

원판형 분자 드래그펌프 다단 회전자에 대한 압력분포 측정

권명근^a · 황영규^{b*}

^a성균관대학교 대학원 기계공학과, 수원 440-746

^b성균관대학교 기계공학부, 수원 440-746

(2008년 6월 3일 받음, 2009년 5월 28일 수정, 2009년 6월 11일 확정)

원판형 분자 드래그펌프 내부의 회전자 위치에 따른 압축 성능과 배기특성에 대하여 실험과 수치 해석적으로 고찰하였다. 실험은 각각의 회전자 위치에 진공압력 게이지들을 부착하여, 펌프의 출구 압력이 0.2 Pa에서 533 Pa 사이일 때, 각 회전자에서의 압력을 측정하였다. 압력측정범위는 출구 압력이 0.2 Pa에서 533 Pa 범위사이에서 측정하였다. 진공펌프 모터의 회전 속도는 24,000 rpm이며, 질소 가스를 사용하여 성능실험을 수행하였다. 본 연구에서는 원판의 단의 수에 따른 원판형 분자 드래그펌프의 성능특성을 파악하고자 하였다. 수치해석을 통해 내부 유동체널에 대한 구체적인 압력 분포를 파악하였으며, 수치 해석의 신뢰도 파악을 위하여 실험 측정값과 수치해석 값을 비교하여 검증하였다.

주제어 : 분자 드래그펌프, 원판형 회전자, 압축비, 배기속도

I. 서 론

반도체 및 LCD(liquid crystal display) 산업 분야에서 웨이퍼(wafer)와 글라스(glass)의 크기가 커져 가고 있는 추세이다. 이들 산업분야에서는 고정정의 진공 공간이 요구되고 있는데, 이를 위하여 대유량이 요구되는 CVD (chemical vapor deposition), 이온 주입(ion implantation), 에칭(etching), 스퍼터링(sputtering)등의 작업공정에 고진공 펌프가 많이 이용되고 있다. 이 고진공 펌프는 세계적인 반도체 웨이퍼 크기의 증대와 국내 반도체 디스플레이 산업의 제조능력 확대에 따라 많은 양의 수요 증가가 발생하고 있는 상황이다. 국내 대유량 터보형 고진공펌프 시장의 경우 모두 수입에 의존하고 있으며 국산화는 이루어지지 않고 있는 상황이다. 아직 터보형 고진공펌프에 있어서는 세계 시장의 상황도 개발단계에 있으며, 현재 국내의 기술수준으로도 충분한 경쟁력이 있다고 판단되므로 본 연구의 의의가 있다고 하겠다.

터보형 분자 드래그펌프(molecular drag pump; MDP)는 고속으로 회전하는 날개에 의하여 기체분자들이 매우 큰 운동량을 전달받아 연속적으로 진공공간으로부터 출구 측으로 압축·배기되게 하는 펌프이다 [1]. 이러한 터보형 MDP는 기존의 배기 시스템에서와 같이 후단펌프가 별도로

필요치 않기 때문에 터보형 MDP는 시스템의 유지보수, 가격, 소음, 배기시간 등 여러 면에서 기존의 배기 시스템과 비교할 수 없는 압도적인 우위성을 가지고 있다. 일반적으로 후단펌프는 누설을 방지하기 위하여 오일을 사용하기 때문에 불가피하게 오일의 교환비용 및 오일의 역류에 의한 진공공간의 오염이 문제점으로 지적되고 있어서, 기존의 오일식 펌프의 대체용으로서 최근 중진공용 무급유식 대유량의 기계식펌프에 대한 필요성이 날로 확대되고 있는 상황에 놓여있다.

터보형 MDP는 크게 Holweck 형태인 원통에 나선형 홈이 있는 헬리컬 드래그펌프(helical-type molecular drag pump; HTDP)와 Siegbahn 형태인 원판에 홈이 있는 원판형 드래그펌프(disk-type molecular drag pump; DTDP)로 구분된다 [2]. 터보 분자 드래그펌프는 대유량에 적합할 뿐만 아니라 약 10^{-7} Pa (10^{-9} Torr) 정도의 고진공으로부터 대기압까지 한 대의 펌프로도 기체를 압축·배기 할 수 있는 성능을 가지고 있다 [2]. HTDP와 한 개의 로터로 구성된 DTDP에 대하여 Hwang과 Heo [3,4]는 이론 및 실험적으로 성능특성을 파악하였으며, 그들은 DSMC (direct simulation Monte Carlo)법을 이용하여 분자원이 영역에서 성능해석을 수치해석 및 실험적으로 수행하였다.

Tu 등 [5]은 터보형 원판형 분자 드래그펌프에 대한 성

* [전자우편] ykhwang@yurim.skku.ac.kr

능을 향상시키기 위하여 기존의 모델과는 달리 회전익과 고정익에 나선 채널을 만들어 이론 및 실험적 연구를 동시에 수행하였다.

