

# 기체부하에 대한 크라이오 펌프의 성능 평가 방안

인상렬\* · 정승호

한국원자력연구원 핵융합공학기술개발부, 대전 305-353

(2010년 2월 25일 받음, 2010년 4월 14일 수정, 2010년 4월 16일 확정)

크라이오 펌프는 크기에 비해 상대적으로 높은 배기속도를 나타내어 경제적이지만 흡착 패널의 온도에 민감하게 반응하는 배기 성능 측면에서 볼 때 대유량 및 펄스 기체 부하에 대한 성능 유지 및 회복능력은 의문의 여지가 있다. 크라이오 펌프의 기체부하에 대한 공식적인 성능지표로는 최대배기량(max. throughput)과 교차(crossover)값이 있고 공식적인 것은 아니지만 펌프 회사에서 제공하는 사양에는 대부분 아르곤 회복시간(Ar recovery time)이라는 지표가 들어 있으며 사양서에 제시하지는 않지만 걸프(gulp) 시험도 통상 시행한다. 이들은 걸보기에 서로 다르지만 한편으로는 서로 중복되거나 연관성을 가지고 있다. 따라서 실용적인 면에서 절차들을 비교, 검토 및 개선하고 때에 따라서는 적절히 결합할 수 있는 방안에 대해 모색하려고 한다.

주제어 : 크라이오 펌프, 기체 부하, 성능 시험, 교차값, 아르곤 회복시간

## I. 서 론

크라이오 펌프는 극저온 금속면과 활성탄 흡착면의 1에 가까운 높은 흡착계수에 기인한 큰 배기확률을 가지고 있어서 흡기구면적당 배기속도가 가장 높은 펌프라고 할 수 있다. 더군다나 배출형이 아니라 흡장형 펌프이기 때문에 진공용기 내부에 설치하는 내장형 펌프로 만들 경우 수소 기준 흡착면적 당 단위 배기속도를 100,000 L/s · m<sup>2</sup>까지도 쉽게 얻을 수 있어서 어떤 펌프와도 비교할 수 없는 대용량 펌프 제작이 가능하다 [1,2]. 원인은 제 각각이라도 초고진공 펌프들이 공통적으로 가지는 특성중 하나는 높은 압력(또는 대유량)에서 배기속도가 현저히 떨어진다는 것이다. 특별히 크라이오 펌프는 흡장형 펌프이고 극저온에서 작동되는 펌프라는 이유에서 가동상 제약점이 있다. 즉 배기 기체의 유량이 높아지면 응축 얼음두께의 증가 및 기체 흡착열로 인한 표면온도 상승과 활성탄 흡착표면의 국부적인 포화 때문에 응축 및 흡착계수가 낮아지고 이는 바로 배기속도의 감소로 나타난다.

크라이오 펌프의 기체부하에 대한 공식적인 성능지표로는 최대배기량(maximum throughput)과 교차(crossover)값이 있다 [3,4]. 전자는 연속적인 유량[Pa · m<sup>3</sup>/s]에 대해, 또 후자는 일정 기체량[Pa · m<sup>3</sup>]에 대해 흡착 패널이 20 K를 넘지 않는 가동범위를 구하는 것이다. 교차값은 넓

은 의미에서 펄스 기체부하에 대한 성능으로 볼 수도 있지만 원래 목적은 진공용기를 저진공 상태에서 고진공 상태로 전환하는 시점을 정하려는 데 있다. 펌프 회사에서 제공하는 사양에는 대부분 아르곤 회복시간(Ar recovery time)이라는 지표가 있는데 이는 아르곤을 상당한 유량으로 흘리다 멈췄을 때 얼마나 빨리 기저 상태로 회복되는가를 나타낸다 [5]. 보통 사양서에 제시하지는 않지만 주로 크라이오 펌프의 재생상태를 알아보기 위해 사용하는 걸프(gulp)

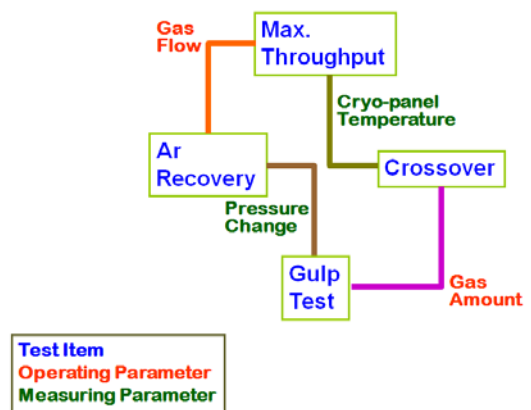


Figure 1. Relation of 4 test items indicating cryopump performance. Each test item is defined by a specific parameter measured with a main operating variable. The items which have the same operating variable can be correlated in a single regulation.

