

용융방사에 의해 제조된  
폴리트리메틸렌테레프탈레이트 섬유의 띠연신

윤원식, 이현석, 지병철\*, 손태원, 류원석  
영남대학교 섬유패션학부, \*경북대학교 염색공학과

Zone Drawing of Melt-Spun  
Poly(trimethylene terephthalate) Fiber

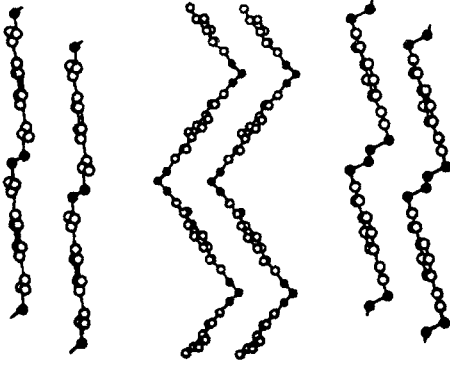
Won Sik Yoon, Hyun Seok Lee, Byung Chul Ji\*, Tae Won Son, and Won Seok Lyoo

School of Textiles, Yeungnam University, Kyongsan, Korea  
\*Department of Dyeing & Finishing, Kyungpook National University,  
Taegu, Korea

1. 서론

폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)는 물리적, 기계적 성질이 우수하여 섬유, 필름, 성형재료 및 엔지니어링 플라스틱 등으로 다양하게 사용되고 있으나, 용점이 너무 높아가공하기 어려운 단점을 가지고 있다. PET의 물성을 유지하면서 가공성이 향상된 섬유재료의 개발을 위해 연구한 결과<sup>1) 6)</sup>에 따르면, 폴리에스테르의 물성유지를 위해서는 방향족 diacid인 테레프탈산의 존재가 중요하며 가공성은 diol의 종류에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 특히 PET의 diol인 ethylene glycol을 1, 3-propandiol로 바꾸어 제조된 폴리트리메틸렌테레프탈레이트(PTT)는 고결정성이면서 강도가 강한 고분자로서 PET에 비해서 용점이 20~30℃정도 낮아서 가공성이 향상되면서도 물성의 저하는 크지 않으며, 직물의 초기 탄성률이 낮아서 유연성이 우수한 장점이 있어서 PET에 버금가는 고분자재료로 인식되어 왔다. 1941년 Caligo Printing Ink사의 Whinfield와 Dickson에 의해 PET와 함께 처음으로 그의 중합방법이 보고되었으나 제조 원료인 1,3-propandiol의 높은 가격 때문에 PET나 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT)에 비해서 그 동안 널리 사용되지 않았는데, 1995년 Shell Company에서 경제적인 1, 3-propan-diol의 제조방법을 개발하여 PTT의 상업화가 가능해 졌다.<sup>7) 8)</sup> PTT는 신축성 및 염색성 등이 기존 PET나 PBT보다 우수한 것으로 알려져 있기 때문에 산업용 용도의 엔지니어링 플라스틱이나 필름이외에도 carpet용, 의류 용도의 섬유등 용도 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

축합중합으로 중합된 고분자는 탄소의 수가 짝수인가 홀수인가에 따라 다른 물성을 가진다고 알려져 있다. PTT는 화학적 구조에 있어서는 PET나 PBT와 매우 유사하나 PET나 PBT는 diol부분의 탄소수가 2개와 4개로 짝수인 반면, PTT는 3개로 홀



PET                  PTT                  PBT

수이기 때문에 PTT의 분자구조는 PET와 PBT와는 달리 굽어져 있으며 PET와 PBT는 결정의 c방향의 길이나 분자쇄가 완전히 퍼진 길이가 거의 같은 반면(PET 98%, PBT 88%( $\alpha$ 형) 96%( $\beta$ 형)), PTT는 탄소수가 홀수이므로 약 60° 정도 각도를 가진 나선형 구조가 되어 결정의 c방향의 길이가 분자쇄가 완전히 퍼진 길이의 75%에 불과하기 때문에 신장을 시키면 스프링이 늘어나는 것처럼 결정의 결합각의 회전과 결합각이 변하면서 늘어나는 것으로 알려져 있다.<sup>9)</sup>

본 연구에서는 PTT 분자의 효과적인 배향을 위해 띠연신을 행하였으며 방사온도 및 연신비가 PTT 섬유 물성 및 구조의 변화에 미치는 영향에 대하여 알아보았다.

## 2. 실험 및 분석

본 연구에서는 PTT(IV 0.92) chip을 건조후 235, 245, 255 및 265°C에서 용융방사하여 섬유화 하고 이를 30°C에서 냉연신 및 135, 150, 180, 200 및 230°C에서 띠연신 속도 10mm/min로 띠연신 하였다.

