

가교된 PVA 막을 이용한 MTBE/methanol 혼합물의 증기투과(Vapor Permeation)분리

김 연 국 · 임 지 원

한남대학교 화공·고분자공학부
(2000년 10월 2일 접수, 2000년 11월 13일 채택)

Vapor Permeation Separation of MTBE-Methanol Mixtures Using Cross-linked PVA Membranes

Youn-Kook Kim and Ji-Won Rhim

School of Chemical and Polymer Engineering, Hannam University, 133 Ojung-Dong,
Daedeog-Ku, Taejon 306-791, Korea

(Received October 2, 2000, Accepted November 13, 2000)

요 약 : 본 연구에서는 sulfur-succinic acid의 가교제를 이용한 가교된 폴리비닐알코올(poly(vinyl alcohol), PVA) 가교막을 이용하여 MTBE-methanol 혼합액에 대하여 조업온도, 가교제의 조성에 따른 증기투과 공정의 투과 특성을 조사 하였다. 팽윤 실험을 통해 PVA/SSA 가교막에 대하여 가교제 조성에 따른 막의 구조와 PVA의 하이드록실기(-OH), SSA의 설펜기(-SO₃H)와 용매와의 수소결합의 두 가지 인자가 상호 보완적으로 작용하고 있음을 알 수 있었다. 투과 특성에 있어 SSA의 설펜기가 중요한 인자로 작용하였다. 예를 들면 7% SSA 막에 대해서는 수소결합의 효과보다는 가교도의 효과가 투과 특성에 중요한 요인으로 작용하며 5% SSA에 대해서는 수소결합의 효과가 중요하게 작용하였다. 증기투과 공정에 있어 막과 직접 접촉하는 증기상이 액상에 비하여 methanol의 농도가 낮아 PVA의 하이드록실기와 methanol과의 수소결합 확률이 감소함에 따라 투과 특성에 영향을 미친다. 결과적으로 7% SSA 막에 대하여 MTBE/methanol=80/20 혼합액에 대하여 공급액의 온도 30℃에서 선택도 2187, 투과도 4.84g/m²hr를 보여 주었다.

Abstract : Poly(vinyl alcohol)(PVA)/sulfur-succinic acid(SSA) membrane performances have been studied for the vapor permeation separation of methyl *tert*-butyl ether(MTBE)/methanol mixtures with varying operation temperatures, amount of cross-linking agents, and feed compositions. There are two factors, the membrane network and the hydrogen bonding, in the swelling measurements of PVA/SSA membranes. These two factors act interdependently on the membrane swelling. The sulfuric acid group in SSA took an important role in the membrane performance. The cross-linking effect might be more dominant than the hydrogen bonding effect due to the sulfuric acid group at 7% SSA membrane. Hydrogen bonding effect was more important for 5% SSA membrane. In vapor permeation, density or concentration of methanol in vapor feed is lower than that of methanol in liquid feed, as a result, the hydrogen bonding portion between the solvent and the hydroxyl group in PVA is reduced in vapor permeation. In this case, the 7% SSA membrane shows the highest separation factor of 2187 with the flux of 4.84g/m²hr for MTBE/methanol=80/20 mixtures at 30℃.

1. 서 론

최근 자동차 배기 가스에 의한 환경 오염에 대한 심각성이 부각됨에 따라 가솔린 옥탄가를 낮추는 납의 허용치 감소에 대한 문제가 강조되고 있다. 벤젠/톨루엔/크실렌 혼합물과 산화물은 옥탄가 상승제로써 무연이나 저연 휘발류 제조를 위해 첨가되고 있다[1, 2]. 옥탄가 상승제 중의 하나인 메틸터서부틸에테르(methyl *tert*-butyl ether, MTBE)는 높은 옥탄가를 지니며 대기오염 저감물질로 현재 폭넓게 연구되고 있어 이미 옥탄가 상승제로 증명이 되었다. 최근에는 MTBE가 미국의 Clean Air Act 안건의 요구에 따라 산화연료로써 휘발류의 첨가제로 고려되고 있다[3, 4]. 이런 MTBE의 필요성에 의해 급속히 수요가 증가되고 있으며 80년대에는 화학물질 중 최고의 수요를 이루었고 90년대에도 수요가 계속 증가하고 있는 추세이다[1, 2].