\* [전자우편] srin@kaeri.re.kr

시험이 있는데 일정량의 기체를 펄스로 도입한 후 압력변화를 기록하여 펌프 재생후 배기성능 회복 능력을 보는 것이다. 이들은 겉보기에 서로 다르지만 한편으로는 Fig. 1 처럼 서로 중복되거나 연관성을 가지고 있어서 실용적인 면에서 절차들을 비교, 검토 및 개선하고 때에 따라서는 적절히 결합할 수 있는 방안이 있나 검토할 필요성이 있다.

본 논문에서는 기체부하가 있을 때 크라이오 펌프의 성능을 나타내는 평가지표들을 측정하는 절차들을 우선 정리해 보고, 직접 실험을 하여 결과를 얻거나 관련 자료를 통해 평가절차의 타당성을 검토하고 개선점에 대해 논의하려고 한다.

## II. 성능지표에 대한 평가절차 비교

### 1. 최대 유량 측정절차

최대유량은 2차 냉각단의 온도  $T_{2nd}$ 가 20 K 이하를 유지하면서 감당할 수 있는 최대 기체유량이다. 기체의 종류에 따라 달라질 수 있는데 주로 Ar 최대유량을 제시하지만 때로는 수소에 대한 값도 제시하는 경우가 있다. 최대유량은 배기성능이 아니라 온도를 기준으로 삼고 있는데 만일 크라이오 펌프의 배기능력이 현저히 떨어진다면 실험이 불가능할 뿐만 아니라 실용적인 면에서도 의미를 상실한다. 따라서 2차 냉각단 온도가 20 K 이하라면 펌프가 정상적으로 작동한다는 것을 전제로 하고 있다. 같이 배기능력의 한계를 나타내지만 배기속도가 현저히 떨어지는 것을 판단 기준으로 삼는 배기용량은 정적인 기준이라면 최대유량은 동적인 기준이라고 할 수 있다. 최대유량 측정절차는 PNEUROP [3] 및 AVS [4] 규격에 규정되어 있는데 서로 약간 상이하지만 두 규격의 골자를 정리하면 다음과 같다. ① 펌프 완전재생, ② 일정 온도까지 냉각, ③ 기체유량을 단계별로 늘리면서 2차 냉각단 온도  $T_{2nd}$  측정, ④  $T_{2nd}=20$  K인 유량을 기록.

### 2. 교차값 측정절차

2차 냉각단 온도가 20 K 이하에서 유지될 수 있는 최대 기체 도입량 즉 충전압력×용기체적  $P_i V_i [Pa \cdot m^3]$  또는  $mbar \cdot L$  값으로 정의한다. 그 의미는 어떤 용기를 초벌 배기하고 언제(어떤 압력에서) 크라이오 펌프로 전환할 수

있는가 하는 가장 빠른 시점을 가르쳐준다고 할 수 있다.

역시 PNEUROP과 AVS 규격의 골자를 정리하면 ① 완전 재생 후 냉각 및 기저압력으로 배기, ② 보조용기(또는 single dome)에 일정압력으로 기체충전, ③ 차단 밸브를 열고 기체 도입, ④  $T_{2nd}$  변화 기록, ⑤ 차단 밸브 잠금, ⑥ 충전압력을 증가시키면서  $T_{2nd}$ 가 20 K를 넘을 때까지 측정 반복, ⑦  $T_{2nd}=20$  K일 때 충전압력×용기체적 값을 기록.

### 3. Ar 회복시간 측정절차

Ar은 반도체 공정에서 특히 스퍼터링에 의한 박막형성 과정에서 많이 사용하는데 Ar을 다량 흘리다가 멈췄을 때 기저압력으로 얼마나 빨리 돌아오는지를 가늠하는 것이 회복시간이다. 이에 관해서 규격으로는 아직 제정된 것이 없고 제조회사들도 특별히 제시하지는 않지만 자체적으로는 검사항목 속에 들어있는 것으로 보인다. 그러나 규격이 따로 없으므로 절차가 확립되어 있지 않고 일관성을 찾기 힘들다.

예를 들어 다음과 같은 절차가 가능하다. ① 완전재생 후 냉각 및 기저압력까지 배기, ② 전리진공계 OFF, ③ 최대유량의 50~90% 정도로 기체 도입, ④ 1 시간 후  $T_{2nd}$  기록, ⑤ 기체 도입 중지 및 초시계 작동, ⑥ 전리진공계 켜, ⑦ 시간 기록 및 압력 변화 측정, ⑧ 압력이  $2 \times 10^{-7}$ ,  $1 \times 10^{-7}$ , 그리고  $5 \times 10^{-8}$  mbar에 도달하는 소위 회복시간들을 기록, ⑨ 기체를 다시 도입하여 2시간, 5시간, 10 시간 등 일정 시간이 지난 후 도입을 중지하고 시간 및 압력 측정하는 것을 반복, ⑩ 회복시간들을 기체 응축량의 함수로 정리.