Kwon과 Hwang 등 [6]은 원판형 분자 드래그펌프의 회전자의 증가에 따른 배기성능을 실험적으로 연구하였다. 또한, DTDP 내부 회전익과 고정익 사이의 간극이 배기성능에 미치는 영향에 대하여 DSMC법을 이용하여 수치모사하였다 [7,8]. 또한 이들은 세 가지 형상의 터보 분자 드래그펌프 성능을 실험적으로 연구를 하였는데 로터의 형상이 복잡한 복합형 분자 드래그펌프(compound molecular drag pump)로 갈수록 높은 배기압축비와 높은 진공도를 얻을 수 있음을 실험적으로 연구하였다 [9].

본 연구에 사용된 원판형 분자 드래그펌프의 경우 선행 연구 [7,8]에서 얻어진 간극을 사용하여 배기성능을 측정하였다.

본 연구는 회전자(rotor)가 세 개로 구성되어 있는 DTDP의 배기성능을 실험적으로 연구하였는데, 회전자 위치에서의 진공압력을 측정하였다. 각각 세 개 회전자에서의 압력 측정을 통하여 실제 DTDP 유로구조에서의 압력특성들을 살펴보고자 하였다. 펌프의 성능실험은 펌프 출구 압력(P_6) 변화에 따른 펌프 케이싱 벽면 주위로 부착한 다섯 군데 위치에서의 압력 ($P_1 \sim P_5$) 변화를 측정하여 펌프 내부의 압력변화를 파악하고자 하였다. 압력측정범위는 펌프 입구 부분에 일정 유량 변화 조건을 주며, 펌프 출구 압력 P_6 는 0.2~533 Pa 범위로 변화시키면서 각각 $P_1 \sim P_5$ 값들의 변화를 측정하였다.

또한, 3단으로 구성된 각 로터 채널 내부의 유동에 대한 시뮬레이션을 통하여 측정 압력 지점에서 압력값과 실험에 의한 측정값을 비교하여 펌프 내부의 압력분포 특성을 파악하고자 하였다. 이에 대한 압력분포 파악을 위해서는 수치해석을 통한 내부 채널의 유동장의 압력 분포를 분석했으며, 실험 측정값과 수치해석 값을 비교하여 수치해석 모사의 타당성을 검증하였다.

II. 실험 방법 및 실험 장치

1. 실험 장치

테스트펌프 입구부와 출구부에는 각각 피라니 게이지를

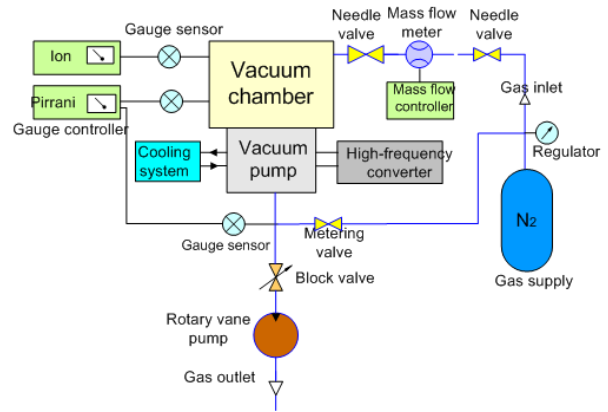


Figure 1. The layout of the experimental apparatus.

설치하였으며, 펌프 입구측(챔버)의 압력이 고진공인 경우에는 전리진공계(ionization gauge)를 이용하여 압력을 측정하였다.

후단 펌프로는 970l/min의 성능을 갖는 우성진공(주)의 2단 로터리펌프(rotary vane pump)를 사용하였다. 그리고, P_6 의 조절을 위하여 테스트 펌프의 출구부에 Fig. 1에서 보는 것과 같이 미터링 밸브(metering valve)를 이용하여 P_6 값을 조절하였으며, 펌프의 주요 성능 지표인 배기 속도(pumping speed)를 측정하여 테스트 펌프의 성능 기초 자료를 확보하였다. 그리고, 성능 시험중 테스트 펌프의 안정적인 작동을 상태를 유지하기 위해서 수냉식 냉각 방법을 채택하였다.

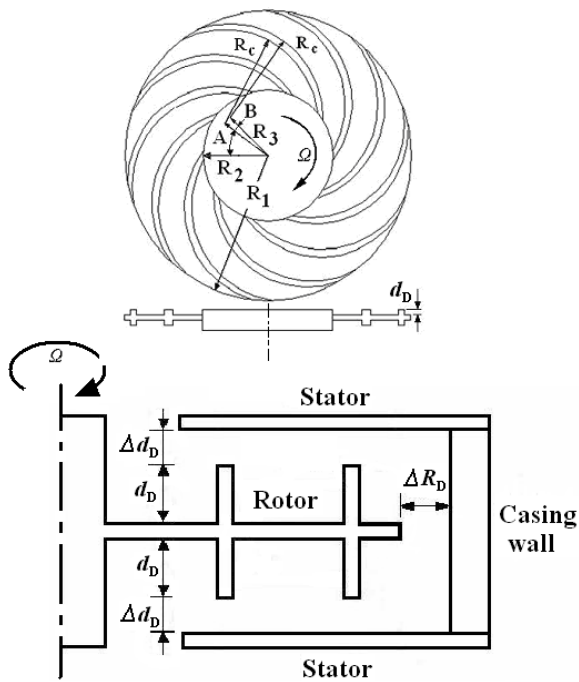
실험에 사용된 DTDP의 사진을 Fig. 2(a)에 나타내었다. 분자 드래그펌프에 사용된 로터의 기하학적 구조를 Fig.