MTBE는 강한 이온교환수지 촉매 하에서 과량의 메탄올(methanol)과 이소부틸렌(iso-butylene)과의 반응으로 생성된다. 그러나 과량의 메탄올을 첨가는 정제공정에 문제가 발생하는데 그 이유는 대기압 상태에서 MTBE와 메탄올의 조성이 85.7/14.3의 무게비 조성에서 공비점을 형성함에 따라 증류공정에 의한 분리 정제에 제한을 받는다. 최근에는 반응기 유출액이 부탄 제거기 칼럼의 하부에서 MTBE가 분리되고 상부에서 메탄올과 MTBE의 혼합물이 공비점 근처에서 분리된다. 14.3wt%의 조성을 갖는 메탄올을 회수하지만 이와 같은 분리공정은 비용과 에너지 소비가 요구되는 단점이 있다[1, 5].

증기투과 공정과 투과증발 공정은 이와 같은 공비점을 갖는 혼합물의 분리에 우수한 성능을 발휘하고 있어 증류 공정을 대체할 수 있는 유용한 대체공정으로서 이미 세계적으로 널리 사용되고 있다. 투과증발막 소재로 폴리비닐알코올(poly vinyl alcohol, PVA)의 우수한 화학적, 물리적 특성 때문에 투과증발 공정에 있어 폭넓게 연구되고 있으며, GFT막인 PVA 복합막이 상용화된 것은 이미 널리 알려진 사실이다[6]. 공정에 적합한 막을 선택함에 있어 분리시키고자 하는 물질을 선택적으로 투과시킬 수 있는 소재를 선정하는 것 역시 중요하다. 증기투과 공정은 투과증발 공정에 대하여 새롭게 관심을 받고 있는 공정이다[7-9]. 투과증발 공정에 대하여 증기투과 공정은 공급액이 액체 상태가 아닌 증기 상태로 막을 통한 선택적 투과 특성을 갖는다[10]. 증기투과 공정은 상변화가 없으며 증발열을 공급해 주어야 하는 문제를 피할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구에서는 MTBE-methanol 혼합액에 대한 분리 특성을 조사하기 위해 가교제 sulfur-succinic acid(SSA)를 이용한 가교된 폴리비닐알코올(poly(vinyl alcohol), PVA) 가교막을 이용한 증기투과 공정에 의한 분리 특성 실험을 수행하였다. PVA 가교막과 분리하고자 하는 물질과의 상호작용에 의한 막내로의 용해(sorption) 능력을 조사하기 위해 각각의 순수한 MTBE와 methanol 그리고 혼합액(MTBE/methanol=90/10, 80/20)에 대한 팽윤 실험을 증기투과 공정의 조업온도와 동일한 조건에서 수행하였으며 증기투과 공정 실험은 가교제 sulfur-succinic acid의 조성비(3, 5, 7wt%)에 따라 제조된 PVA 가교막에 대하여 공급액의 온도 30, 40, 50°C에서 MTBE-methanol의 공급액 조성비에 따른 증기투과 실험을 수행하였다.

2. 실험

2.1. 재료 및 시약

평균 분자량이 89,000~98,000인 완전 가수분해된 폴리비닐알코올(poly vinyl alcohol)(PVA)과 분자량이 198인 sulfur succinic acid(70wt% solution in water)(SSA)는 Aldrich Chemical Co.에서 각각 구입하여 사용하였으며 메탄올(Methanol), 메틸터서부틸에테르(methyl *tert*-butyl ether, MTBE)는 Merck로부터 구입한 고순도 시약을 사용하였다. 물은 SKC system 장치를 통과 시킨 초순수를 사용하였다.

2.2 PVA/SSA 가교막 제조

일정량의 폴리비닐알코올을 초순수에 넣은 후 90°C에서 6시간 이상 물중탕에서 교반하여 10wt% PVA 수용액을 제조하였다. 가교제인 SSA 70wt% 수용액을 희석하여 10wt% 수용액으로 제조하고 각각의 수용액을 조성 비율(PVA/SSA=95/5의 경우 10wt% PVA 95g과 10wt% SSA 5g을 혼합)에 따라 혼합한 후 균일한 용액을 제조하기 위해 상온에서 24시간 이상 교반하여 준다. 균일하게 제조된 PVA 수용액을 Plexi glass 위에 Gardner Knife를 이용하여 일정한 두께로 casting을 한다. Casting하여 제조된 막을 상온에서 하루이상 건조한 후 Plexi glass에서 떼어낸 막의 가교반응을 위하여 150°C 오븐에서 1시간동안 반응을 진행시켰다. PVA막의 평균 두께는 15~20 μ m 정도를 사용하였다. 제조된 PVA 가교막은 공급액과 동일한 조건의 혼합액(MTBE/methanol=80/20, 90/10)에 보관한 후 증기투과 실험에 사용하였다. PVA와 SSA의 반응 메카니즘은 Fig. 1에 나타내었다.

