

〈研究論文(學術)〉

연속순간 평판 열처리에 의한 폴리(트리메틸렌 테레프탈레이트) 섬유의 염색성

¹홍성학·최창남*·최 희**·송민규·김 용

한국섬유개발연구원, *전남대학교 섬유공학과, **전남대학교 의류학과
(2003. 1. 24. 접수/2003. 4. 2. 채택)

Dyeability of Poly(trimethylene terephthalate) Fibers Annealed by Passing on the Plate Heater

¹Seong Hag Hong, Chang Nam Choi*, Hee Choi**, Min Kyu Song, and Ryong Kim

Korea Textile Development Institute, Daegu, Korea

*Department of Textile Engineering, Chonnam National University, Kwangju, Korea

**Department of Clothing and Textiles, Chonnam National University, Kwangju, Korea

(Received January 24, 2003/Accepted April 2, 2003)

Abstract—PTT[Poly(trimethylene terephthalate)] fiber was annealed by passing on the plate heater to illuminate the effects of annealing on the mechanical properties and dyeability with varying the treatment temperature for 0.5 second. The apparent crystal sizes and crystallinity were increased with increases in temperature. With the increases of the temperature, the dynamic viscoelastic behaviors were analyzed to be reduction in T_{max} ($\tan\delta$). The initial modulus were observed to be a small enhanced. The shrinkage in hot water were reduced. The dyeability for disperse dye enhanced dramatically, for example, a satisfactory degree of exhaustion was obtained by dyeing at 95 °C for 30 min with the PTT fibers heat treated at 180 °C.

Keywords : PTT[poly(trimethylene terephthalate)] fiber, annealed by passing on the plate heater, mechanical properties, dyeability

1. 서 론

PET 섬유는 결정성이 높다는 점과 비결정 영역의 충전 밀도가 높다는 점 그리고 화학 구조적으로 소수성이기 때문에 수중에서도 비결정 영역의 분자운동성이 낮아 자유체적이 적어 높은 T_g 를 갖는 점 등 때문에 난염성을 나타낸다. 이러한 PET 섬유의 난염성을 극복하기 위한 이염화 방법으로 상압하에서 염색을 가능하게 하는 것과 양이온 염료로서 염색이 가능하게 하는 것 등의 방법이 있다^{1~2)}. 전자의 경우 제3성분의 공중합 방법과 열처리에 의한 방법이 있는데, 모두 섬유의 물리적

특성 저하를 동반한다.

일반적으로 PTT 섬유의 결정화도는 PET에 비하여 낮는데 이러한 낮은 결정화도에 의해 PET 및 나일론에는 없는 특징을 섬유에 부여하고 있다. 즉, PTT 섬유는 지그재그형 분자 구조를 갖고 있기 때문에 우수한 신축성과 유연성을 나타낸다³⁾. 또한 PTT 섬유는 110 °C에서 견뢰도가 우수한 농색의 염색이 가능하기 때문에 염색온도 차이에 의해 문제 시되는 양모나 탄성섬유와의 우수한 상용성을 나타낸다. 이 외에도 나일론과 비슷한 방오성 PET와 유사한 반발성 등의 특징을 나타낸다.

PTT 섬유의 염색은 PET 섬유의 염색과 크게 다르지 않은데, 염색온도가 PET에 비하여 약 20 °C 정도 낮은 온도에서 행한다는 차이점이 있다. PTT

¹Corresponding author. Tel. : +82-53-560-6658; Fax.: +82-53-560-6677; e-mail: shhong@textile.or.kr

섬유의 T_g 는 약 55°C 정도로 PET의 약 80°C 정도보다 낮기 때문에 중 에너지형(SE type) 분산염료의 임계온도범위(염료가 10~90% 흡진하는 온도 범위)는 $70\sim 110^\circ\text{C}$ 이다. 즉 SE형 분산염료의 경우에는 110°C 에서 충분한 고착이 얻어진다는 것을 의미한다. 또한 섬유내부의 확산은 110°C 에서 20~40분의 염색으로 완료된다 보다 고 에너지를 필요로 하는 S형 분산염료의 경우, 내부확산에는 120°C 에서 30~60분 정도의 염색 시간이 필요하게 된다⁴.