Table 1. Dimensions of DTDP rotors.

Geometry parameters	Symbols	Dimensions
outer radius	R_1	86 mm
inner radius	R_2	39 mm
depth of channel (first stage)	d_b	5 mm
depth of channel (second & third stage)		3 mm
vertical clearance between rotor and stator	Δd_b	0.5 mm
radial clearance between rotor and casing wall	ΔR_D	1 mm
angle of channel inlet	A	36°
angle of channel wall	B	8°
radius of channel	R_C	56 mm
radius of channel center	R_3	32 mm
length of channel	L_D	218 mm
number of grooves	M_D	10



(a)



(b)

Figure 2. (a) DTDP, (b) geometry of DTDP.

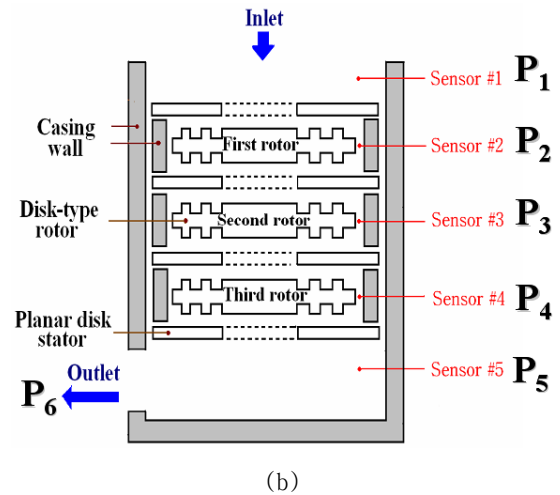
2(b)에 보여주고 있으며, 상세한 기하학적 제원은 Tables 1에 나타내었다.

2. 실험 방법

테스트 펌프는 $P_6 \geq 1000$ Pa 되면 열의 발생이 매우 커지게 되는 것을 관찰하였으며, 본 연구에서는 $0.2 \leq P_6 \leq 533$ Pa의 범위로 제한하여 실험을 수행하였다. 실험은 먼저 후단 펌프를 가동시켜 테스트 펌프내부의 압력이 테스트 펌프가 작동할 수 있는 조건이 되도록 충분히 배기를 한다. 작동요구조건에 맞는 1 Pa이하의 진공도가 유지되면



(a)



(b)

Figure 3. Test pump: (a) photo of DTDP, (b) cross-section of DTDP.

테스트펌프 및 펌프에 부착된 냉각시스템을 가동시킨다. 시스템이 정상적인 온도($20 \pm 1^\circ\text{C}$)와 작동압력에 도달하면 테스트 기체(N_2)를 주입하여 작동기체에 따른 진공펌프의 성능시험을 수행하였다.

본 연구에서 유입기체의 유량조절은 유량계(MFC, Aera co.)와 니들 밸브(Needle valve)를 이용하여 제어하였다. 요구하는 압력에 도달하였을 경우 P_6 변화에 따른 $P_1 \sim P_5$ 변화 등을 측정하여 원하는 실험결과를 얻을 수 있었고, 최종적으로 배기속도를 측정하여 펌프의 성능을 종합적으로 파악하였다.

III. 수치해석

1. 수치해석 유동장 모델

수치해석은 각 회전자가 10개의 동일한 나선형 유로 구조를 가지고 있기 때문에 한 개의 유로에 대하여 수치해석을 수행하였다. Fig. 4에는 원판형 회전자 3개가 3단으로 구성되었을 때 한 개의 유로 채널에 대한 형상을 나타낸 것이다. 구조는 크게 각 회전자의 상하부 유로와 회전자 안쪽의 반경방향 간극(radial clearance) 및 회전자 바깥쪽 간극으로 구성되어 있다.

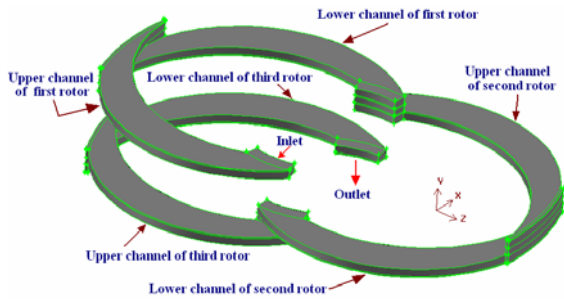


Figure 4. One channel of three-stage 3D model for disk-type molecular drag pump.