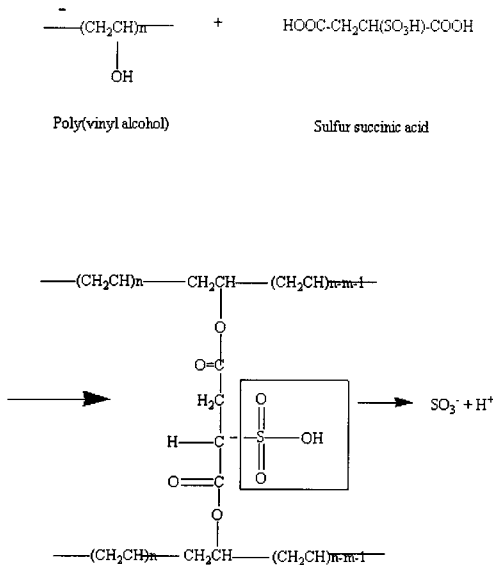


Fig. 1. Reaction mechanism of PVA and SSA.

2.3 팽윤(swelling) 실험

PVA 막의 용해 정도를 측정하기 위하여 각각의 순수한 MTBE, 메탄올과 투과실험의 공급액과 동일한 조성비의 MTBE/methanol=90/10과 80/20 혼합액에서 30, 40, 50°C 조업온도 변화에 따라 조사하였다. 제조된 PVA 가교막을 10×50~80(mm)의 크기로 자른 후에 각각의 용액에서 막이 평형 상태에 도달할 수 있도록 하기 위해 2일 동안 담겨 두었다. 평형 상태에 도달된 막을 꺼내어 가능한 신속하게 Vernier Caliper를 이용하여 길이를 측정하였다(L). 측정 후 진공 오븐에서 2-3일간 완전히 건조 시킨 후 다시 길이를 측정하였다(L₀). 각각의 용액에 대한 팽윤정도는 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$\phi = \frac{R_L^3 - 1}{R_L^3}, (R_L = \frac{L}{L_0}) \tag{1}$$

L : The length of the swollen sample

L₀ : The original length of sample

팽윤정도의 실험 오차를 줄이기 위하여 길이 측정을 20회 이상 수행하였다.

2.4 증기투과 실험

본 연구에서 사용된 투과 cell과 실험장치는 Fig. 2, 3, 4에 나타내었다. 투과 cell(Fig. 2)은 각 조성에 따른 공급액이 온도에 따라 공급액의 포화증기가 막표면에 공급될 수 있도록 설계되었다. 막의 유효 단면적

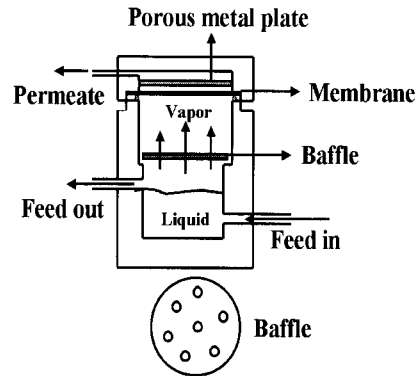


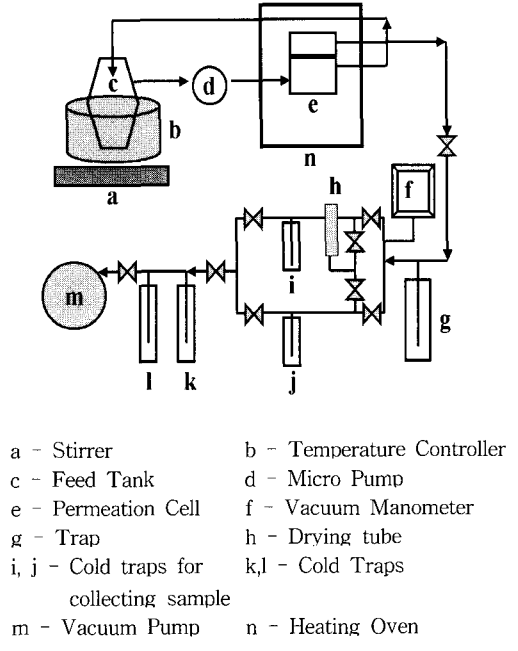
Fig. 2. Configuration of the vapor permeation cell.