### 4. 걸프 시험

걸프 시험은 부분 재생 또는 완전 재생 과정을 거친 직후 크라이오 펌프가 제 배기성능을 나타내는지 간단하게 판단해 보는 방법으로 사용되고 있다. 걸프 시험이나 교차값 측정은 모두 펄스 기체 부하(impulsive gas load)에 대한 펌프의 반응성을 보는 것이다. 후자가 크라이오 펌프로의 전환시점을 결정하기 위한 것인 반면 전자는 다음 공정으로 넘어가는 시점을 정할 수 있게 해준다.

걸프 시험은 어떤 규격으로도 만들어진 것이 없지만 한 회사에서 자체적으로 시행하는 시험절차를 예로 들면 다음과 같다. ① 펌프 완전 또는 부분 재생 후 최저 냉각온도에 도달하면, ② 기체공급라인을 일정 압력으로 충전, ③ 전리

진공게이지 OFF, ④기체도입밸브 개방 및 초시계 작동, ⑤ 5초 후 기체도입밸브 폐쇄, ⑥ 30초 후 진공게이지 ON, ⑦ 용기압력이  $5 \times 10^{-8}$  mbar에 도달하는 시간 기록, ⑧ 5분 후 압력 기록.

### III. 평가시험

앞에서 언급한 4가지 성능지표 중 아직 실험여건이 갖추어지지 않은 걸프 시험을 제외하고 나머지 3가지에 대해 시험해 보았다. 최대유량 측정은 따로 하지 않고 Ar 회복 시간 측정과 연계해서 수행했다.

#### 1. 교차값 측정실험

이 실험에서는 Fig. 2처럼 초고진공 펌프의 성능 시험을 위해 구성된 이중용기 (double dome) 형 표준용기를 그대로 사용했다. 크라이오 펌프 흡기구에 게이트 밸브가 달려 있으므로 보조용기를 따로 달지 않고 표준용기를 기체 충전 용기로 사용했다. 기체 충전 용기의 체적( $V_i$ )에 대해서는 지나친 팽창에 의한 온도하강을 염려해 하한값만 주어져 있지만 펄스 기체 도입시간을 3초로 규정함으로써 밸브의 컨덕턴스뿐만 아니라 용기크기에 대한 상한값도 어느 정도 제시하고 있다고 할 수 있다. 기체 도입 시간은 대략

$4V_i/C$  (밸브 컨덕턴스)로 볼 수 있으므로 명확하지는 않지만  $V_i$ 의 상한값이 주어진다. 사용한 표준용기는 중간에 오리피스가 있어서 이런 조건을 잘 만족한다고 할 수는 없다. 물론 이론적으로는 오리피스의 컨덕턴스가 9.2 L/s 정도 되고 상부용기의 체적이 4 L 정도이므로 큰 문제는 아니라고 생각된다. 기체 충전 용기의 부피는 총 18 L 정도로 추산했다. 크라이오 펌프는 독일 LEYBOLD사제 모델 RPK900이다. 이 펌프에 대한 제조사의 권장 교차값은 55 mba · L로 주어져 있다.

이 실험에서 사용한 상세 측정절차는 다음과 같다: 『① 보조펌프(TMP)로 표준용기 배기, ②크라이오 펌프(CP) 가동, ③ $10^{-8}$  mbar 대에서 CDG 게이지 영점조정, ④TMP GV CLOSE, ⑤CP GV CLOSE, ⑥전리 진공게이지(IG) OFF, ⑦VLV를 열고 질소를 도입하여 표준용기를 일정 압력으로 (mbar 대) 충전, ⑧2차 냉각단 온도 ( $T_{2nd}$ ) 측정 준비상태 점검, ⑨VLV CLOSE, ⑩GV를 열고 CP에 기체 도입하고 초시계 작동, ⑪즉시 IG ON, ⑫5분 동안 시간 및 압력 기록, ⑬기체 충전압력을 증가시키면서 과정 ④-⑫를 반복:  $T_{2nd} > 20$  K가 될 때까지, ⑭TMP GV OPEN』.