한편, DyStar사에서 컴퓨터를 이용한 최적 염색 시간 및 처방 결정 시스템인 Optidye에 의한 PTT 섬유의 최적 염색 조건을 설정한 결과 PTT 섬유의 염착 속도는 8로서 PET의 0.7~2.0보다 매우 빠르며, 염착에 영향을 미치는 온도 범위는 평균 25°C 로서 PET와 유사하다고 하였다 또한 섬유의 균염 인자는 0.5로서 PET의 1에 비하여 낮기 때문에 승온 속도는 통상 PET의 1/2 정도가 적당하다고 하였다⁹.

이상의 선행 연구 결과를 종합하여 볼 때 PTT 섬유를 공업적으로 우수한 염색 결과를 얻기 위해서는 $110\sim 120^\circ\text{C}$ 의 염색 온도가 필요하다고 할 수 있으며, 이것은 캐리어염색법 또는 용제보조염색법 등 특수한 염색방법을 사용하지 않는 한 고압 염색법을 사용해야 한다는 것을 의미한다.

섬유는 제품화되기까지 수많은 열 이력을 동반하며, 열 이력의 차이에 의해 섬유의 염색성이 크게 달라지기 때문에 열 이력에 의한 섬유의 염색성 변화 고찰은 매우 중요한 연구 분야이다. PTT 섬유의 경우도 열처리에 대한 연구가 몇몇 보고되었다⁶⁻⁹. 그러나 대부분 평이한 온도 범위와 공업적으로 응용할 수 없을 정도의 장시간 열처리에서의 연구 뿐으로서 PTT 섬유의 T_m 부근의 고온과 공업적으로 적용할 수 있는 순간적인 열처리 시간

범위의 연구보고는 찾아 볼 수 없었다.

따라서 본 연구에서는 공업적으로 이용이 가능한 열처리 장치를 이용하여 비교적 고온인 $160\sim 200^\circ\text{C}$ 에서 0.5초의 연속순간 평판열처리를 실시하고, X-선 회절계, DMA 및 DSC 등을 이용하여 PTT 섬유의 미세구조 변화를 고찰하였으며, 미세구조 변화에 따른 염색성의 변화에 대하여 검토해보았다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

2.1.1 시료

본 논문에서 사용한 PTT 섬유는 국내 원사 제조 업체인 (주)휴비스사의 시판품인 PTT 75d/72f SDY 필라멘트사를 정련 등 별도의 공정 없이 그대로 시험에 사용하였다.

2.1.2 염료

PTT 섬유 염색용 염료는 C.I. Disperse Blue 79를 사용하였고, 그 제원을 Table 1에 나타내었다. 시험에 사용하기 전 염료에 포함되어 있는 분산제, 염료의 농도 조절용 첨가제 등 각종 불순물을 제거하기 위해 정제하여 사용하였다. 분산염료의 정제는 미정제 염료 20g을 취하여 물 1000 ml에 분산시키고, 80°C 로 가열한 후 60°C 정도로 방냉하여 여과 분리 건조하였다¹⁰.

2.1.3 기타 시약

PTT 섬유의 밀도 분석에 n-헵탄과 CCl_4 용매를 사용하였고, 분산염색시 pH 조정용 시약으로 아세트산(CH_3COOH)을 사용하였다. 또한 분산 염색시 염료의 회합 방지를 위한 분산제(상품명: SUNSOT RM-800, 한국정밀화학)는 공업용 시판 상품을 별도의 정제 없이 그대로 사용하였다.

