

Bio-Poly(trimethylene terephthalate) 섬유의 연신 및 열처리에 따른 미세구조와 물성

손주현, 이선희, 김경호, 조현욱
부산대학교 유기소재시스템공학과

Fine Structure and Physical Properties of Bio-Poly(trimethylene terephthalate) Fiber with Drawing and Annealing

Ju-Hyun Son, Sun-Hee Lee, Kyung-Hyo Kim and Hyun-Hok Cho

Department of Organic Material Science and Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

1. 서론

PTT의 결정구조는 PET나 PBT와 마찬가지로 삼사정계이며, 격자상수는 $a=4.58\text{ \AA}$, $b=6.22\text{ \AA}$, $c(\text{섬유축})=18.12\text{ \AA}$, $\alpha=96.9^\circ$, $\beta=89.4^\circ$, $\gamma=110.0^\circ$ 이다. 또한 입체배좌적인 특성에서 볼 때 PET의 결정구조와 PBT β 형의 결정에서 methylene group의 입체배좌가 모두 all-trans형인 fully extended chain이면서 1개의 단량체 단위가 결정 단위격자를 형성하는 반면, PTT의 경우 2개의 단량체가 1개의 unit cell을 이루면서 결정격자 상에서 O-CH₂-CH₂-CH₂-O가 trans-gauche-gauche-trans형의 coiled spring처럼 형성되어 우수한 탄성력과 탄성회복력 및 신축성 등의 물성을 가지고 있다[1,2]. PTT는 유리전이 온도(이하 T_g: 약 40°C~60°C)와 냉결정화 온도(이하 T_{cc}: 약 65°C) 사이의 간격이 불과 15°C 정도로 상당히 좁기 때문에 필름이나 섬유 등의 제조시 적정 연신 온도 및 조건의 설정이 매우 까다롭다.

지금까지 PTT의 생산공정은 PDO를 생산하는 합성법으로 석유화학재료를 사용하였다. 그러나 석유는 언젠가는 고갈될 한정된 자원이며, 가공·정제할 때 더불어 나오는 부산물들은 환경을 오염 시킨다. 따라서 석유를 대체할 자원의 필요성이 대두되었고, 20세기 후반 '무공해·친환경', '재생가능'을 키워드로 등장한 화이트 바이오테크놀로지(White Biotechnology)는 식물과 미생물이 석유를 대체할 자원이라고 강조한다. 이는 섬유 분야에서도 실행되어 DuPont은 최근 PDO의 대체 생산법으로 옥수수를 발효시키는 바이오 물질을 기반으로 하여 Bio-PDO를 개발하였다.

PTT섬유의 연신과 열처리 공정이 구조 안정화에 기여함은 이미 보고 되었으나[3], Bio-PTT섬유에 관한 구조안정화 및 물성에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구에서는 옥수수 발효에 의해 생산된 Bio-PTT섬유와 기존의 석유화학재료를 사용하여 생산된 PTT섬유를 각각 연신 및 열처리하여 구조를 안정화 시키고, 이에 따른 물성을 분석하고 비교하였다.

2. 실험

2.1. 연신 및 열처리

용융방사한 시료의 직경은 200 μm 이며 I.V.는 각각 1.02dL/g, 0.92dL/g인 Bio-PTT섬유와 PTT섬유를 사용하여 각 섬유별로 30mm/min(이하 B30, P30), 60mm/min(이하 B60, P60), 120mm/min(이하 B120, P120), 180mm/min(이하 B180, P180)의 속도로 최대연신비를 구하고, 연신 후 열처리하여 그에 따른 미세구조와 물성을 분석하고 비교하였다.