기체 충전압력은 MKS사제 Baratron CDG로 측정했는데 질소를 1.33, 2.66, 4, 4.65, 5.32 mbar를 충전하고 밸브를 열어 각각 2차 냉각단 온도와 압력의 변화를 측정했다. Fig. 3과 Fig. 4는 각각 압력과 온도의 변화를 그린 것

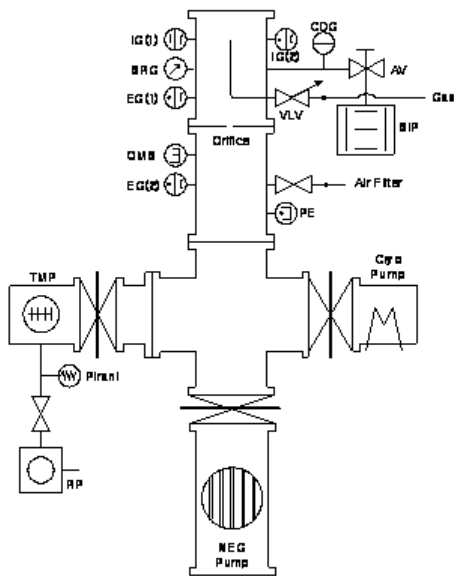


Figure 2. Double dome standard chamber with the Leybold cryopump.

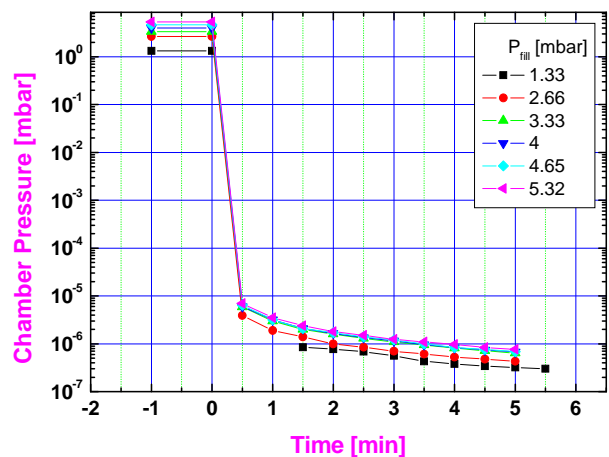


Figure 3. Change in the pressure when measuring the crossover value. The filling pressure is measured by a CDG, while the pressure change after opening the valve by an ionization gauge(IG). The IG is at off-state during about 10 s from gas dosing.

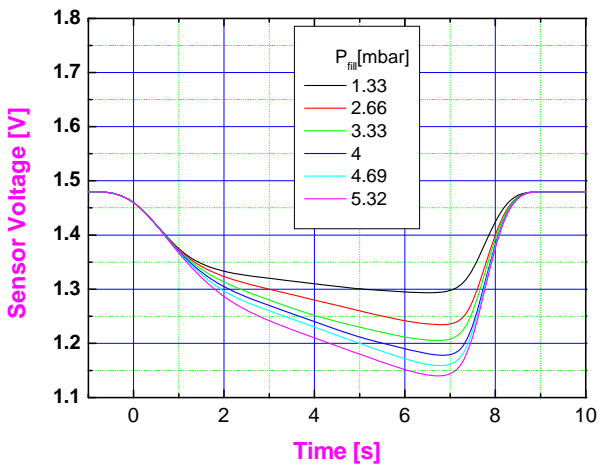


Figure 4. Change in the second stage temperature when measuring the crossover value.

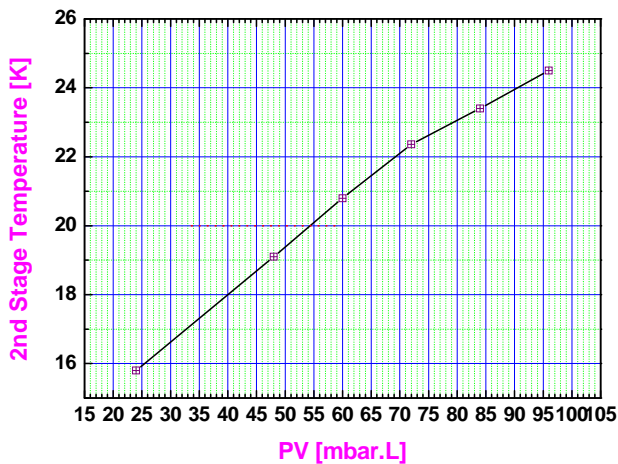


Figure 5. The relation of the maximum second stage temperature with the gas amount. The intersection point of the curve and the 20 K line gives the crossover value, which is, here, about 54 mbar · L.

이다. 압력은 30초 내에 급격히 줄어들어 거의 원래 상태로 돌아오는데  $10^{-6}$  mbar를 기준으로 삼는다면 수분이 소요된다. 온도는 기체가 도입되는 것에 바로 반응하여 증가하기 시작하고 7초 정도가 되면 가장 최저점에 도달한다. 이 최저온도와 충전압력( $P_i$ ) 또는  $P_i V_i$  값과의 관계를 그리면 Fig. 5처럼 되는데 20 K를 지나는 교점을 구하면 대략 54 mbar · L가 구해진다.