Table 1. Chemical structure of disperse dye used in this study

C.I. Disperse	Structure	Mw
Blue 79		623
Jesperse Navy Blue S-2GL		

2.2 시험 방법

2.2.1 연속순간 평판열처리 PTT 섬유의 제조

PTT 섬유의 연속순간 평판열처리 장치는 Draw Texturing Machine TH212(AIKI Seisakusyo LTD, Japan)을 사용하였으며, 장치의 모식도를 Fig. 1에 나타내었다. PTT 섬유의 열처리 온도는 비교적 고온인 160℃부터 200℃까지 10℃ 간격으로 조정하였으며(200℃ 이상의 열처리 온도에서는 PTT 섬유가 일부 용융되어 균일한 시료를 제조할 수 없었다), 열처리 시간은 PTT 섬유의 히터 표면 통과속도를 120m/분으로 하여 열처리 시간을 0.5초에서 연속순간 열처리 시료를 제조하였다.

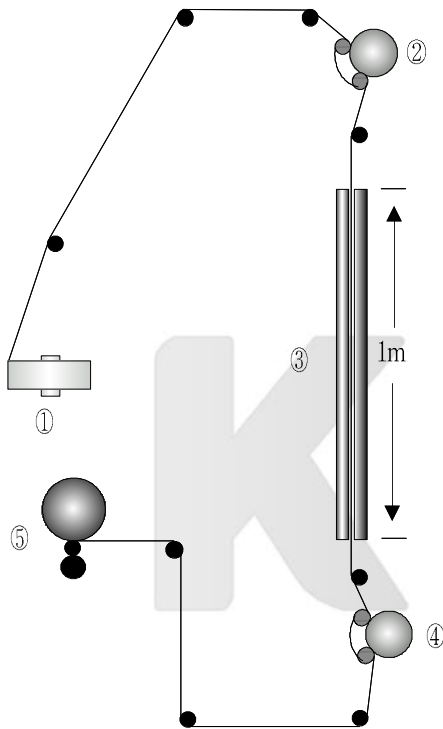


Fig. 1. Schematic diagram of annealing apparatus by passing on the plate heater.

① PTT filament ② feed roller ③ heater ④ draw roller ⑤ winder.

2.2.2 X-선 회절 분석

PTT 섬유의 열처리 전후에 있어서 겉보기 미결정 크기(*t*)의 측정은 X-선 회절계(D/MAX 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하였다. X-선 광원은 Ni 필터로 여과한 Cu-K_α(λ=1.54 Å)을 이용하여 적도선 방향으로 회절시켜 X-선 회절강도 곡선을 얻었

고, 아래의 식을 이용하여 겉보기 미결정의 크기를 구하였다.

$$t(\text{Å}) = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos \Theta} \quad (1)$$

여기서, *t* : 겉보기 미결정의 크기(Å)

K : 결정형성 인자(*K*=1)

λ : X-선의 파장

β : 반가폭

Θ : 피크의 Bragg 각

2.2.3 결정화도

각 시료의 밀도(ρ)는 n-헵탄(0.684g/cm)과 CCl₄(1.632g/cm)로 이루어진 25±0.5℃의 밀도구배관을 이용하여 측정하였고, 이를 이용하여 아래의 식에 따라 중량 분율 결정화도(*X_c*)를 구하였다. 이때 100% 결정성 PTT의 밀도(1.43g/cm)와 100% 비결정 PTT의 밀도(1.30 g/cm)는 문헌상의 값을 취하였다¹¹⁾.

$$X_c = \frac{\rho_c(\rho - \rho_a)}{\rho(\rho_c - \rho_a)} \quad (2)$$

여기서, *X_c* : 중량분율 결정화도

ρ : 시료의 측정 밀도(g/cm)

ρ_a : 100% 비결정 PTT의 밀도(1.30g/cm)

ρ_c : 100% 결정 PTT의 밀도(1.43g/cm)

2.2.4 동적 점탄성

온도에 따른 비결정 분산의 정도는 동적 점탄성 측정장치(Rheovibron DDV-01FP, Orientec, Japan)를 이용하였다. 진동수 110Hz, 파지길이 4cm, 승온속도 2℃/분, 온도범위 30~220℃로 하여 저장탄성률(*E'*)과 손실탄성률(*E''*)을 측정하여 tan δ값을 구하였다.

