

다층 Cryosorption Array의 동적 Pumping 특성해석

이진원, 이영규, 최현오*

포항공대 기계공학과, *한국기계기술원 공기조화 연구실

1. 서론

Cryopump에서는 pumping speed와 함께 재생주기가 가장 중요한 성능변수가 되며, 일반적으로 재생주기는 cryosorption stage에 의해 좌우된다. 흡착계수가 1.0 인 깨끗한 흡착면에 대한 pumping 속도를 극대화 하려면 array 직경이 60% 정도이어야 하지만, single-stage 원통형 array에 대한 동적특성의 해석결과 재생주기를 극대화 하기위한 array의 직경은 70% 정도이어야 함이 밝혀졌다[1]. 또한 한 주기 동안의 총 pumping 용량도 array의 직경이 70% 정도에서 최대가 되며, 동시에 array의 길이에 따라 증가 하였다. 본연구에서는 이상의 연구결과를 발전시켜, 실질 cryoarray와 같은 다단구조에 대해서 동적특성을 해석하고 재생주기 및 pumping 용량을 극대화 하기위한 설계최적치를 추천코자 한다.

2. 계산방법

계산 방법은 Monte Carlo법에 의해 계산된 view factor를 이용한 view factor method이며[1], 초기의 pumping 표면 흡착계수 1.0으로 부터 시작하여 각 표면에서의 흡착계수가 그 지점의 pumping 양에 의해서 시간에 따라 점차 감소하는 흡착계수 모델에 의해 계속 수정되도록 하였다. 사용된 흡착계수 모델은 saturation 정도가 s 인 경우 흡착계수 $f = \text{SQRT}(1-s^2)$ 이며, 이와 함께 시도되었던 다른 모델들도 정성적으로 같은 결과를 보여준다.

3. 결과 및 고찰

시간에 따른 pumping speed는 array의 기하학적 형상이 주어진 경우 $t^* = P_0 \cdot S_0 \cdot t / m \cdot C$ 라는 하나의 변수로 표현된다. 여기에서 P_0 는 chamber 압력, S_0 는 aperture conductance, m 은 cryosorption stage의 단위면적당 adsorbent 질량, C 는 adsorbent 단위 질량당 total gas capacitance, t 는 시간을 나타낸다(단위는 $m[\text{Kg}/\text{cm}^2]$ 을 제외하고는 SI 단위). 그림 1과 같은 array 형상에 대해서 각모델의 대표적인 특성 길이 변화에 따른 재생주기와 재생직전의 pumping speed와의 관계가 그림 2에 나타나 있다. 재생시간 t^* 는 편의상 초기 pumping 속도의 80%에 도달하는 시간으로 정의 하였고 S_0/S_1 는 pump inlet에 해당하는 orifice pumping 속도에 대한 재생직전의 속도 비이다. 다단구조의 array는 single stage에 비하여 sorption stage의 면적이 크고 구조가 복잡한 관계로 기체분자가 sorption stage에 도달하는 경로가 길어져서 당연히 재생주기가 길어지고 pumping 속도가 커진다. 모델2의 경우 static 결과와 같이 직경이 pump body의 60% 정도에서 최적치를 가지지만 다른 모델의 경우 재생주기가 길어지면 pumping 속도가 감소하는 경향이 있다. Cryoarray의 모양은 위로 벌린 형태보다 아래 방향인 모델 4의 형태를 취하는 것이 바람직하다.

4. 결론

View factor 방법에 의해서 Monte Carlo방법이 적용하기 어려운 다단 array 해석을 쉽게 수행할수 있었다. 다단 array 설계시 array 모양은 윗 방향보다는 아래로 향하는 모양이 재생시간면에서 유리하다. 이경우 원하는 pumping 속도와 재생시간을 동시에 고려하면 최적설계가 가능하다.

참고문헌

[1]. 이진원, 이영규, 한국진공학회 제3회 학술발표회 초록집(1992)

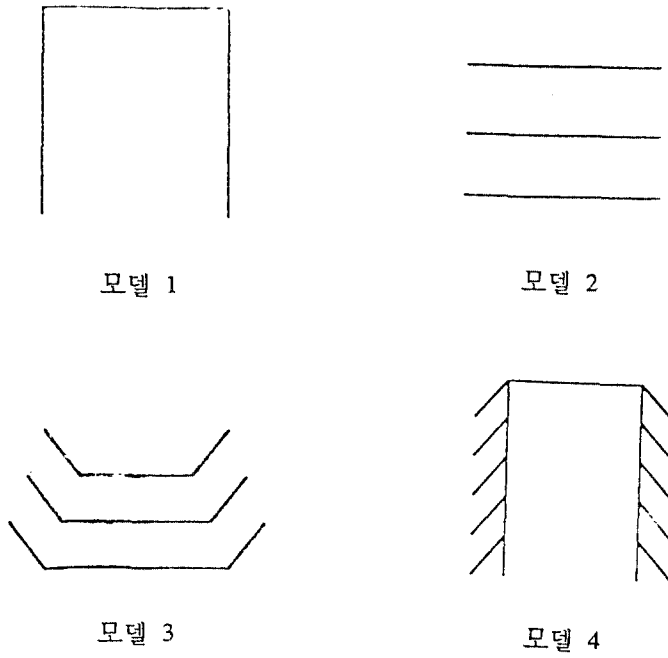


그림 1 모델 cryoarray 형상

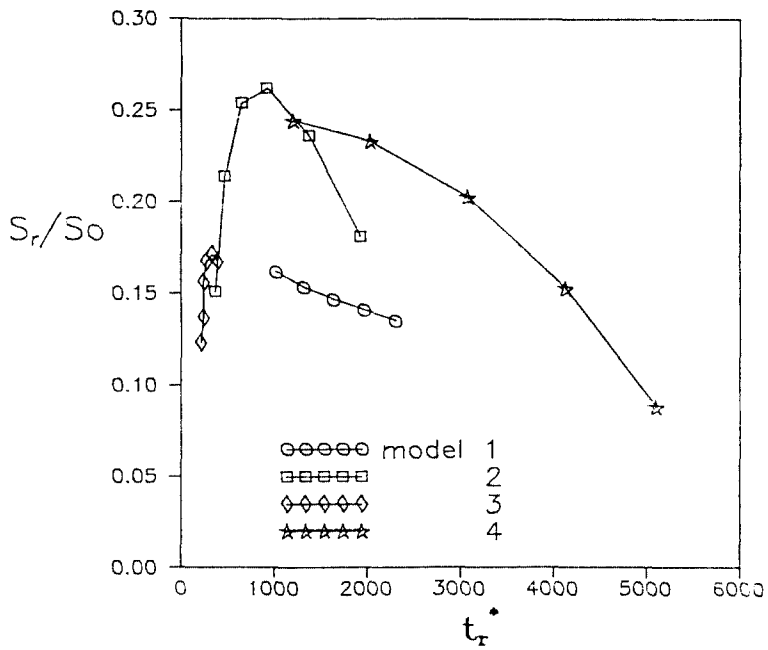


그림 2 재생시간과 pumping 속도와의 관계