받는데, 펌프를 小型化할 경우 이 間隙을 더 작게 함으로써 가스의 逆流를 감소시켜야 한다. 이 간극은 보통 $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{mm}$ 정도인데 이 간극을 더 작게 하는데 加工上의 어려움이 있다.

한 가지 방법으로 2종류의 드라이펌프를 콤팩트하게 組合하여 하나의 드라이眞空펌프유닛으로 구성하는 것이 나와있다.

그 밖에 요구되는 課題에는 低價格化의 요구와 低騒音 및 低振動의 기대이다. 低價格化의 문제는 앞에서 언급한 小型化와 맞물려 있기 때문에 小型化가 달성되면 함께 얻을 수 있는

것이라고 볼 수 있다. 低騒音 및 低振動을 성취하기 위해서는 로터의 정밀가공 및 베어링 및 驅動裝置의 質을 向上시키는 것이 중요하다.

마지막으로 드라이眞空펌프가 어느 정도의 수준까지 향상된 지금으로서는 排氣系 전체의 구성을 재검토함으로써 보다 청정한 진공을 얻을 수 있을 것이다. 즉 眞空시스템을 제작할 때 각 眞空펌프의 特性을 숙지하여 최적의 시스템을 선택할 필요가 있다.

드라이眞空펌프는 半導體製造 過程을 중심으로 발전하였으나 그 性能, 信賴性 및 價格이 개선됨에 따라 다른 산업분야로 이용이 확대되어 가고 있다. 예를 들면 각종 分析裝置 및 電子顯微鏡 分野, 超高眞空實驗裝置의 연구 개발 相關분야를 비롯하여 食品乾燥, 脫가스, 脫水, 化學·藥品·醫療 등 비교적 낮은 眞空分野에서도 高質의 眞空을 요구하고 있다. 또한 브라운관 및 각종 管球製造分野에서도 오일 프리化에 의한 高品質의 眞空의 필요성이 증대되어 가고 있다. 따라서 새로운 적용분야에 적합한 드라이眞空펌프를 설계하는 기술도 요청되고 있다.

Ⅷ. 結 論

지금까지 最近 대두되고 있는 眞空펌프의 드라이化에 관해서 先進技術을 중심으로 살펴본 것이다. 소위 尖端技術이 발전함에 따라 眞空펌프의 드라이化 및 오일프리化에 대한 요구는 계속 증대될 것이 분명하다. 이에 따라 드라이眞空펌프도 加一層 발전할 것으로 기대된다.

우리나라는 眞空分野에서 크게 낙후되어서 대부분의 眞空裝置를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 向後의 眞空技術의 중요도를 생각한다면 國內의 相關 業界 및 研究界에서도 보다 큰 관심을 기울여 나가야 할 것이다. <♣>

시간안내

소련 총람

북방권연구회 편

규격: A5신·318면 가격: 5,000원

新商標法解説

江口俊夫 著 규격: A5신·352면

鄭完燮 譯 가격: 10,000원

판매: 한국발명특허협회 자료판매센터(전화 (02) 551-5571~2)