

다공성 고분자 분리막의 투과압력 측정

전현수, 이영진, 송인호, 이용택*

충남대학교 화학공학과

(ytlee@cnu.ac.kr*)

Breakthrough pressure through porous polymer membrane

: contact angle, surface tension, breakthrough pressure

Hyunsoo Jeon, Youngjin Lee, In-ho Song, Yongtaek Lee*

Department of Chemical Eng. Chungnam National University

(ytlee@cnu.ac.kr*)

1. 서 론

두 접촉 상 간의 접촉 계면이 접촉 분리막의 기공(pore)에 고정되어 있으므로 기존 기술에서 나타날 수 있는 많은 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있다. 첫째, 기존 기술에서 상 간의 물질 전달에 필요한 일정 크기 분포를 나타내는 유화 액적(emulsion droplet)의 형성이 필요없다. 둘째, 두 접촉 상의 압력과 유량을 독립적으로 변경할 수 있으므로 기존 기술에서 양쪽 두 상의 압력 및 유량 조절에 의해 발생하는 범람 현상을 피할 수 있어 운전 조건을 다양하게 조절할 수 있다. 셋째, 편류(channeling) 및 순환(recirculation)과 같은 이차 흐름 현상을 조절할 수 있어 두 상 간의 유효 접촉 면적을 기존 기술에 비하여 증대할 수 있으므로 장치의 크기를 크게 줄일 수 있다. 넷째, 접촉 분리막을 단위 모듈로서 제공함으로써 대형화(scale-up)가 쉽다.

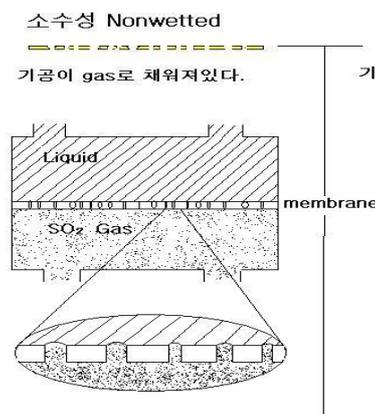


Fig. 1. A schematic figure of gas-liquid contact through hydrophobic polymer.

2. 이 론

분리막 침투압력 투과법은 크게 두가지의 물리법칙을 이용하여 기공크기를 측정한다. 한가지는 어떠한 유체(투과유체)가 기공을 투과하기 위해서는 이미 기공을 채우고 있는 상대유체(함침유체)와의 계면에서 발생하는 모세관력(capillary force)에 상응하는 압력이 필요하며, 모세관력은 기공크기와 일정한 상관관계를 갖는다는 것이다. 따라서 투과 발생시의 투과유체 압력으로서 투과되는 기공의 크기를 계산할 수 있다. 투과압력과 기공크기의 관계식으로는 다음과 같은 Cantor

식이 일반적으로 이용된다.

$$D = \frac{4\gamma\cos\theta}{\Delta P_b}$$

(D:기공직경, θ :접촉각, γ :표면장력, ΔP_b :투과압력)

Cantor 식은 수은침투법(Mercury porosimeter)에서도 이용하는 식이다. 이 점은 유체투과법과 수은침투법이 기공의 크기를 결정하는 과정에서 동일한 오차수준을 갖는다는 것을 의미한다.

3. 실험

3.1. 투과압력 측정실험

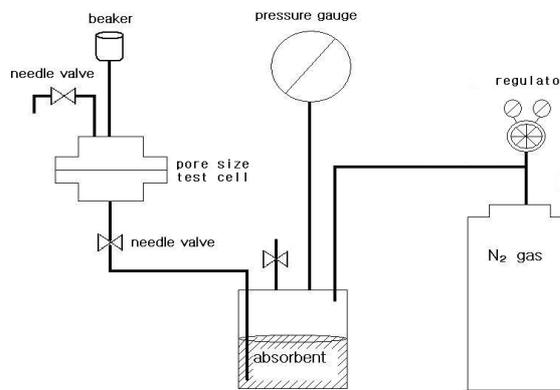


Fig. 2. Experimental apparatus for Breakthrough pressure.

가) 건조상태의 측정막의 기공에 친화력을 갖는 적정한 액체를 함침시키고 기공크기측정기에 고정한다. 나) 고압측 개스밸브를 열고 압력을 서서히 상승시키며 유량계의 움직임으로 최초 투과가 발생하는 압력을 관찰한다. 다) 최초투과가 발생하면 고압측 밸브를 닫고 기준압력측의 밸브를 열어 미리 설정한 일정한 저압의 기준압력에서 투과유량을 측정한다. 라) 다시 고압측과 연결하고 개스압력을 최초투과압력 이상(압력상승단계는 미리 설정)으로 올려서 액체로 채워진 기공들을 투과시킨다. 마) 다)과정을 다시 거쳐 투과유량을 측정한다. 바) 투과압력을 단계별로 계속 상승시키며 라)~마) 과정을 반복한다. 사) 투과압력을 상승시켜도 기준압력에서의 투과 유량차이가 발생하지 않으면 모든 기공들의 투과가 완료된 것이므로 측정을 마친다.