은 14.2cm²이며 원액조는 1,000ml의 용량을 갖는다. 혼합액은 마이크로 펌프에 의해 cell의 밑부분을 통해 공급되며 윗부분을 통해 cell을 빠져 나간다. 단 공급액이 과량 공급되어 막의 표면과 직접 접촉하지 않도록 적당하게 유량을 조절해야 한다. 또한 투과 cell을 오븐에 설치하여 투과 cell 내부의 공급액과 동일한 온도를 유지해 줌으로써 포화증기가 응축되는 것을 방지하였다. 투과측 압력은 진공펌프를 이용하여 0.3~1 torr의 압력을 유지하였으며 정상상태 조건에 도달한 후 일정한 시간 간격으로 투과된 시료의 무게를 측정하여 투과도(flux)를 계산하였다. MTBE/methanol 혼합액에 대한 투과실험은 MTBE/methanol=80/20, 90/10의 조성비와 공급액의 온도 30, 40, 50°C에서 수행하였다. 투과된 시료의 성분 분석은 Porapak Q column이 장착된 기체 크로마토그래프를 이용하여 분석하였으며 다음과 같은 관계식으로부터 투과도(flux, J)와 선택도(separation factor, α)를 계산하였다.

$$J = \frac{Q}{R \times T} \tag{2}$$

$$\alpha_{ij} = \frac{(y_i / y_j)}{(x_i / x_j)} \tag{3}$$

식(2)에서 Q는 투과된 양, A는 막의 유효 단면적 그리고 T는 분리시간을 나타내고 있으며 식(3)에서 x는 공급혼합액의 조성(feed composition), y는 투과성분의 조성(permeate composition)을 나타내며 i와 j는 각각의 성분을 나타내는데 성분 i는 우선적으로 투과된 성분을 나타낸다. Fig. 3, 4는 본 실험에 사용된 증기투과 분리 실험 장치의 개략도 이다.



a - Stirrer b - Temperature Controller
 c - Feed Tank d - Micro Pump
 e - Permeation Cell f - Vacuum Manometer
 g - Trap h - Drying tube
 i, j - Cold traps for k, l - Cold Traps
 collecting sample
 m - Vacuum Pump n - Heating Oven

Fig. 3. Schematic diagram of vapor permeation apparatus.

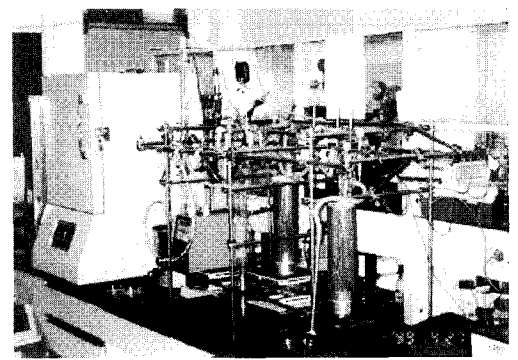


Fig. 4. Vapor permeation apparatus.

3. 결과 및 고찰

3.1. 팽윤(swelling)현상

Fig. 5와 6에서는 순수한 methanol과 MTBE 용액에 대하여 PVA막에 대한 가교제 SSA의 조성비에 따른 팽윤 정도를 온도에 따라 수행한 결과를 나타내었다. 일반적으로 가교제의 조성비가 증가함에 따라 가교도가 증가하게 되고 그에 따라 막이 보다 치밀한 구조를 갖게 되며 친수성을 갖는 가교제에 의해 막과 용매의 상호인력이 보다 증가된다. 결과적으로 가교도

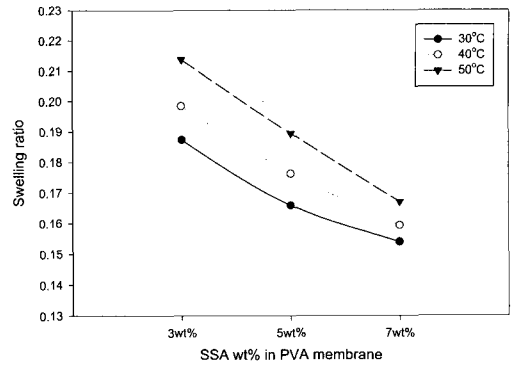


Fig. 5. Swelling ratio of PVA/SSA membranes for pure methanol with varying SSA contents.