교차값 측정을 위해 기체를 펄스로 도입하는 방법으로 보조용기 및 차단 밸브를 사용할 수도 있지만 배기속도와 배기용량 측정을 제외하면 펌프 흡기구에 밸브를 달아서 사용하는 것이 좋으므로 보조용기 없이 single dome에 기

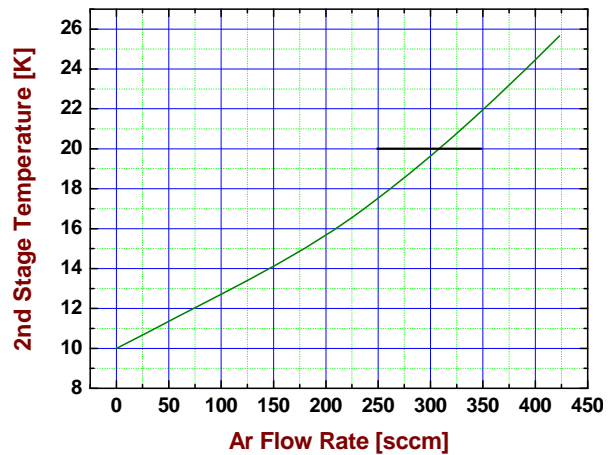


Figure 6. The relation of the second stage temperature with the Ar flow rate. The maximum throughput is defined at  $T_{2nd}=20$  K. Here, the maximum throughput is about 310 sccm.

체를 직접 충전하는 것도 전혀 문제가 없다고 판단된다. 이 실험에서 밸브는 수동으로 열었고 개방시간은 허용될 수 있는 범위에 있었다고 보지만 자동제어 밸브를 사용하는 것이 실험 진행 상 유리하다고 생각한다.

## 2. Ar 회복시간 및 최대유량 측정실험

이 실험에서의 상세한 Ar 회복시간 측정절차는 『①표준 용기 진공배기: TMP 및 CP 가동, TMP 차단, ②Ar 도입 준비, ③MFC 목표치 설정, ④VLV 완전 개방, ⑤용기 압력이  $5 \times 10^{-8}$  mbar 이하로 내려갈 때까지 대기, ⑥MFC ON, ⑦압력이 안정화 되면 기록 (CDG), ⑧MFC 설정치 상향, ⑨압력이 안정화 되면 기록, ⑩과정 ⑧-⑨를 2차 냉각단 온도  $T_{2nd} > 20$  K일 때까지 계속; 압력이  $10^{-4}$  mbar를 넘으면 전리 진공게이지(IG) OFF, ⑩MFC OFF, ⑪ $T_{2nd} < 20$  K를 만족하는 값으로 MFC 설정, ⑫MFC ON: 압력, 온도 기록, ⑬기체 도입 후 1시간, 2시간, 5시간, 10시간, 20시간, 50시간 후, 각각 ⑭MFC OFF, ⑮초시계 작동, ⑯IG ON 및 압력기록』으로 잡았다. ⑩번까지 초기 과정은 최대유량을 파악하여 Ar 실험유량을 결정하기 위한 것이다. 제조회사의 최대유량 권고값은 300 sccm이다.

먼저 Fig. 6은 Ar 유량을 증가시키면서 2차 냉각단 온도가 어떻게 변하는지 측정한 것이다. 그래프에서  $T_{2nd}=20$  K가 되는 유량은 약 310 sccm일 때로 추산된다. 회복시간 측정유량은 282 sccm (Ar 기체에 대한 보정 전 200 sccm

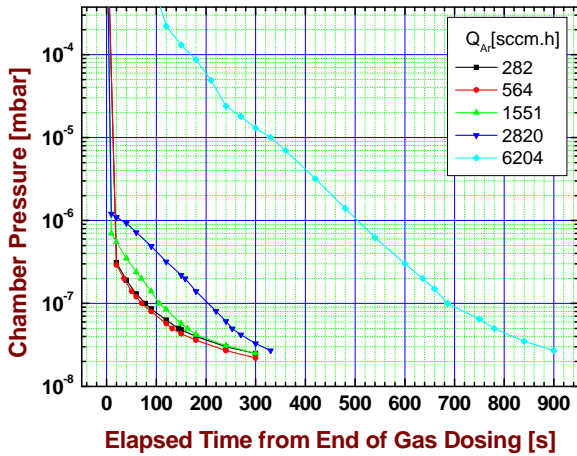


Figure 7. Change in the chamber pressure after stopping the gas flow. The more gas intake results in the slower pressure drop.

