

디일렉트로포리시스에 의한 DPS를 포함한 고분자계의 경사형물질 제조에 관한 연구

우 동 진, 문 정 민, 서 문 호*, 이 석 현
아주대학교 분자과학기술학과
*아주대학교 화학생명공학부

A Study on the Manufacturing of Graded Index Polymer Containing Diphenyl Sulfide by Dielectrophoresis

Dong Jin Woo, Jung Min Mun, Moon Ho Suh*, Suck-Hyun Lee
Department of Molecular Science and Technology and *Department of Chemical Engineering, Ajou University, Suwon 442-749, Korea

1. 서 론

디지털 정보화 시대의 도래로 광섬유의 사용은 나날이 증대되고 있는 실정이다. 현재 많이 사용되고 있는 유리 광섬유는 높은 가격과 활용면에서 많은 문제점이 나타나고 있으며 이러한 단점을 극복하기 위해 좀더 효율적이고 활용성이 큰 플라스틱 광섬유가 개발되었다. 그러나 플라스틱 광섬유는 광 투과도가 유리 광섬유보다 낮은 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 경사형 플라스틱 광섬유가 개발 되었는데 이 광섬유의 특징은 반경방향으로 굴절률 차를 주어 광투과도를 높였다는 것이다.¹⁻² 이는 광 투과도가 굴절률 차에 많은 영향을 받는다는 것을 의미한다. 본 연구는 이점에 착안하여 전기장 하에서 디일렉트로포리시스를 이용하여 농도경사형 고분자 물질의 제조가능성을 검토하고자 하였다. 경사형 고분자의 기질로는 Polystyrene (PS)을 사용하였으며 첨가제로는 Diphenyl Sulfide (DPS)를 이용하였다. 고분자기질내의 DPS 농도분포 변화는 자외선 분광기를 이용하여 측정하였다.

2. 이 론

중성입자는 균일한 전기장 하에서 전하가 서로 다른 극성쪽으로 이동하여 전기장 방향으로만 배향하게 된다. 그러나 전기장이 균일하지 않을 때에는 배향과 함께 전기장이 강한 쪽으로 중성입자가 이동을 하게 되며 이를 디일렉트로포리시스라고 한다. 비균일 전기장 속에서 이동하는 중성입자는 전기장에 의한 dielectric force와 농도차로 발생하는 diffusion force, 그리고 마찰에 의한 viscous drag force를 받게 되며, 입자가 균일한 속도로 전기장 속에서 이동한다고 가정하면 force balance는 다음과 같다.

$$F_d + F_{os} + F_\eta = 0 \quad (1)$$

$$F_d = \frac{\alpha V \nabla E^2}{2} \quad (2)$$

$$F_{os} = \frac{kT}{N} \nabla N \quad (3)$$

$$F_\eta = 6\pi a \eta v \quad (4)$$

여기서, α 는 전기분극도, k 는 볼츠만 상수, a 는 입자 반지름, v 는 입자의 이동속도, N 은 농도이다. 정상상태에서 입자의 속도 $v = 0$ 이다. 즉,

$$v = \frac{-z}{r^3} - \frac{D}{N} \frac{dN}{dr} = 0 \quad (5)$$

이다. 결국, 위식을 풀면 정상상태에서의 농도 분포식을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\ln \frac{N}{N_0} = \frac{z}{2D} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r_0^2} \right) \quad (6)$$

여기서, $D = \frac{kT}{6\pi a \eta}$, $z = \frac{\alpha V E_1^2 r_1^2}{6\pi a \eta}$ 이고, r_0 는 시간에 관계없이 초기농도를 유지하는 위치이다.³ 식(6)을 이용하게 되면 정상상태에서의 농도분포를 추정할 수 있다.

3. 실험

농도 경사형 고분자를 제조하기 위해서 고분자 기질로 PS를, 첨가제로 DPS를 사용하였으며 물성은 Table 1과 같다. 실험은 PS에 DPS를 1 wt% 농도로 첨가하여 사용하였다.

본 연구에서 사용한 실험장치는 Figure 1과 같이 제작하였는데 여기서 전력공급장치는 0에서 40 kV까지 변화가 가능하며 본체는 열전쌍이 부착된 제어기를 사용하여 일정한 온도를 유지할 수 있도록 하였다. 실험은 전압 6 kV하의 전기장 내에서 온도를 160, 180 및 200 °C로 각각 변화 시키면서 수행하였으며, 고분자 기질인 PS에 첨가된 저분자물질 DPS의 움직임은 자외선 분광기를 이용해서 측정하였다.

4. 결과 및 토론

Figure 2는 온도변화에 따른 흡광도(농도)의 변화를 보여주고 있는데 실험 실시 후 12시간이 경과한 다음, 반경방향에 따라 측정한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 시편의 중심방향으로 농도가 증가하고 있는데 이는 저분자인 DPS가 디일렉트로포리시스에 의한 효과에 의해 안쪽으로 이동한 결과로 사료된다. 일반적으로 온도가 높아지면 디일렉트로포리시스에 의한 효과는 상승하

는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 온도가 낮은 160 °C의 경우에는 180 °C나 200 °C보다 농도경사가 뚜렷하지 못하였는데 이는 온도가 낮아짐에 따라 기질로 쓰인 PS의 점도가 높아져 점성항력이 증가하고 자유부피는 작아져서 첨가제로 쓰인 DPS의 유동성이 감소한 것으로 사료된다. 한편 200 °C에서는 높은 온도로 인하여 중심부에서 증발이 일어나 농도경사효과가 180 °C의 경우 보다는 뚜렷하지 못하였다.