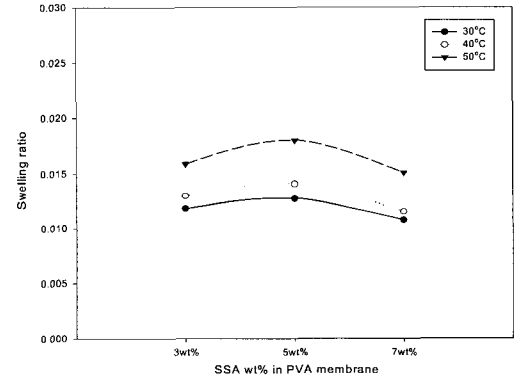


Fig. 6. Swelling ratio of PVA/SSA membranes for pure MTBE with varying SSA contents.

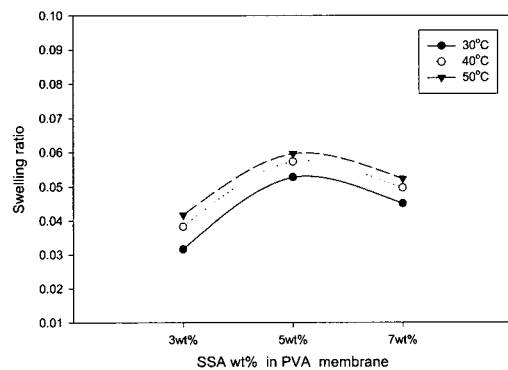
의 증가에 따라 막내의 공간이 적은 형태의 치밀한 구조를 갖게되고 친수성 가교제의 영향으로 팽윤 현상이 증가하는 결과를 갖는다. 순수한 methanol에 대해서는 비록 친수성을 갖는 가교제 SSA의 조성비가 증가하였지만 팽윤 정도가 감소하는 것을 보여주고 있다. 이 경우 친수성에 의한 영향보다는 가교제의 증가에 따른 막의 가교도 증가로 인한 영향이 더 지배적임을 알 수 있다. 하지만 Fig. 6의 경우에서 볼 수 있듯이 순수한 MTBE의 경우에는 위와 같은 영향들이 적용되지 않음을 알 수 있다. Table 1에서 볼 수 있듯이 MTBE의 경우 매우 소수성이므로 methanol과 비교하여 팽윤 정도가 매우 낮다. 가교제 SSA의 조성비가 3, 7%의 팽윤 정도가 5%의 경우보다 낮은 것은 막의 구조 변화측면에서 설명할 수 있을 것이다. 예를 들면 가교제의 조성비가 증가됨에 따라 가교 반응

Table 1. Solubility parameters of polymers and feed components used in this study

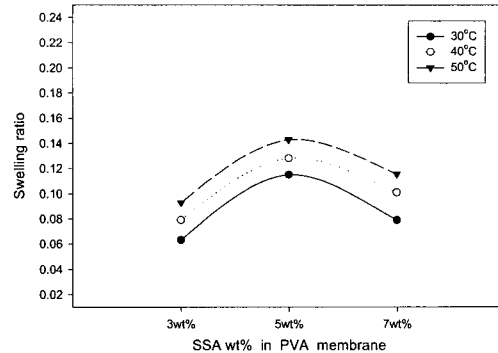
	δ_d	δ_p	δ_h	δ_t	V^{**}
methanol	7.4	6.0	10.0	14.5	40.7
MTBE*	7.6	1.7	2.4	8.1	119.0
PVA*	16.0	14.3	23.9	32.1	35.0

* Solubility parameters ($\text{cal}^{1/2}/\text{cm}^{3/2}$) calculated by the group contribution method proposed by van Krevelan[45]