에 해당)일 때로 정했다.

Fig. 7은 Ar 유량을 282 sccm으로 유지하면서 1시간, 2시간, 5.5시간, 10시간 및 22시간 동안 흘린 후 기체 도입을 잠깐 중지하고 각각 압력의 변화를 측정하는 것이다. 용기 압력은 기체도입을 중지한 직후 급격히 감소하여 용기 내 Ar이 배기됨에 따라 결국 기저압력에 가까워진다. Ar 누적 배기량이 처음 약간 늘어날 때는 오히려 압력감소가 조금 빨라지다가 누적 배기량이 커지면 다시 압력감소가 지연된다. 초기에 압력 감소가 빨라지는 것은 Ar 얼음의 형성이 응축면적의 확대를 가져와 결국 배기속도의 증가를 초래하는 반면 얼음의 두께가 그렇게 두껍지 않아서 표면온도 상승은 무시할 수 있고 여전히 낮은 평형압력을 유지하므로 유효배기속도가 원래 배기속도 값을 유지하기 때문으로 해석할 수 있다. 기체 누적 배기량이 늘어나면 표면 온도 상승이 심해지고 이는 Ar의 평형압력을 높여 주어 유효배기속도를 현저하게 떨어뜨린다.

Fig. 8은 같은 측정에서 2차 냉각단 온도의 변화를 그린 것으로 Ar 얼음의 표면 온도를 그대로 대변한다고 할 수는 없지만 압력의 변화가 온도변화와 밀접한 관련이 있다는 것을 알려준다. 기체 누적량이 클수록 얼음이 두껍고 열용량이 커서 냉각시키는데 시간이 오래 걸리고 이것은 곧 압력감소의 지연으로 나타난다고 이해할 수 있다.

Fig. 9는 Fig. 7에서 어떤 특정한 압력에 도달하는 시간만을 (이 곳에서는  $2 \times 10^{-7}$ ,  $1 \times 10^{-7}$ ,  $5 \times 10^{-8}$  mbar를 기준) 모아 기체 누적량의 크기에 따라 정리한 것이다. 제조 회사들은 보통  $5 \times 10^{-8}$  mbar을 기준으로 사용한다. 이미

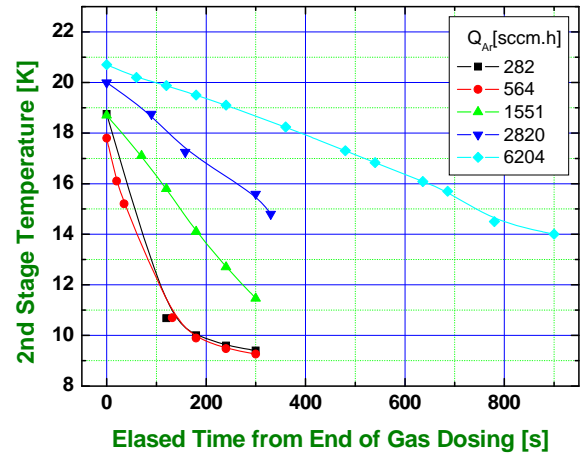


Figure 8. Change of the second stage temperature after stopping the gas flow. Delay of the temperature falling is caused by the heat capacity of the thick Ar ice.

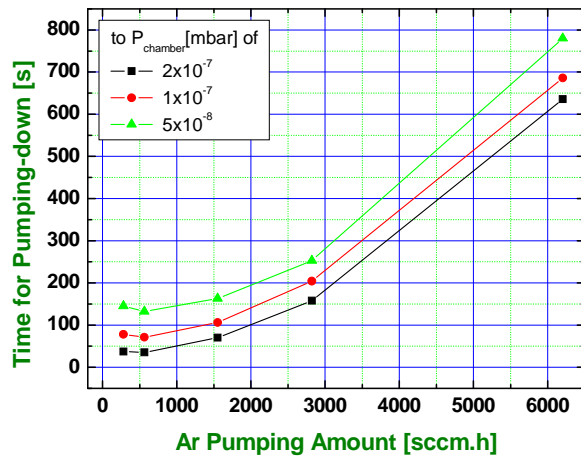


Figure 9. The relation of the time at reaching certain pressures,  $5 \times 10^{-7}$ ,  $1 \times 10^{-7}$ ,  $5 \times 10^{-8}$  mbar, with the gas pumping amount.

앞서 언급한 것과 마찬가지로 초기에 기체 누적량이 조금 증가할 때는 오히려 회복시간이 약간씩 빨라지지만 기체 누적량이 계속적으로 증가하면 회복시간이 빠르게 늘어나는 것을 알 수 있다.