시간에 따른 농도변화를 관찰하기 위해 반경방향의 바깥쪽부분에서의 흡광도를 1시간, 6시간, 12시간 후에 측정하여 그 결과를 Figure 3에 나타내었다. DPS가 시간에 따라 안쪽으로 계속 이동함으로 인하여 흡광도(농도)가 감소함을 잘 보여주고 있다.

Figure 4는 시간에 따른 각 위치에서의 농도분포를 정상상태식(6)으로 구한 농도분포와 비교한 결과이다. 초기에는 증발로 인해 디일렉트로포리시스에 의한 효과가 관찰되지 않았지만 시간이 지나면서 반경에 따른 농도변화가 나타났다. 그러나 이론적으로 구한 정상상태에서의 농도분포와는 다소 차이를 보여주고 있는데 이는 전기장을 걸어주는 시간이 충분하지 않은 점과 가운데의 전극을 타고 시료가 증발되어 편차가 생기는 것으로 사료된다. 따라서 이에 대한 더 많은 연구가 수행되어야 하리라 생각된다.

본 연구에서는 저분자인 DPS가 고분자인 PS에 침투되어 전기장에 의해 이동하는 것을 자외선 분광기를 이용한 농도분포측정을 통하여 관찰 할 수 있었다. 농도의 변화는 굴절률의 변화를 의미하며 이를 이용하면 경사형 플라스틱 광섬유의 제조가 가능함 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Y. Koike, T. Ishigure, and E. Nihei, "High-bandwidth graded-index polymer optical fiber," IEEE J. Lightwave Technol. 13, 1475-1489(1995).
2. T. Ishigure, E. Nihei, S. Yamazaki, K. Kobayashi, and Y. Koike, "2.5 Gb/s 100m data transmission using graded index polymer optical fiber and high speed laser diode at 650-nm wavelength," Electron. Lett. ,467-468(1995).
3. Herbert A. Pohl , U. S.; "Dielectrophoresis-the behavior of neutral matter in nonuniform electric fields", pp.92-95, Cambridge university press,1978.

Table 1. Physical properties of PS and DPS

	Mw	M.P.(°C)	Tg(°C)	R.I.
PS	230000		97.47	1.59
DPS	186	-40		1.64

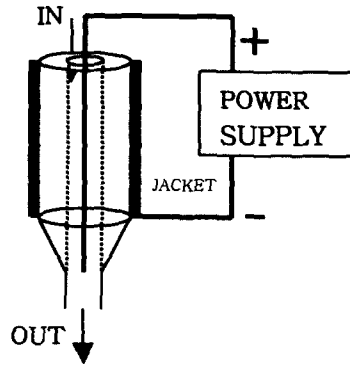


Figure 1. Schematic diagram of experimental setup.

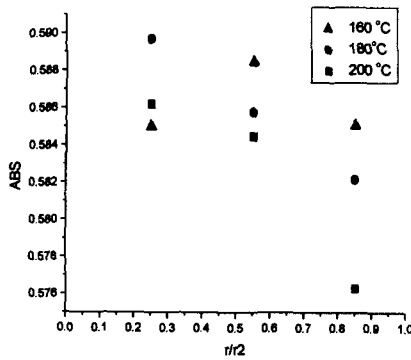


Figure 2. UV spectra of specimen at three positions after 12hr.

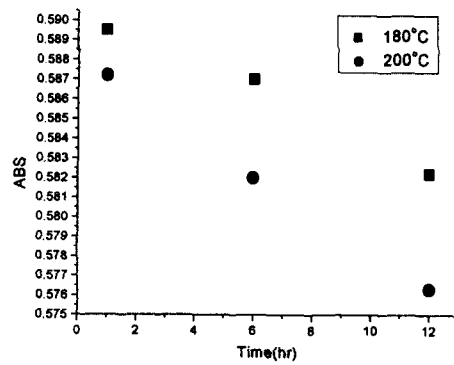
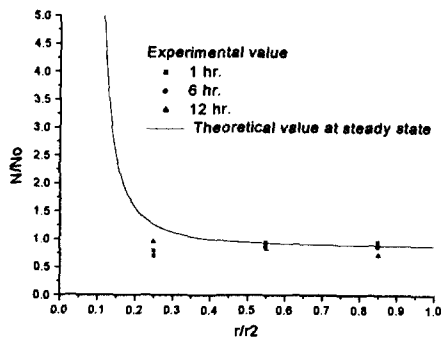
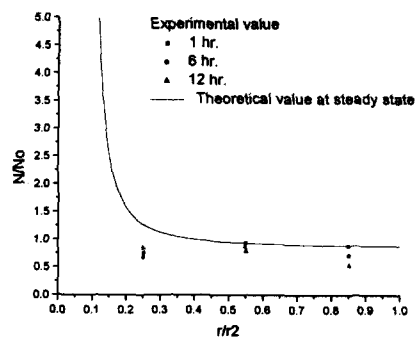


Figure 3. UV spectra of specimen at $r/r_2=0.7\sim 1$ after 1, 6, 12hr.



(a)



(b)

Figure 4. Normalized concentration profile of DPS
(a) 180 °C, 6kV (b) 200 °C, 6 kV.