** Molar volume (cm^3/mol) calculated by the group contribution method proposed by van Krevelan[11]

**Fig. 7.** Swelling ratio of PVA/SSA membranes for MTBE/methanol=90/10 mixture with varying SSA contents.

이 증가되고 막이 보다 치밀한 구조를 갖게 될 것이다. 하지만 용매와의 수소결합 효과는 감소하게 된다. SSA의 설펜기($-\text{SO}_3\text{H}$)는 methanol, MTBE 그리고 PVA와 수소결합을 형성할 것이다. SSA의 설펜기가 유기용매와 수소결합을 형성하는 것보다 먼저 PVA와 SSA의 가교반응에서 PVA의 하이드록실기($-\text{OH}$)와 SSA의 설펜기와 수소결합을 형성할 것이다. 위 결과에서 볼 수 있듯이 유기용매와 막과의 수소결합 효과가 적을 것이다. 결과적으로 가교제의 조성이 3%에서 5%로 증가됨에 따라 팽윤 정도가 증가됨을 볼 수 있는데 이유는 수소결합을 형성하지 않은 SSA의 친수성기의 영향 때문이라고 할 수 있다. 7% SSA의 경우 팽윤 정도가 3%와 5%에 비하여 낮음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 PVA의 하이드록실기와 SSA의 설펜기의 수소결합 효과가 다른 조성(3%, 5%SSA)에 비하여 크기 때문이다. 즉 가교반응이 증가됨에 따라 막의 구조가 보다 치밀해지고 막내로의 용해가 용이하지 않기 때문에 나타난 결과라고 할 수 있다. 본

**Fig. 8.** Swelling ratio of PVA/SSA membranes for MTBE/methanol=80/20 mixture with varying SSA contents.

팽윤 실험에 있어 수소결합과 고분자 구조의 두가지 인자가 영향을 주고 있으며 두 가지 인자가 막의 팽윤 현상에 있어 서로 독립적으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 7과 8에서는 MTBE/methanol 혼합액에 대하여 동일한 온도 조건에서의 팽윤 정도를 보여주고 있다. Methanol의 농도가 증가됨에 따라 팽윤 정도가 증가됨을 볼 수 있다. 혼합액의 methanol 농도가 증가할수록 보다 많이 막과 접촉하게 되고 그에 따라 막의 팽윤 정도가 증가하게 된다. 또한 혼합액의 MTBE 경우는 methanol에 의해 팽윤된 막내로 용해되어 들어가게 된다. 따라서 MTBE/methanol=80/20 혼합액에서의 팽윤 정도가 MTBE/methanol=90/10 혼합액에 비해 높은 결과를 보여주고 있다. 또한 5% SSA에서 팽윤 정도가 가장 높게 나타나는 것은 앞에서 설명하였듯이 MTBE의 영향으로 인한 결과로 순수한 MTBE에서의 팽윤 현상과 동일한 경향이 MTBE/methanol의 혼합액에서도 보여지고 있다. 또한 온도에 따른 영향에 있어 순수한 MTBE, methanol 그리고 MTBE/methanol 혼합액에서 막의 팽윤 정도는 온도가 증가됨에 따라 팽윤 정도가 증가됨을 보여주고 있는데 일반적으로 온도가 증가됨에 따라 고분자 구조의 유동성이 증가하게 되고 그에 따라 막 내부의 자유공간이 증가하게 되고 막내로의 용해가 용이하게 된다. 결과적으로 온도가 증가함에 따라 팽윤 정도가 증가됨을 알 수 있었다.

3.2. 증기투과(vapor permeation)

Fig. 9와 Fig. 10에서 MTBE/methanol=90/10 혼합액에 대한 투과도와 선택도를 보여주고 있다. Fig. 7과 8에서 볼 수 있듯이 팽윤 실험의 결과와 동일한

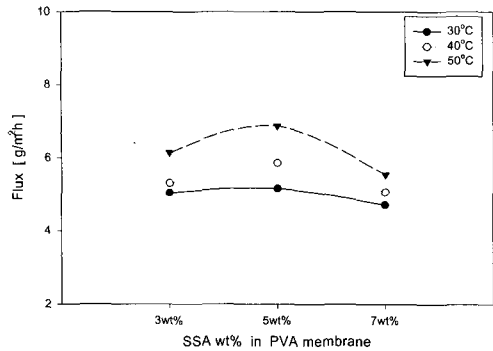


Fig. 9. Permeabilities of PVA/SSA membranes for MTBE/methanol=90/10 mixtures with varying SSA contents.

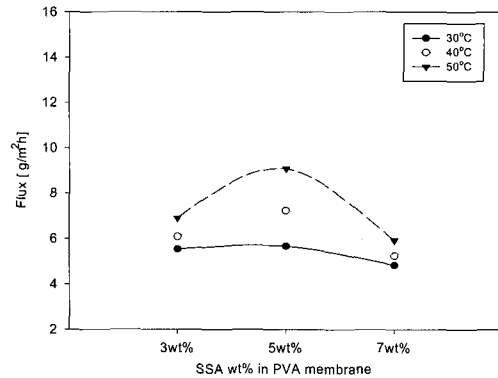


Fig. 11. Permeabilities of PVA/SSA membranes for MTBE/methanol=80/20 mixture with varying SSA contents.