2.2. 구조 및 물성

적도선 방향의 광각 X-선 회절 강도분포곡선은 Rigaku사의 X-선발생장치를 이용하여 구하였다. 열 분석은 시차주사열량계(Seico DDD 220C)를 이용하여 측정하였으며, 밀도는 사염화탄소와 *n*-헵탄의 혼합액을 사용한 밀도구배관으로 측정하였다. 복굴절률은 편광현미경(Carl Zeiss)을 이용하여 측정하였으며, 동적점탄성은 DMA(Q800 V7.1 BUILD 116 TA INSTRUMENT)의 기기를 사용하여 측정하였다. 인장강신도는 인장시험기(Tinius Olsen 1000)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1, 2는 Bio-PTT섬유와 PTT섬유의 미연신사와 60°C에서 각 속도별로 연신한 섬유의 광각 X-선 회절 강도분포곡선을 나타낸 것이다. PTT 섬유의 경우, $2\theta=15.6$ 에서 (010)면의 회절피크가 나타난다고 알려져 있다[4]. 두 섬유 모두 모든 속도의 연신에 의해서 (010)면의 회절피크가 뚜렷이 나타난다. 또한 연신에 의해 (012)면의 회절피크가 약해지는 것을 볼 수 있다. 이것은 연신에 따라 섬유축 방향으로 결정이 배향하기 때문이라 생각된다. 속도가 증가할수록 피크가 예리해짐을 볼 수 있는데 이는 속도가 증가할수록 최대연신비의 증가의 영향으로 보이며, 속도의 증가가 연신비 및 결정성의 증가에 효과가 있음을 확인할 수 있다. 또한 동일한 연신속도에서 얻어진 Bio-PTT섬유와 PTT섬유를 비교해보면, Bio-PTT섬유의 회절 강도가 PTT의 회절 강도보다 발달하고 있다. 이로 인해 PTT섬유보다 Bio-PTT섬유에서 연신에 의한 배향유도결정화가 더욱더 효과적으로 진행됨을 알 수 있다.

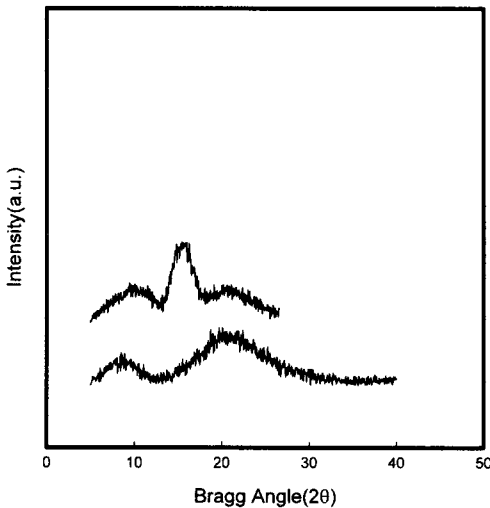


Figure 1. WAXD scans of Bio-PTT fibers at various drawing velocity

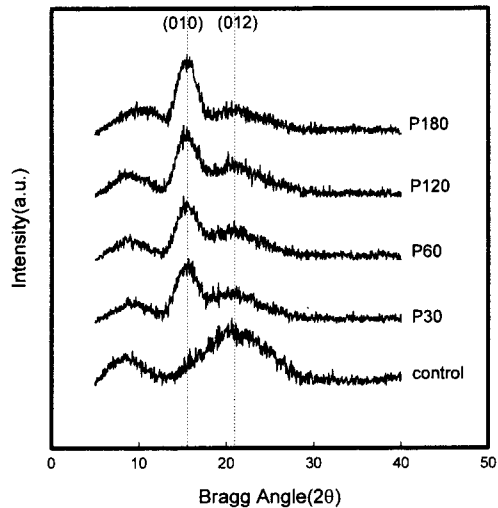


Figure 2. WAXD scans of PTT fibers at various drawing velocity

4. 참고문헌

1. I. J. Deboriugh, I. H. Hall, and J. Z. Neisser, "The Structure of Poly(trimethylene terephthalate)", *Polymer*, 20, 545(1979)
2. R. Jakeway, I. M. Ward, M. A. Wilding, I. H. Hall, and I. J. Desborough, "Crystal Deformation in Aromatic Polyesters", *J. Polym. Sci. : Polym. Phys. Ed*, 13, pp.799-813(1975)
3. H. J. Yoon, J. A. Kim and H. H. Cho, "Poly(trimethylene terephthalate)섬유의 연신과 열처리에 따른 구조 안정화", *J. Korean Fiber Soc.*, 38, 634(2001)
4. J. H. Bae, Y. H. Kim and K. J. Kim, "Proceeding of the Asian Textile Conference", pp.973(1999)