연신비에 따른 강도, 탄성계수 및 변형률을 Instron(Micro 350, Testometric Co.)을 사용하여 시료길이 100mm, test speed 100mm/min의 조건으로 측정하였다. 시차주사열량계(DSC 2010, TA Instrument Co.)를 사용하여 방사온도 및 연신비에 따른 용점, 유리전이온도 및 결정화온도를 조사하였으며 편광현미경(Olympus BH-2)을 이용하여 방사온도 및 연신비에 따른 복굴절을 측정하였고 X-ray diffractometer(Rigaku D/Max-2500)를 사용하여 결정화도 및 배향도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

동일 연신비에서 제조된 시료의 비강도를 조사해 보면 연신온도에 따라 그다지 큰 차이를 보이지 않는다. 이로부터 띠연신된 섬유의 비강도는 연신온도보다는 연신비에 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 1은 연신온도에 따른 최대연신비를 나타낸 것으로서 연신온도가 높아질수록 분자들의 움직임이 자유로워져 변형이 용이해지기 때문에 180°C에서 최대치를 보이고 용융온도 부근에서는 오히려 감소하는 경향이 있다. 이는 낮은 온도에서는 비결정부분이 주로 연신되는데 반하여 높은 연신온도 영역에서는 PTT 사슬의 결정화가 동반되므로 연신성이 떨어지는 것으로 예측된다.

Fig. 2에서는 여러 연신비를 갖는 PTT 섬유들의 시차주사열량분석 결과를 나타내

었는데, 미연신 PTT 섬유 의 경우 60℃ 부근에서  $T_g$  및 220℃ 부근에서  $T_m$ 을 관측할 수 있었다. 연신비가 증가하면  $T_g$ 와  $T_c$ 사이의 간격이 감소하고 연신비가 2.5이상이면  $T_g$ 와  $T_c$ 는 거의 감지되지 않는 반면, 동일 연신비(4배)에서 비교했을 때 냉연신 시료에서  $T_c$ 가 나타남을 알 수 있는데 이는 냉연신의 경우 비결정부분이 주로 연신되기 때문이다.

#### 4. 참고문헌

- 1) Br. Patent 578,079 (1941).
- 2) U. S. Patent 2,465,319 (1949).
- 3) H. H. Chuah, H. S. Brown and P. A. Dalton, International Fiber J., Oct, (1995).
- 4) H. H. Chuah, F. Werny, and T. Langley, the Paper Presented at International Conference and Exhibition of the Am. Assoc. Textile Chem. Color., (1995).
- 5) U. S. Patent 5,459,229 (1995).
- 6) K. Dangayach, H. Chuah, W. Cergen, P. Dalton, and F. Smith, the Paper Presented ANTEC Conference, (1997).
- 7) H. H. Chuah, F. Werny, and T. Langley, the Paper Presented at International Conference and Exhibition of the Am. Assoc. Textile Chem. Color., (1995).
- 8) U. S. Patent 5,459,229 (1995).
- 9) Z. Mencik, J. Polym. Sci.: Polym. Phys. Ed., 13, 2173 (1975).

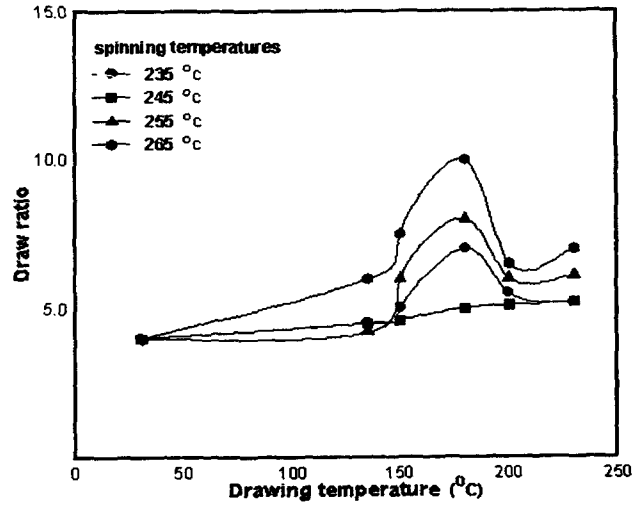


Fig. 1 Maximum draw ratios of PTT fibers at different drawing and spinning temperatures.

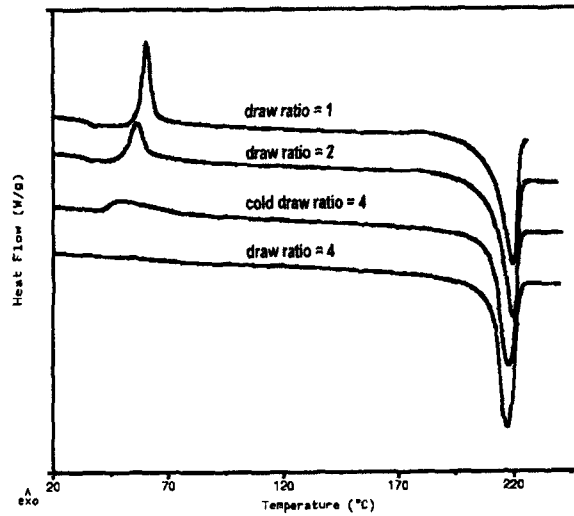


Fig. 2 DSC curves of PTT fibers with various draw ratios.