

Poly(trimethylene terephthalate) 섬유직물의 열처리에 따른 탄성변화에 관한 연구

민병길 · 최영희 · 김길자

금오공과대학교 신소재시스템공학부 섬유패션공학전공

1. 서론

Poly(trimethylene terephthalate) (PTT)는 poly(ethylene terephthalate)(PET)나 나일론과 비슷한 시기인 1940년대에 Whinfield and Dickson of Caligo Printing Ink[1,2]에 의해서 최초로 합성되었다. PTT수지의 우수성은 이미 알려져 있었지만 핵심원료인 1,3-propanediol (PDO)의 상용기술이 확보되지 않아 상업생산이 이루어지지 못했으나, 1990년대초 Shell chemicals사가 ethylene oxide의 hydroformylation으로 PDO를 합성하는 루트를 개발하여 원가를 혁신한 PDO의 생산에 성공함으로써 PTT가 상업화 되었다.[3,4] PTT는 PET, PBT와 분자량이나 분자량 분포가 비슷하며, nylons, PET 및 PBT가 주도하고 있는 섬유, 필름, 엔지니어링 플라스틱 시장을 목표로 한다는 점도 유사하다. PTT의 합성은 비록 새로운 것이 아니지만 이 고분자를 둘러싼 기술의 개발은 카펫, 섬유, 필름, 패키징, 엔지니어링 플라스틱 등의 분야에서 새로운 가능성을 열어주고 있다. 또한, PDO를 원료로 하는 PTT와 그 공중합체, poly(trimethylene naphthalate), poly(trimethylene isophthalate) 등도 새로운 재료로서 주목 받고 있다.

PTT섬유는 신축성, 레질리언스, 내화학성, 염색성, wool-like feel이 나일론보다 같거나 우수하여 의류용 및 카펫용으로 기대되고 있다. 예를 들어 일반 가정에서 15년간의 wear and tear에 해당하는 300,000번을 PTT섬유로 만든 카펫 위를 밟는 테스트를 한 경우, 거의 대부분의 항목에서 나일론보다 같거나 우수한 것으로 나타났다.[5] 또한 나일론섬유와는 달리 고유한 방오성(stain resistance)을 가지고 있으며 정전기가 잘 생기지 않고 수분흡수도 낮으며, 특히 UV light, ozone 및 NOx 등에 대한 내후성도 나일론보다 훨씬 우수하다.

PTT섬유는 나일론과 폴리에스터의 장점을 합친 물성을 가지는 것 중에서 염색성이 우수하다는 특징도 가지고 있다. PET섬유와 같이 분산염료로 염색이 되는 반면에 100℃에

서 충분히 염색이 이루어 질 수 있다는 점이 PET섬유와 다른 점이다. 또한 의류소재로 사용될 때에는 독특한 나선형 분자구조로 인하여 스판덱스 섬유를 혼용한 직물에 버금갈 정도로 신축성이 매우 뛰어난 것과 부드러운 hand 그리고 상압염색이 가능하다는 것이 가장 큰 장점이다. [6]

그러나, 국내의 SK Chemicals와 한국합섬(주)에서 원사를 제조하여 제직업체에 제공하여 직물을 만드는 과정에서 몇 가지 문제점이 드러났다. 그 중에서도 가장 문제가 되고 있는 것은 PTT직물 특유의 신축성이 열고정(heat set)과정에서 거의 사라진다는 점이다. 합성섬유 직물에서 열고정은 형태안정성을 위하여 필수적이므로 이에 대한 학문적 연구의 뒷받침이 요구되고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점의 원인을 학문적 체계적으로 규명하여 가능성이 무한한 새로운 신소재인 PTT섬유가 직물로 사용될 수 있도록 하기 위해서 PTT섬유와 직물의 열처리에 따른 물성과 모폴로지의 변화에 관해서 연구하였다.

2. 실험

PTT원사는 한국합섬(주)에서 제공받은 POY(partially oriented yarn)과 SDY(spin-drawn yarn)을 사용하였으며, PTT직물은 경사와 위사를 각각 75/24, 150/48의 DTY (draw-textured yarn)로 능직으로 제직한 생지를 사용하였다. 섬유와 직물의 열처리에는 PEG400 매질 속에서 80℃~180℃사이의 일정온도에서 1분간 일정길이상대 및 무긴장상태로 행하였다. 처리된 시료는 Instron 4465 인장시험기로 인장시험을 행하였으며 duPont DSC 910을 사용하여 20℃/min의 가열속도로 열분석을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