#### IV. 측정절차에 대한 논의

##### 1. Ar 회복시간과 최대유량

Ar 회복시간은 반도체 공정과 밀접한 관련이 있으므로 측



정 시 얼마의 유량을 얼마큼 오래 흘리다가 어떤 압력까지 도달하는 시간을 쫓는 것인지는 보편적이면서 확정적인 한 가지 기준을 마련한다는 것은 사실상 불가능하다. 어떤 펌프가 어떤 공정에 투입될 것인가가 정해졌을 때 그 펌프와 그 가동 환경에서 요구하는 조건에 맞추어서 시험을 해보는 것이 타당하다고 본다. 즉 어떤 패턴의 유량변화가 있는지를 아는 것이 중요하다. 물론 평가절차의 골격은 정해져야 하고 구체적인 조건이 바뀌어도 원칙은 그대로 유지할 필요가 있다. 최대유량을 넘지 않는 범위에서 몇 가지 유량에 대해 같은 측정을 해서 회복시간의 변화를 그래프로 나타내는 것이 좋다고 생각된다. 또 한 유량에서 배기량이 증가함에 따라 회복시간이 어떻게 변하는지도 측정할 필요가 있다. Ar 외에 다른 단일기체를 사용하거나 현장에서 사용하는 작동기체의 성분을 모사하여 혼합기체를 만들어 도입할 수도 있다.

최대유량은 재생 직후 바로 한 번 측정하는 것으로 되어 있지만 펌프 배기속도도 흡착 또는 응축량에 따라 감소하는 만큼 재생 직후에서 배기용량에 도달할 때까지 몇 군데에서 최대유량을 측정하여 흡착량에 따라 어떻게 감소하는지 경향을 구하는 것도 생각해볼 만하다. 또 최대유량 측정은 Ar 회복시간 측정에 앞서 또는 병행해서 실시해도 전혀 문제가 없는 것으로 보인다. 만일 수소를 사용한다고 해도 역시 마찬가지다. 반면에 규격에는 반영하더라도 필요하다면 최대유량 측정을 생략하고 권고치를 기준으로 삼을 수도 있다.

이상의 논의를 고려하여 Ar (또는 다른 기체) 회복시간과 최대유량 측정에 관한 통합규격을 만든다면 절차의 골격은 Ar 회복시간 측정절차로 만들고 일정 응축량(0을 포함)에 도달할 때마다 최대유량을 측정하는 절차를 추가하면 합리적이면서 실용적이라고 판단된다.

## 2. 교차값 측정과 걸프시험

이미 언급한 대로 교차값은 용기를 보조펌프로 얼마나 압력을 내린 뒤에야 크라이오 펌프 흡기구 밸브를 열 수 있는가 하는 질문에 대한 답이다. 사실 이 질문에 대해서는 펌프의 배기용량에 대비해 어느 정도의 배기량이면 펌프의 배기 성능에 미치는 영향을 무시할 수 있을까 하는 관점에서, 예를 들어 “기준이 1% 이하라면 알곤의 배기용량이  $2 \times 10^5$  mbar · L일 때 허용치는 2,000 mbar · L 이하” 하는 식으로, 직관적인 답이 가능하다. 그러나 규격에도 등장하고 제품 설명서에도 거의 나타나는 교차값은 이런 기대

와는 달리 2차 냉각단의 온도를 적합 또는 부적합의 판단 기준으로 삼고 있다. 즉 크라이오 펌프에 짧은 시간 동안 펄스로 일정 기체량(압력×부피)을 도입하면서 2차 냉각단 온도가 20 K를 넘지 않는다면 문제가 없다고 보는 것이다. 사실 이 기준은 엄격한 것 같지만 물리적으로 근거가 약하고 실용적인 측면에서도 의문이 제기되고 있다. 앞의 질문에 대한 답을 교차값으로 준다면 통상 200 mbar · L 정도에 불과하다. 참고문헌 [6]에서는 이미 흡착된 양에 따라 같은 기체량이라도 온도 상승폭이 다르고 다시 온도가 하강하는 속도가 달라진다는 것과 중요한 것은 순간적으로 20 K를 넘느냐가 아니라 가동온도(예를 들면 16 K)까지 얼마나 빨리 복귀하는가 하는 회복시간이라고 주장하고 있다. 실상 실험을 해 보면 매우 큰 기체량에 대해서도 20 K를 넘는 것은 1초 내외의 아주 짧은 시간이고 설상 온도가 20 K를 잠시 넘는다고 해도 대부분 기체방출의 염려는 없다.