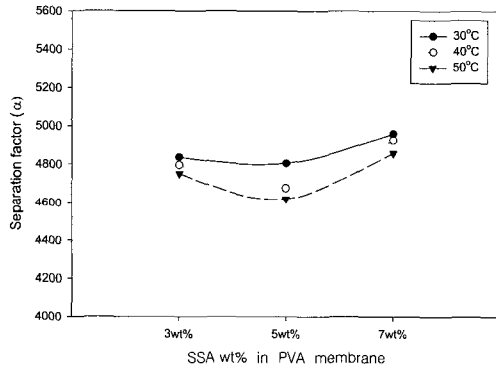


Fig. 10. Separation factor of PVA/SSA membranes for MTBE/methanol=90/10 mixture with varying SSA contents.

경향으로서 증기투과법에 의한 투과도(Permeability)가 5% SSA에서 가장 높게 나타났다. 투과도(P)는 확산(diffusivity)과 용해도(solubility)의 곱으로 정의할 수 있다. 즉 5% SSA의 투과도 특성에 있어 팽윤 실험의 결과에서 볼 수 있듯이 확산의 영향보다는 용해도의 영향이 더 중요하게 작용하기 때문이다. 가교제 SSA의 조성이 증가됨에 따라 막의 가교도가 증가하게 되고 그에 따라 막이 보다 치밀한 구조를 갖게 된다. 또한 가교제 SSA는 친수성을 갖고 있어 용매와 상호인력 효과를 나타낸다. 3% SSA에 비해 5% SSA의 막이 보다 높은 투과도를 갖는 것은 비록 가교반응이 증가하여 막의 가교도는 증가하였지만 막이 보다 친수성을 갖게 되고 그에 따라 혼합액과의 상호인력이 증가되어 투과도의 증가를 보여주고 있다. 7% SSA에서 가장 낮은 투과도를 보여주는 것은 용매와의 상호인력보다는 막의 가교도에 의한 영향이

지배적으로 작용하고 있기 때문에 나타나는 결과이다. 또한 투과증발(pervaporation)공정에 의한 MTBE/methanol 혼합액의 투과특성과 비교하여 낮은 투과도를 보여주고 있는데 그 결과는 투과증발 공정에서는 액체상의 MTBE/methanol 혼합액이 막 표면에 직접 접촉하지만 증기투과법의 경우 증기상이 막 표면과 접촉하게 된다. 결과적으로 액체 상에서의 methanol 농도가 증기 상에서의 methanol 농도보다 낮으므로 PVA의 하이드록실기(-OH)와 용매와의 수소결합의 효과가 감소하게 되고 그 결과 투과증발 공정에 비해 낮은 투과도를 보여주고 있다. 혼합액의 온도에 따른 영향은 공급액의 온도가 증가됨에 따라 투과도가 증가하고 있음을 나타내고 있다. 온도가 증가함에 따라 고분자 사슬의 유동성이 증가하게 되고 그에 따라 막 내부의 자유공간이 증가됨에 따라 용해와 확산이 용이해지게 된다. 결과적으로 온도가 증가함에 따라 투과도가 증가하는 결과를 나타냈다. 또한 온도가 증가함에 따라 포화된 증기압이 증가하게 됨에 따라 막내로의 용해도가 증가하게 된다. 결과적으로 가교제의 조성이 7%인 PVA 막에 대하여 공급액의 온도 30°C에서 MTBE/methanol=90/10 혼합액에 대하여 4.71g/m²hr의 투과도와 4959의 선택도를 보여 주었다.

Fig. 11, 12에서는 MTBE/methanol=80/20 혼합액의 조성에 대한 투과도와 선택도를 보여주고 있다. 가교제 SSA의 조성비와 조업 온도에 따른 투과도와 선택도는 MTBE/methanol=90/10 혼합액에서와 같은 경향을 보여주고 있다. 투과도에 있어 MTBE/methanol=90/10 혼합액에 비하여 높게 나타났으며 선택도에 있어 낮은 값을 나타내었다. 그 이유는 위에서 설명하였듯이 공급되는 증기상에 보다 많은 methanol이 존

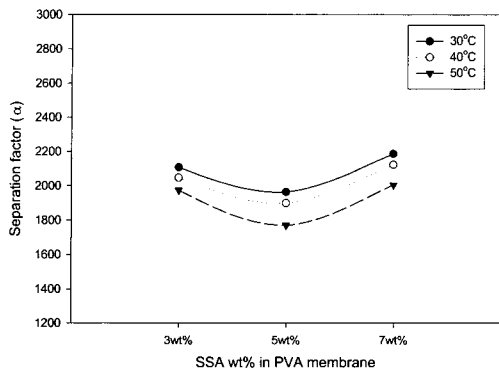


Fig. 12. Separation factor of PVA/SSA membranes for MTBE/methanol=80/20 mixture with varying SSA contents.