PTT섬유는 탄성회복성, 내화학성, 염색성 등이 탁월한 것으로 널리 알려져 있다. PTT섬유는 나일론이나 PET섬유가 가지고 있지 않은 독특한 스트레치성을 가지고 있다. 또한, 나일론처럼 부드럽고 상압에서 염색이 가능한 점 등 우수한 장점을 가지고 있는 신소재로 각광받고 있다. 이와 같은 특성은 PTT분자의 독특한 구조와 상당한 연관성을 가지고 있다. PTT는 odd-number의 *n*-methylene glycol인 PDO를 사용함으로써 PPT의 chain

conformation은 Figure 1과 같이 독특한 결정구조를 가지고 있다.[5] PET는 알킬렌기가 trans-trans 구조를 취하는데 비해서 PTT는 trans-gauche-gauche-trans 구조를 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서 PET 분자쇄는 완전히 펼쳐진 구조를 갖는 반면에 PTT는 펼쳐진 zigzag 구조를 갖는다.[7]



Figure 1. Chain conformation of PTT(a) and PET(b) polymers.[5]

Figure 1에서 잘 알 수 있는 바와 같이 PTT분자는 선형성인 PET사슬보다 분자축 방향으로 훨씬 굴곡이 커서 독특한 "spring-like"한 구조를 가지고 있기 때문에 resilience가 매우 좋고 PTT 원단에 부드러움과 뛰어난 신축성을 부여한다.

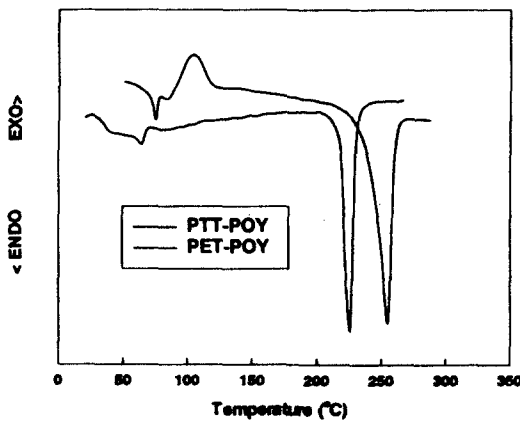


Figure 2. DSC thermograms of PTT POY and PET POY.

PTT는 Figure 2의 DSC 분석에서와 같이 유리전이온도(T_g)가 약 50°C 이고 용점이 약 225°C 인 선형의 결정성 폴리에스터계 고분자이다. PET보다는 약간 낮은 T_g 와 T_m 을 가지고 있다. PTT는 PET에 비해서 결정화속도가 빠른 것으로 알려져 있다. [7,8] 동일한 권취속도로 얻은 PET POY와 PTT POY를 비교해 보면 가열할 때 PET의 경우 T_g 를 지난 직후에 냉결정화가 일어나는 반면에 PTT의 경우는 결정화가 뚜렷하지 않은 것으로 보아 이미 방사 중에 결정화가

거의 일어났다는 것을 의미한다.

Figure 3은 PTT POY의 인장시험곡선이다. 5%전후의 신도에서 항복점을 나타내었으

며 약 55%의 신도와 3.5g/d의 강도를 가지고 있었다.

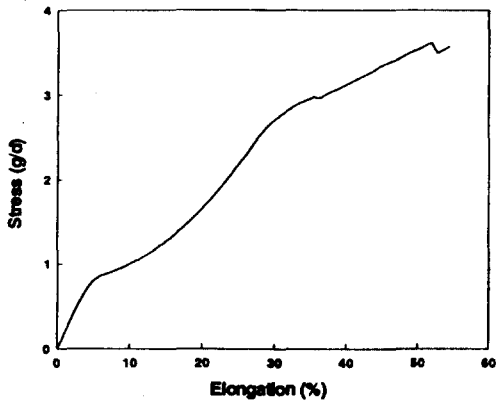


Figure 3. Tensile strain-stress curve of PTT SDY.

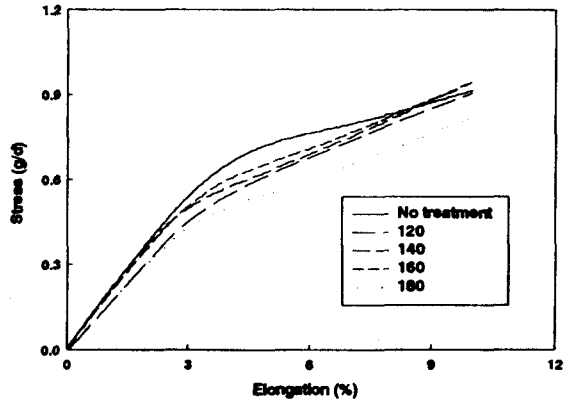


Figure 4. Strain-stress curves for PTT SDY after heat-treatment.

Figure 4는 PTT-SDY를 여러 온도에서 1분간 열처리한 후 측정한 인장시험곡선이다. 열처리에 따라서 초기 탄성률과 항복강도가 오히려 낮아지는 경향을 보이고 있다. 일정길이를 유지하면서 열처리한 시료인데도 불구하고 열처리 온도가 증가할수록 물성이 저하되는 것은 특이한 현상으로 보인다. 이의 확인을 위해 추가시험을 진행하고 있다.