3.2. 접촉각측정 실험

가) 슬라이드가 올려있는 곳에 측정하고자 하는 물질을 올려놓는다. 물질의 이물질이 묻는것을 방지하기 위해 장갑과 핀셋으로 물질을 이동한다. 나) 물방울을 떨어뜨리는 핀으로 교체한다. 고분자막이 판에 평행하게 올려놓는다. 단, 막은 장갑과 핀셋으로 이동하여 기공의 크기가 변하지 않도록 한다. 다) 핀과 고분자막의 거리를 알맞게 조절한다. 화면에 나타나는 거리를 조절하여, 물방울이 막에 한방울만 떨어지도록 한다. 거리가 멀 경우에는 물방울 흐름이 나타나고, 거리가 가까울 경우에는 물방울의 크기가 원래보다 작게 나타나 접촉각이 잘못 측정될 수 있다. 라) 화면에 보이는 물방울의 접촉면을 기준선에 오도록 한다. 물방울이 막에 떨어지면 막과 물방울이

접하는 정확한 위치에 기준선을 위치하게 한다. 마) 떨어진 물방울 측정한다. 5초간격으로 10번 측정하여 평균값을 구한다. 5번 반복하여 평균접촉각을 기록한다.

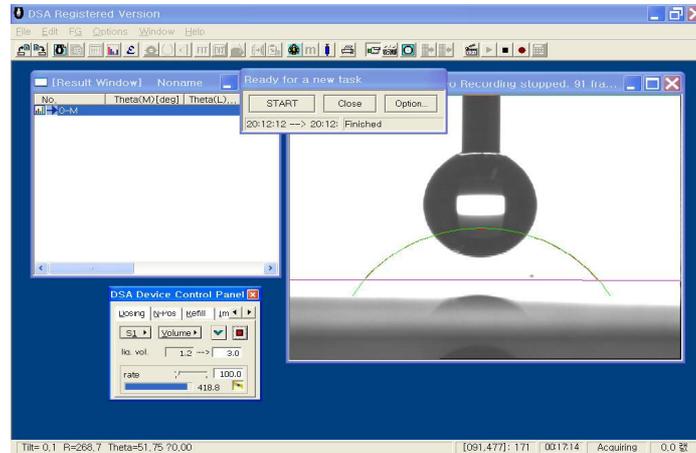


Fig. 3. A photograph of contact angle instrument.

4. 결과 및 토론

	PVDF(0.45)	PVDF(0.22)	PP(0.45)	PP(0.2)	PTFE(0.45)	PTFE(0.2)
r	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2	71.2
ϕ	111.34	103	125.5	118.5	127	125.6
D	0.45	0.22	0.45	0.2	0.45	0.2
이론 ΔP_b	2.27	2.9	3.62	6.7	3.79	7.52
실제 ΔP_b	1.36	2.3	2.6	3.5	3.1	4.1

Table 1 Breakthrough pressure through polymer membranes.

분리막 운전 조건 설계에 필수적인 분리막을 기준으로 용액 흐름 쪽의 최대 유지 가능한 압력차인 다공성 평판형 분리막의 침투 압력을 측정할 수 있는 장치를 설계하여 설치하였다. 이 장치를 이용하여 순수한 물을 이용하여 분리막 침투 압력을 측정된 결과 침투 압력이 PTFE, PP, PVDF 순으로 작아짐을 확인할 수 있었으며, 기공이 클수록 동일한 재료의 분리막인 경우 침투 압력이 작아짐을 관찰할 수 있었다.

5. 참고문헌

1. R. W. Baker, Membrane technology and applications, McGraw-Hill, New York, 2000
2. <http://www.chemicalvision2020.org/pdfs/sepmap.pdf>
3. B. W. Reed, M. J. Semmens and E. L. Cussler, Membrane contactors in ; R.D. Noble and S.A. Stern, (Eds), Membrane Separations Technology: Principles and Applications, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands, 1995, 467-498
4. M. Mulder, Basic principles of membrane echnology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1996

5. Y. Lee, J. Jeong, I. J. Youn and W. H. Lee, Modified liquid displacement method for determination of pore size distribution in porous membrane, J. of Membrane Science, Vol. 130, 1997, 149-156
6. Z. Qi and E.L. Cussler, Microporous hollow fibers for gas absorption. Mass transfer in the liquid, J. Membrane Sci., 23 (1985) 321-332
7. E.L. Cussler, Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems, Cambridge University Press, New York, NY, 1984
8. A. Gabelman and S.-T. Hwang, Hollow fiber membrane contactors, J. Membrane Sci., 159 (1999) 61-106
9. S. R. Wickramasinghe, M. J. Semmens and E. L. Cussler, Better hollow fiber contactors, J. Membrane Sci., 62 (1991) 371-388
10. KTL(주) 리퀴셀 상품 카다로그, 2002