2. 수치해석 방법

DTDP 회전자 유동장 내부에 대하여 수치 해석은 CFD code (Fluent ver. 6.21)을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

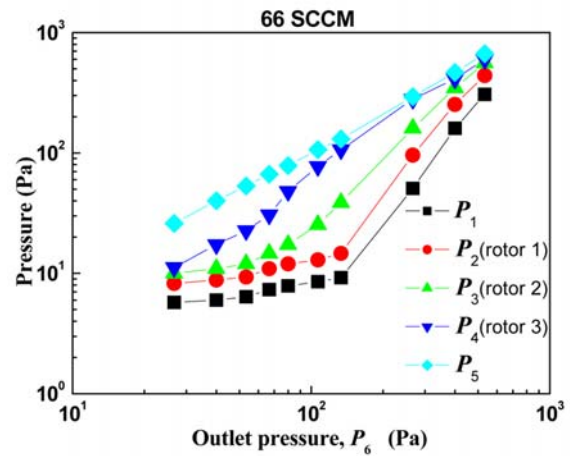
경계조건은 일정한 출구압력 조건을 주었으며, 유동채널 입구에서는 일정 유량을 주었을 때 수치계산을 수행하였다.

압력이 낮은 중고진공 영역의 경우 분자유동은 연속체로 볼 수 없기 때문에 Euler 방정식이나 Navier-Stokes 방정식의 적용은 어렵지만, 대기압보다 조금 낮은 저진공 영역에서는 분자 유동자의 일부를 벽면에서 부분적으로 미끄럼 (slip) 조건을 주어 수치해석을 수행하면 적절한 수치모사가 이루어질 수 있다.

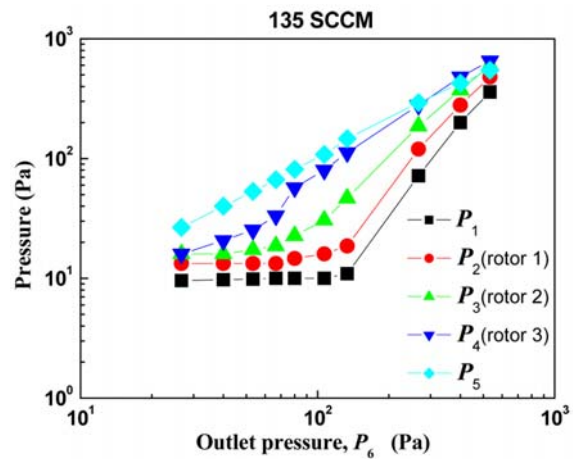
IV. 결과 및 고찰

1. 질량유량에 대한 배기성능 실험결과

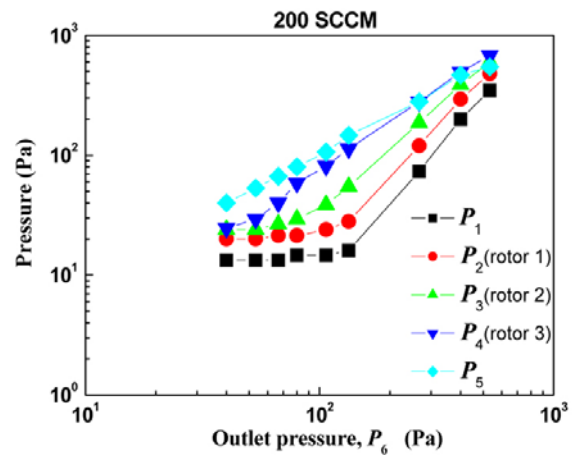
본 연구는 회전자(rotor)가 세 개로 구성되어 있는 원판



(a)



(b)



(c)

Figure 5. Vacuum pressure ($P_1 \sim P_5$) vs. outlet pressure P_6 for $66 \leq Q \leq 200$: (a) $Q = 66$ sccm, (b) $Q = 135$ sccm, and (c) $Q = 200$ sccm.

형 분자 드래그펌프(DTDP)에 대하여 배기성능을 실험적으로 연구하였는데, 회전자 각각의 위치에서 진공압력을 측정하였다.

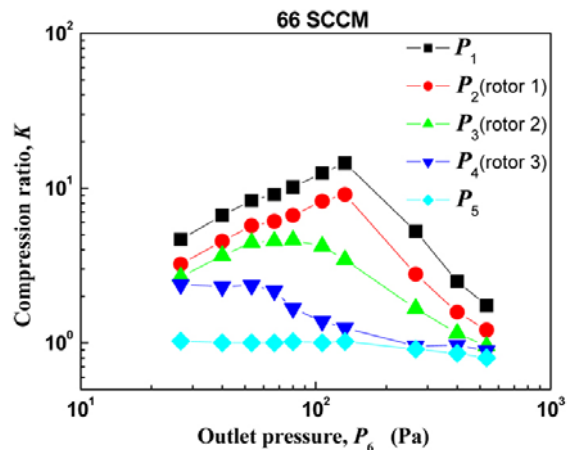
실험 결과는 Fig. 3(b)에서 처럼 각각의 회전자 주변에 부착된 진공압력 게이지가 측정한 값이다. $P_1 \sim P_5$ 각각에 대하여 압력값을 측정한 것이며, 이 센서들 중 번호가 2번인 센서는 상단 회전자의 압력 P_2 값을 측정한 것이며, 번호가 3번인 센서는 세 개의 회전자 중 가운데 위치에 있는 회전자의 압력 P_3 값을 측정한 것이다. 그리고 번호가 4번인 센서 압력 P_4 값은 세 개의 회전자중 가장 밑에 위치한 회전자주위의 압력 값을 나타내게 된다.

