

한지 멤브레인을 사용한 누센펌프의 효율 분석

윤동익* · 허환일**

Efficiency Analysis of Knudsen Pump According to Hanji Membrane

Dongik Yun* · Hwanil Huh**

ABSTRACT

Thermal transpiration device(Knudsen pump) having no moving parts can self-pump the gaseous propellant by temperature gradient only (cold to hot). We designed, fabricated the Knudsen pump and analyzed pressure gradient efficiency of membrane according to Knudsen number under vacuum condition. In this paper, we measured presented pumping efficiency of Knudsen pump according to Hanji membrane.

초 록

움직이는 부품 없이 오직 온도구배만으로 추진제를 낮은 온도에서 높은 온도로 자체 펌핑이 가능한 열적발산장치를 설계·제작하였으며, 진공환경에서 누센수에 따른 멤브레인 압력구배 효율을 분석하였다. 본 논문에서는 한지 멤브레인을 사용하여 누센펌프의 펌핑 효율을 분석하였다.

Key Words: Thermal Transpiration(열적발산원리), Knudsen Pump(누센펌프), Knudsen Number(누센수), Vacuum Chamber(진공 챔버), Hanji Membrane(한지 멤브레인)

1. 서 론

열적발산원리에 대한 연구는 세계적으로 많은 발전을 거듭해 왔으며, 대부분이 대기압 환경에서 소형진공설비나 가스 크로마토그래피에 적용을 위한 목적으로 연구 중에 있다[1]. 본 연구는 열적발산원리를 이용한 누센펌프의 기초실험으로서 멤브레인으로 종이재질의 한지를 사용하여 사용 가능성을 확인하는 동시에, 한지의 종류를

달리하여 펌핑 효율을 비교해보았다.

2. 본 론

2.1 실험장치 구성

Figure 1에서 볼 수 있듯이 열적발산원리를 이용하는 누센펌프의 실험장치는 진공상태에서 진행하기 때문에 진공챔버의 측정 연결장치(Feed-through)에 연결된 SUS파이프에 직접 연결하여 누센펌프 내부를 진공상태로 만들어주게 된다. 파이프 배관 사이에 진공게이지를 설치하여 내부 진공도를 측정하게 되며 내부의 히터를 가열

* 충남대학교 대학원 항공우주공학과

** 종신회원, 충남대학교 항공우주공학과
교신저자, E-mail: hwanil@cnu.ac.kr

하여 누센펌프의 전단(Cold Section)과 후단(Hot Section)에 온도구배를 형성한다. 동시에 K-type 열전대를 이용하여 전단과 후단의 온도를 측정하고, 차압을 측정할 수 있도록 구성하였다.

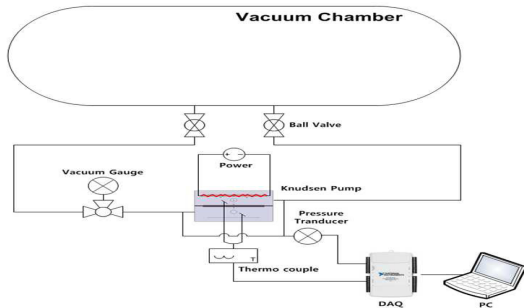


Fig. 1 Schematic of experimental apparatus for proposed Knudsen pump

2.2 누센펌프의 효율 분석

누센펌프의 실험 시 배압의 변화에 따라 누센수의 값이 변하게 된다. 또한 누센수가 1이상으로 증가함에 따라 누센펌프의 효율이 증가한다[2].

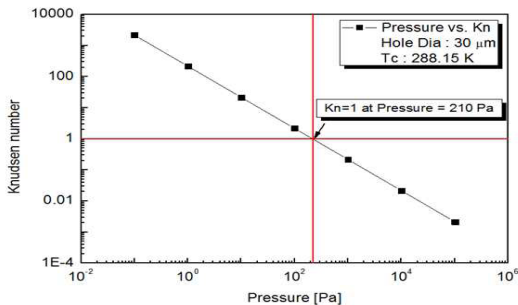


Fig. 2 Knudsen number variation according to back pressure

Figure 2는 $30 \mu\text{m}$ 의 홀 직경을 가지는 멤브레인의 배압(진공환경)에 따른 누센수(Knudsen number) 변화를 이론적으로 계산한 결과를 보여주고 있다. 공극의 크기가 $30 \mu\text{m}$ 인 한지의 경우 210 Pa (약 1.6 Torr)에서 누센수가 1이 되어 자유분자흐름이 됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 절대압력 약 170 Pa (1.3 Torr) ~ 870 Pa (6.5 Torr)의 환경에서 실험을 수행하여 배압과 멤브레인의 두께, 공극 사이즈에 따른 멤브레인의 효율분석을 수행하였다.

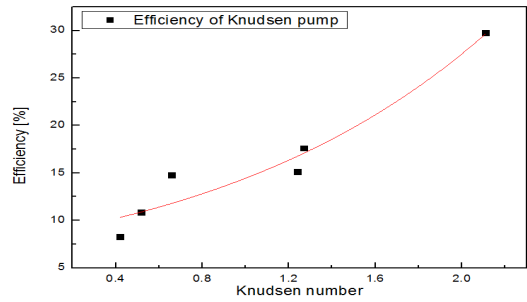


Fig. 3 Variation of pressure efficiency according to Knudsen number

그 결과 공극이 $17.7 \mu\text{m}$ 의 한지를 사용, 히터의 온도를 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 까지 온도를 가열한 상태에서 배압을 다르게 하여 실험하였을 때, Fig. 3과 같이 누센수가 증가할수록 압력구배 효율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 연구에서는 닥펄프를 이용한 한지를 누센펌프의 멤브레인으로 적용시켜 효율을 분석하였다. 배압환경에 따른 한지 멤브레인의 압력구배 효율을 분석하여 누센수가 증가함에 따라 열적발산장치의 효율이 증가함을 확인할 수 있었다.

후 기

이 연구는 국립중앙과학관에서 지원한 '2010년도 거례과학기술개발용융개발사업'의 연구 결과의 일부임.

참 고 문 헌

1. G. Pham-Van-Diep, P. Keeley, P. Muntz, E. and P. Weaver, D. "A micromechanical Knudsen compressor," In Rarefied Gas Dynamics. eds. J. Harvey, G. Lord, Oxford University Press, 1999
2. 정성철, 허환일, "마이크로 추진장치에 적용을 위한 누센수에 따른 열적발산원리의 효율 분석", 2005년 한국항공우주학회지, 제36권, 제5호, 2008, pp.483-490