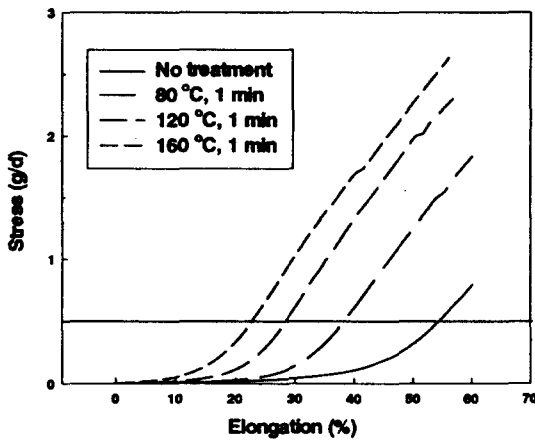


Figure 5. Tensile elongation-stress curves for PTT woven fabrics after heat-treatment at a constant length.

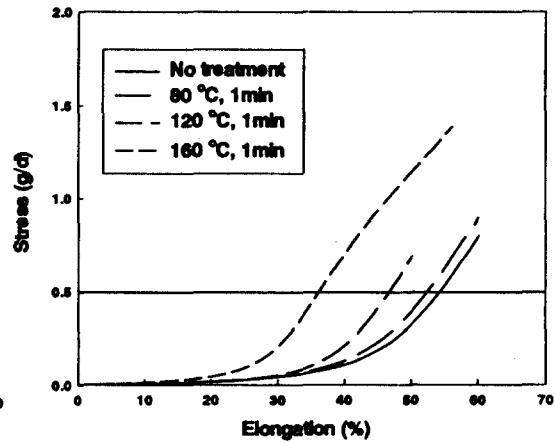


Figure 6. Tensile elongation-stress curves for PTT woven fabrics after heat-treatment without tension.

Figure 5와 6은 PTT-DTY 능직 직물을 각각 일정길이방식과 무긴장상태로 열처리한

후 얻은 인장시험결과이다. 열처리에 따라서 초기의 크림프가 풀리는 영역(uncrimping region)의 신도가 크게 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 열처리 후에 실제로 손으로 분명히 느낄 수 있을 정도로 크게 차이가 났다. Figure 6의 무긴장상태로 처리한 경우에도 장력하에서 처리한 경우보다 감소정도는 낮으나 역시 크게 감소하고 있는 것을 알 수 있다.

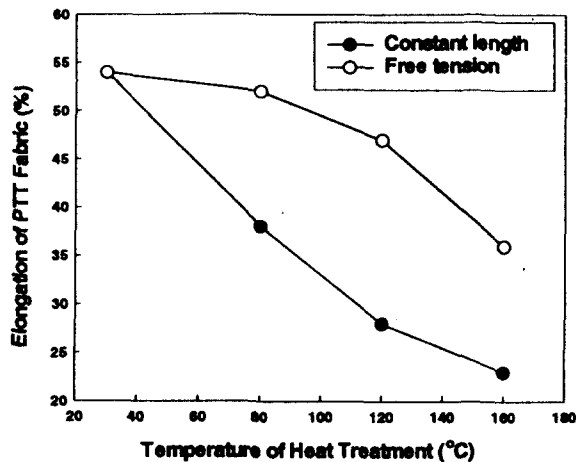


Figure 7은 용력이 0.5 g/d일 경우 직물의 신도를 나타낸 것이다. 80°C의 낮은 열처리에서도 크림프의 신축도가 크게 낮아지고 있는 것은 특이한 현상으로 보인다.

이 결과는 PTT 고유의 신축성이 열처리에 의해 사라지는 것을 잘 보여주는 것으로서 그 원인을 분석하기 위하여 전자현미경 등을 이용하여 계속 연구중에 있다.

Figure 7. Effect of heat-treatment on the elongation of PTT woven fabrics at the tensile stress of 0.5 g/d.

참 고 문 헌

1. Br. Patent 578,079 (1941).
2. U.S. Patent 2,465,319 (1949).
3. H.H. Chuah, *Chem. Fiber Ins.*, **46**(6), 424 (1996).
4. H.S. Brown and H.H. Chuah, *Chem. Fiber Int.*, **47**(1), 72 (1997).
5. Shell Chemicals 홈페이지, <http://www.shellchemicals.com/corterra>
6. SK Chemicals 홈페이지, <http://www.skchemicals.com>
7. Y.H.Kim, K.J.Kim and K.M.Lee, *J. Kor. Fiber Soc.*, **34**(12), 860 (1997).
8. J-M. Huang and F-C.Chang, *J. Polym. Sci.:Part B: Polym. Phys.*, **38**, 934 (2000).