66, 135 및 200 sccm의 질소 기체를 펌프 입구로 유입시켰을 때 주었을 때 펌프 출구압력 값 P_6 변화에 대한 $P_1 \sim P_5$ 위치의 압력 값들의 변화를 측정한 실험결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5는 유량 증가에 따른 압력 변화를 나타낸 것으로 (a), (b)보다 (c)가 $P_1 \sim P_5$ 의 영역에서 높은 압력을 나타내고 있다. 출구압력 변화가 $133 \leq P_6 \leq 533$ Pa에서 P_3, P_4 그리고 P_5 값들은 높은 압력구배를 가지고 변화하고 있지만, P_1 과 P_2 값은 적은 압력구배를 나타내고 있다. 이것은 펌프 출구부에 가까워짐에 따라 펌프출구로 배출되던 많은 수의 기체 분자가 모여 압력이 증가하여 출구 반대방향으로 기체분자들이 역류하는 현상에 의한 것으로 판단되어 진다.

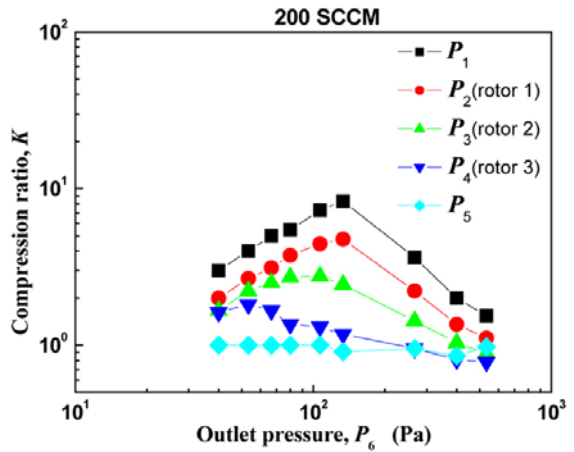
66, 135 그리고 200 sccm의 질소 기체를 펌프 입구로 유입시켜 주었을 때 펌프출구 압력 값 P_6 변화에 대한 $P_1 \sim P_5$ 위치에서 압축비의 변화를 측정한 실험결과를 Fig. 6에 나타내었다. 각 회전자에서의 유량 변화에 대한 압축비 변화를 살펴보면, 유량이 $Q=66$ sccm에서 200 sccm으로 증가 할수록 압축비는 작아지고 있다. 압축비 변화에 대한 패턴들은 Fig. 6(a), (b) 그리고 (c) 모두 비슷한 경향들을 보여주고 있다. 유량의 영향으로 세 개 회전자 부근에서 대부분 20이하의 압축 성능을 보이고 있다. Fig. 6(b)와 (c)에서 $P_6 = 133$ Pa 일 때 P_2 와 P_3 의 압축비가 약 두 배씩 높아지는 규칙성을 볼 수 있다. 이것은 회전자 단의 수 변화에 따른 압축성능이 일정하게 변화하는 것을 의미하는 것이다.

2. 배기속도 변화 실험결과

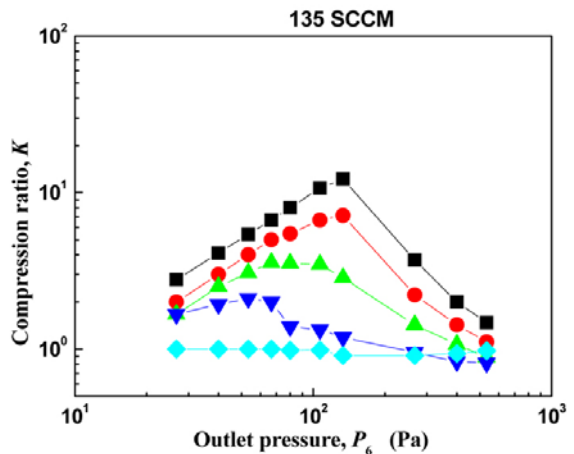
Fig. 7은 펌프입구 유량이 변할 때 세 개의 회전자 위치



(a)



(b)



(c)

Figure 6. Compression ratio vs. outlet pressure P_6 for $66 \leq Q \leq 200$: (a) $Q=66$ sccm, (b) $Q=135$ sccm, and (c) $Q=200$ sccm.