교차값이 특정 펌프에 대해 한 값으로 정의되는 반면 걸프 시험은 특정한 한 조건으로 고정되지 않고 환경에 따라 변화하는 값이다. 따라서 한 기체량(압력×부피 또는 유량×도입 시간)으로 한 번 측정하는 것에서 그치지 말고 기체량을 변화시켜 가면서, 특정 압력으로 회복하는 시간이나 특정 시간까지 도달하는 압력을 측정해서 그래프로 그려 경향을 나타내는 방안이 실용적으로 의미가 있을 것으로 생각한다.

교차값 측정절차와 걸프 시험절차는 기체도입 방법을 단일화하면 나머지는 쉽게 통일할 수 있다고 판단된다. 기체를 일정량 도입하면서 2차 냉각단 온도와 압력의 시간변화를 동시에 측정하면 두 성능지표를 함께 평가할 수 있다. 더군다나 온도와 압력 모두의 관점에서 회복시간을 정의할 수 있고 도입 기체량을 변화시키면서 측정을 반복하면 보편적인 성능평가 자료를 만들어낼 수 있다.

## V. 결 론

기체 부하에 대한 크라이오 펌프의 성능을 나타내는 네 가지 성능평가 지표에 대해 측정절차를 실험적으로 검토하고 개선점에 대해 생각해 보았다.

최대유량과 교차값 측정은 2차 냉각단 온도가 20 K 미만이라는 고정적인 조건이 있지만 Ar 회복시간 측정과 걸프 시험은 어떤 응축량 및 도입 기체량을 기준으로 삼을 것인지 한 가지로 고정하기 힘들므로 크라이오 펌프의 배기

용량을 넘지 않는 범위에서 기체량을 점차 늘려가면서 실험하여 성능지표의 변화 추세를 기록하는 것이 보편적인 정보를 제공할 수 있다고 생각한다.

최대유량과 Ar 회복시간 측정 및 교차값 측정과 걸프 시험은 각각 통합해서 평가 규격을 만드는 것이 가능하고 합리적이라고 판단된다. 두 경우 모두 한 지표는 온도를, 다른 지표는 압력을 성능기준으로 삼고 있지만 온도와 압력의 시간변화를 동시에 측정 기록하는 것은 전혀 문제가 없고 온도의 관점에서 회복시간이라는 지표를 새로 정의할 수 있다는 면에서도 의미가 있다. 기체 부하에 대한 성능평가 시스템은 따로 따로 만들 필요가 없고 기본적으로 단일 용기(single dome)형 표준용기를 사용하면 된다.

### 감사의 글

본 논문은 한국표준과학연구원에서 수행하는 전략기술 개발사업 고진공 펌프 종합특성평가시스템 설계, 진단 기술 개발과제에서 지원을 받아 이루어졌음을 밝힙니다.

### 참고문헌

- [1] S. R. IN and H. J. Shim, *J. Kor. Vac. Sci. Technol.* **7**, 27 (2003)
- [2] S. R. IN and T. S. Kim, *J. Kor. Phys. Soc.* **51**, 907 (2007)
- [3] Vacuum pumps acceptance specifications part 5 - Refrigerator cooled cryopumps, PNEUROPN5ASRCC/5
- [4] K. M. Welch, B. Andeen, J. E. Rijke, C. A. Foster, U. H. Hablanian, R. C. Longworth, W. E. Millikin, Jr., Y. T. Sasaki, and C. Tzemos, *J. Vac. Sci. Technol.* **A17**, 3081 (1999)
- [5] R. C. Longworth and R. J. Webber, *J. Vac. Sci. Technol.* **A9**, 2766 (1991)
- [6] C. Juhnke, H. H. Klein, S. Schreck, U. Timm, H. U. Haefner, M. M. Klosson, and H. J. Munding, *Vacuum* **44**, 717 (1993)

# Evaluation Scheme of Cryopump Performance for Gas Loads

S. R. In\* and S. H. Jeong

*Department of Nuclear Fusion Engineering, KAERI, Daejeon 305-353*

(Received February 25, 2010, Revised April 14, 2010, Accepted April 16, 2010)

Cryopumps can provide economical profits with a relatively high pumping speed per size. However, it is somewhat doubtful that pumping performance of cryopumps, which is very sensitive to the temperature of the adsorption panel, can be maintained or recovered fast for large continuous or impulsive gas loads. The official evaluation items indicating cryopump performance for gas loads are the maximum throughput and the crossover value. There are two other, unofficial but widely used, items, the Ar recovery time and gulp characteristics. Although these evaluation items look absolutely different with each other, there are close relations and even duplications in their test schemes. Therefore, it is necessary to study how to improve practically each test procedure, and combine or unify some procedures.

Keywords : Cryopump, Gas load, Performance test, Crossover, Ar recovery time

\* [E-mail] [srin@kaeri.re.kr](mailto:srin@kaeri.re.kr)