재하고 그에 따라 막과 보다 많이 접촉하므로 높은 투과도를 보여주는 것이다.

4. 결 론

본 실험을 통해 가교제 SSA를 이용하여 가교된 PVA 막을 이용한 MTBE-methanol 혼합액의 분리 특성을 증기투과 공정을 이용하여 알아 보았다.

1) 가교제 SSA의 조성비에 따라 제조된 PVA/SSA 가교막을 이용한 순수한 MTBE, methanol 그리고 증기투과 공정에서의 공급액과 동일한 조성의 MTBE/methanol=90/10, 80/20 혼합액에 대하여 팽윤 실험을 수행하였다. 팽윤 실험을 통해 가교제의 조성에 따른 막의 구조와 SSA의 sulfuric acid(-SO₃H), PVA의 하드록실기(-OH)와 용매 사이의 수소결합의 두가지 인자가 막의 팽윤 현상에 있어 상호 보완적으로 작용하였다.

2) PVA/SSA 가교막을 이용한 MTBE/methanol 혼합액의 조성에 따라 조업온도, 가교제 SSA의 조성비에 따른 증기투과 공정 실험을 수행하였다. 투과 특성에 있어 SSA의 sulfuric acid(-SO₃H)가 중요한 인자로 작용하였다. 5%SSA 막에 대해서는 가교도의 영향보다는 PVA의 하드록실기(-OH), SSA의 sulfuric acid(-SO₃H)와 용매와의 수소결합에 의한 효과가 더욱 중요하게 작용하였다. 7%SSA막에 대해서는 용매와의 수소결합보다는 가교제의 양이 증가됨에 따라 가교반응이 증가하여 막의 가교도가 3%, 5%SSA 막에 비해 높아 가교도 영향이 지배적으로 작용하였다. 또한 막과 직접 접촉하는 증기상에 존재하는 methanol의 농도가 투과도에 영향을 주고 있음을 알 수 있었

으며 methanol의 조성비가 증가할수록 막과 접촉하는 양이 증가하여 투과도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 그 결과 공급액의 온도 30°C에서 MTBE/methanol=90/10의 혼합액에 대하여 7%SSA 막의 선택도는 4959, 투과도는 4.71g/m²hr의 투과 특성을 보여 주었다.

참 고 문 헌

1. C. Streicher, P. Kremer, V. Tomas, A. Hubner, and G. Ellinghorst, *Development of new pervaporation membranes, systems and processes to separation alcohol/ether/hydrocarbones mixtures*, Proceedings of 7th International Conference on Pervaporation Processes in the Chemical Industry, Heidelberg, Germany, Feb., 29-307 (1995).
2. J. W. Rhim and Y. K. Kim, *J. of Appl. Polym. Sci.*, **75**, 1699-1707(2000)
3. G. Pecci and T. Floris, *Hydrocarbon Process*, **56**(12), 98-102 (1977).
4. S. J. Ainsworth, *Chem. Eng. News*, 13-16 (June 10, 1991).
5. L. S. Bitar, E. A. Hazbun, and W. J. Piel, *Hydrocarbon Process.*, **63**(10), 63-66 (1984).
6. H. E. A. Brusckhe, German Pat. DE 3,220,570A1 (1983).
7. U. Sander and H. Janssen, *J. Membr. Sci.*, **61**, 113-129 (1991).
8. M. S. Schehlmann, E. Wiedemann, and R. N. Lichtenthaler, *J. Membr. Sci.*, **107**, 277-282 (1995).
9. B. Will and R. N. Lichtenthaler, *J. Membr. Sci.*, **68**, 119-225 (1992).
10. C. K. Yeom and K. H. Lee, *J. Membr. Sci.*, **135**, 225-235 (1997).
11. R. Y. M. Huang and J. W. Rhim, *Polym. Inter.*, **30**, 129 (1993).