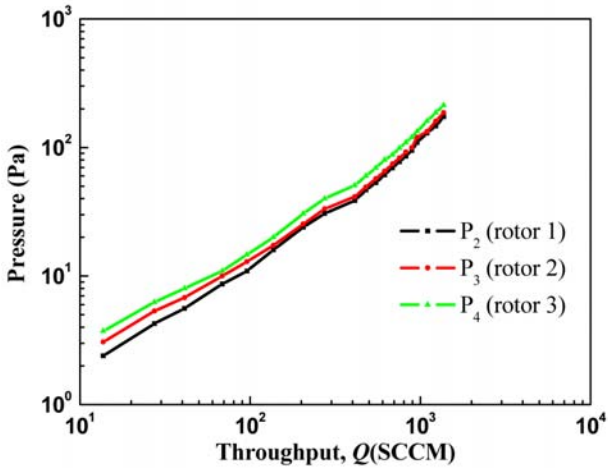


Figure 7. Throughput Q vs. vacuum pressure ($P_2 \sim P_4$).

에서의 압력값을 보여 주고 있다. 전 실험 영역에 걸쳐서 가장 위쪽의 회전자가 가장 낮은 압력을 나타내었고, 두 번째, 세 번째 회전자 순서대로 높은 압력을 나타내었다. $Q > 500$ sccm 일 때 두 번째와 세 번째 회전자의 압력은 거의 같은 값을 보인다.

첫 번째 회전자는 나머지 두 개의 회전자 보다 낮은 압력 값을 나타내고 있는데, 이것은 첫 번째 회전자 부근에 있던 분자 기체들이 두 번째, 세 번째 회전자로 배기되었다는 것을 나타내어주는 것이다. 급격히 변하는 유로에 의하여 두 번째 세 번째 회전자 부근에서는 분자기체들이 다 배기되지 않고 정체 되어져 있는 것이다.

배기유량이 $Q < 100$ sccm 일 때는 세 가지 회전자 각각의 위치에 따른 압력값이 확연한 차이를 나타내며, 압력이 높다는 것은 유량에서 그만큼 배기 성능이 저하된다는

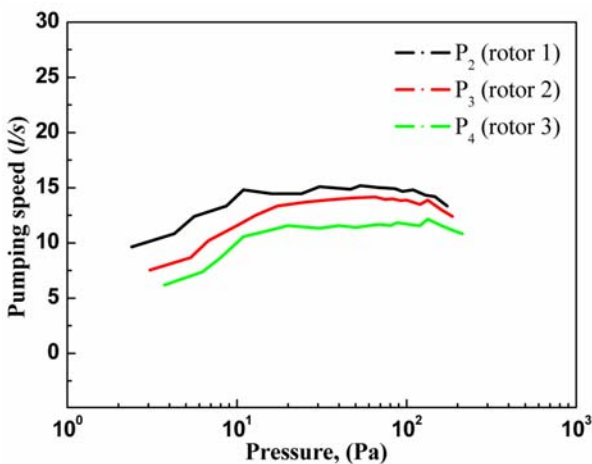


Figure 8. Pumping speed S_p vs. Inlet pressure P_1 .

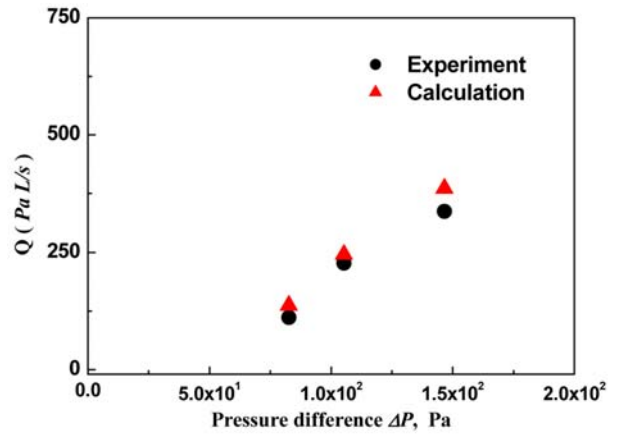


Figure 9. Comparison of the numerical results with the experimental data at the outlet pressure of 533 Pa.

것을 의미 한다.

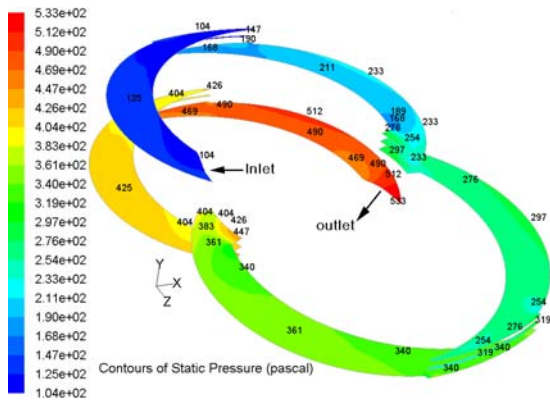
세 개의 회전자 위치에서 배기속도(pumping speed, $S_p = Q/P$)를 Fig. 8에 나타내었다. 상단 첫 번째 회전자에서 가장 높은 배기속도를 나타내고 있으며, 3번 회전자에서 가장 낮은 배기속도를 나타내고 있다. 이것은 앞서 언급한 Fig. 7의 결과와 비슷한 경우이다.

3. 수치해석 결과

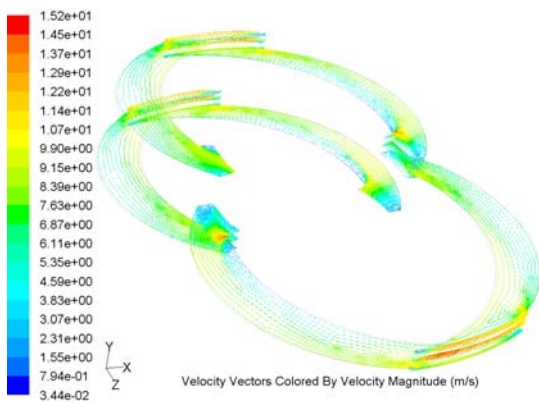
$Q = 200$ sccm의 질소 기체가 펌프 입구로 유입되고 있을 때 출구압력과 입구 압력의 차(difference pressure, $\Delta P = P_6 - P_1$)와 이때 배기유량에 대한 실험결과 및 수치해석결과에 대한 비교를 Fig. 9에 나타내었다. 압력차가 커짐에 따라 배기유량도 커지고 있으며, 실험결과와 수치해석 결과가 서로 같은 경향을 나타내고 있다.

원판형 분자 드래그펌프에 대한 실험적 연구에서 도출된 결과로부터 실제 펌프내부의 유동장 내에서 어떤 물리적인 현상들이 있는지 규명하기 위하여 전체 유동장에 대한 수치해석을 수행하게 되었으며, 이 수치해석 결과로부터 원판형 분자 드래그펌프 내부 유동장 내에 대한 압력분포와 속도 벡터를 얻을 수 있었다. 반경방향 간극과 수직 간극은 실험결과와 비교를 위하여 $\Delta R_D = 1.0$ mm, $\Delta d_D = 0.5$ mm 로 고정하여 수치해석을 수행하였다.

출구압력이 $P = 533$ Pa 일 때 전체 유동장내 압력분포를 Fig. 10(a)에 나타내었다. 채널의 출구부와 입구부의 압축비는 5정도로 나타나고 있다. 세 개의 회전자 채널들 중에



(a)



(b)

Figure 10. flow fields for three-stage disk-type molecular drag pump at $\Delta R_D = 1.0$ mm ($\Delta d_D = 0.5$ mm, and $P_{outlet} = 533$ Pa, PRES unit : Pa) : (a) pressure contour and (b) velocity vector.

맨 위에 있는 첫 번째 회전자의 채널내부 압력분포가 전체 채널 중 가장 낮은 압력을 보여주고 있으며, 반경방향 간극 부분(ΔR_D)에서는 유로가 급격히 바뀌는 지점이라 압력 분포가 다른 곳에 비하여 더 밀집 분포하는 모습을 보여 주고 있다. 이것은 간극 부분의 간극 $\Delta R_D = 1.0$ mm이어서 출구로 배출되던 기체분자들이 이 부근에서 유로의 급격한 변화로 인하여 정체하거나 역류하기 때문인 것으로 판단되어진다. 특히 두 번째 회전자와 세 번째 회전자가 만나는 간극부분에서 그 밀집도가 가장 높게 나타나고 있으며, 높은 압력 값의 분포를 하고 있다.

기체분자들의 속도벡터를 Fig. 10(b)에 나타내었다. 입구부에서 유입되어 출구부로 빠른 속도를 가지고 분자기체들이 배출되고 있다. 앞서 언급했던 반경방향 간극부분에서는 많은 속도 벡터들이 밀집되어 있다. 이 현상이 앞서 언급한 기체분자들의 역류와 정체에 의한 것임을 확인 시

켜주는 수치해석결과이다. 유입된 기체들을 빠른 속도로 신속하게 배출하기 위해서는 분자 기체들에 대한 운동 진행을 방해하지 않아야 하며, 유로진행 방향이 90도의 급격한 변화가 없도록 세심한 유로설계가 이루어져야 될 것으로 판단되어진다.

V. 결 론

원판형 분자 드래그 펌프 내부 세 개의 원판형 회전자 (rotor)의 각각 위치에서 압력 측정과 내부 3단 채널에서의 펌핑 유로(pumping channel)에 대한 수치해석에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 원판형 분자 드래그 펌프 내부 각각의 회전자 위치에서 측정된 압력값에 따르면 세 개의 회전자중 맨 위의 첫 번째 회전자와 두 번째 회전자에서 대부분의 압축배기 성능이 다 이루어지고 있었고, 맨 아래에 있는 세 번째 회전자 부근에서는 펌프 입구로부터 배기 되었던 분자 기체들의 역류와 정체 현상으로 나머지 첫 번째, 두 번째 회전자들에서 보다 높은 압력을 나타내었다.
- (2) 배기속도는 회전자 단의 수가 증가할수록 일정한 배수로 증가하는 형태를 취하였다. 이것은 회전자 개수에 따른 전체 배기 성능을 예측 할 수 있음을 의미하며, 회전자 수 증감에 따른 전체 배기성능의 예측을 할 수 있는 자료로 활용 할 수 있을 것이다.
- (3) 전체 채널내부에 대한 시뮬레이션에서는 실험결과와 같이 첫 번째 회전자의 채널 내부 압력이 가장 낮게 분포하였으며, 세 번째 회전자에서 가장 높은 압력 분포를 나타내었다. 각각의 회전자 위치에서 측정된 실험결과와 비교하면, 회전자 위치에 따라 비슷한 경향의 압력 구배 형태가 확인되었다. 속도 벡터의 경우 회전자가 서로 연결되는 지점인 반경방향 간극 (radial clearance)부근과 한 개 회전자의 위 아랫면 채널구조가 급격히 변화하는 반경방향 간극지점에서 펌핑 유로의 급격한 변화로 많은 수의 분자 기체들이 정체되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 저진공 영역이고 입구와 출구사이의 압축비가 5정도의 낮은 압축비를 나타내는 유동조건이 이루어지는 유동영역에서는 부분적으로 미끄럼(slip) 경계조건을 사용하여

수치해석을 수행하여 실험결과와 비슷한 경향의 유동 현상을 관찰할 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 2008, 2009년도 두뇌한국21(BK21)사업 핵심 분야 사업비와 한국학술진흥재단의 2005년 지역대학우수과학자(R02-2000-00311) 연구비에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Hablanian M. H, In Vacuum Science and Technology: Pioneers of 20th Century, edited by P. A. Redhead (AIP, New York), pp. 126~132 (1994).
- [2] Hablanian M. H, High Vacuum Technology (A Practical Guide), Marcel dekker, Inc (1990).
- [3] Heo J. S and Hwang Y. K, "Molecular Transition and Slip Flows in the Pumping Channels of Drag Pumps", J. Vac. Sci. Technol. A, Vol. **18**, No. **3**, pp. 1025~1034 (2000).
- [4] Heo J. S and Hwang Y. K, "Spiral Channel Flows in a Disk-type Drag Pump", J. Vac. Sci. Technol. A, Vol. **19**, No. **2**, pp. 656~661 (2001).
- [5] Tu J. Y, Zhu Y, and Wang X. Z, "A New Design for the Disk-Type Molecular Pump", J. Vac. Sci. Technol. A, Vol. **8**, No. **5**, pp. 3870~3873 (1990).
- [6] Kwon M. K, Heo J. S, and Hwang Y. K, "An Experimental Study on the Pumping Performance of the Multi-stage Disk-type Drag Pump", Journal of the Korean Vacuum Society, Vol. **12**, No. **2**, pp. 79~85 (2003).
- [7] Kwon M. K and Hwang Y. K, "A study on the pumping performance of the disk-type drag pumps for spiral channel in rarefied gas flow", Vacuum, Vol. **76**, pp. 63~71 (2004).
- [8] Kwon M. K and Hwang Y. K, "Effect of Vertical Clearance Between a Rotor and Stator of a Disk-type Drag Pump on the Performance", Journal of KSME B, Vol. **28**, No. **12**, pp. 1501~1510 (2004).
- [9] Kwon M. K and Hwang Y. K, "An Experimental Study on the Pumping Performance of Molecular Drag Pumps", Journal Mechanical Science and Technology (KSME Int. J.), Vol. **20**, No. **9**, pp. 1483~1491 (2006).

The Measurement of Vacuum Pressure for the Multi-Stage Rotors of Disk-Type Molecular Drag Pump

Myoung Keun Kwon^a and Young Kyu Hwang^{b*}

^a*School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746*

^b*Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746*

(Received June 3, 2008, Revised May 28, 2009, Accepted June 11, 2009)

In this study is performed to investigate the pumping characteristics of three-stage disk-type molecular drag pump (DTDP). The experiments are measured using five vacuum pressure gauges in the positions for rotors of DTDP. The experimented DTDP is consisted of three rotors and four stator. In the DTDP, spiral channels of three rotors are cut on the both upper surface and lower surface of a rotating disk, and corresponding stator is a planar disk. The experiments are performed in the outlet pressure range of 0.2~533 Pa. The pressure of each rotors are measured under the various condition of outlet pressure and throughputs, and nitrogen gas is used for test gas. In the numerical study, the pumping characteristics of each rotor are studied for the variation of throughputs in the all rotating channel. Pressure contour and velocity are obtained by the numerical simulation.

Keywords : Molecular drag pump, Disk-type rotor, Compression ratio, Pumping speed

* [E-mail] ykhwang@yurim.skku.ac.kr