2.2.5 열 분석

시료의 T_g 측정은 Differential Scanning Calorimeter(DSC, Shimadzu Ltd., Japan)를 이용하여 분석하였다. 승온 속도는 8℃/분, 최종 온도는 250℃이었다¹²⁾.

2.2.6 초기 탄성률

시료의 초기 탄성률을 측정하기 위해 시료를 표준상태의 시험실에서 1일 동안 방치한 후 정속 신장식인 자동인장강도시험기 Uster Tensorapid 4(Zellweger Uster Ltd., UTR-SP, Swiss)를 이용하여 시료길이 25mm, 인장속도 1000mm/분의 조건에서 신도 0~1% 사이의 하중-신장 곡선의 기울기를 10회 측정하여 평균값을 취하였다.

2.2.7 열수 수축률

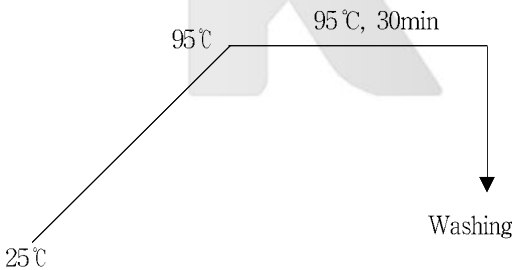
시료에 초기 하중 9.6g을 걸고, 정확히 500mm를 측정하여 2점을 찍고 초기 하중을 제거하였다. 이것을 열수 중에 30분간 침지한 후 꺼내어 흡수지로 물을 제거한 다음 공기로 건조 후 다시 초기 하중을 걸고 2점간의 길이를 측정하여 아래의 식에 따라 계산하였다. 시험은 3회 반복하였으며 그 평균값을 취하였다.

$$\text{열수 수축률(\%)} = \frac{l_0 - l}{l_0} \times 100 \quad (3)$$

여기서, l_0 : 처리 전의 길이
 l : 처리 후의 길이

2.2.8 염색

분산염료를 이용한 연속순간 열처리 PTT 섬유 염색은 자동 교반기(高麗科學, Korea)를 이용하여 Scheme 1의 공정도에 따라 상압 염색을 실시하였다. 사용된 염료는 C.I. Disperse Blue 79를 사용하였고, PTT 섬유는 랩 릴(wrap reel, Zweigle, German)에서 0.5g 이 되게 감아 타래 상태로 비이커에서 염색하였다. 욕비는 1:100으로 하였으며, 염색 농도는 2% o.w.f., 승온 속도는 1℃ 분으로 설정하였다. 염료의 섬유에 대한 염착량의 측정에는 10℃ 마다 잔류 염색의 농도를 측정하였다. 염색의 농도 측정은 UV/Vis 분광 광도계(Cary-3E, Varian, U.S.A.)를 이용하여 분산제 및 염색조제를 보정하여 측정하였다.



- Dyestuff : C.I. Disperse Blue 79
- PTT fiber : 0.5g
- Dyeing concentration : 2% o.w.f.
- Bath ratio 1:100
- Disperse agent : 0.5g/l
- pH 5

Scheme 1. Dyeing process of PTT filament with disperse dyes.

3. 결과 및 고찰

3.1 미세구조

Fig. 2는 공급 롤러와 연신 롤러의 속도비를 일정하게 유지하여 롤러의 속도비에 따른 미세구조 변화의 가능성을 배제한 상태로 열처리 시간 0.5초에서 열처리 온도를 160℃부터 200℃까지 변화시키면서 열처리 한 PTT 시료의 적도선 방향의 X-선 회절강도분포 곡선 변화이다. 적도선 방향에서 (010)면의 회절 피크가 $2\theta=15.6^\circ$ 에서 관찰되었다. 미처리 시료의 X-선 회절강도분포 곡선은 완만하지만 160℃에서 열처리된 PTT 섬유는 미처리 시료에 비하여 X-선 회절강도분포 곡선은 급격히 예리해짐을 보였고, 그 이상의 온도에서도 그 예리한 정도는 꾸준히 증가하였다.

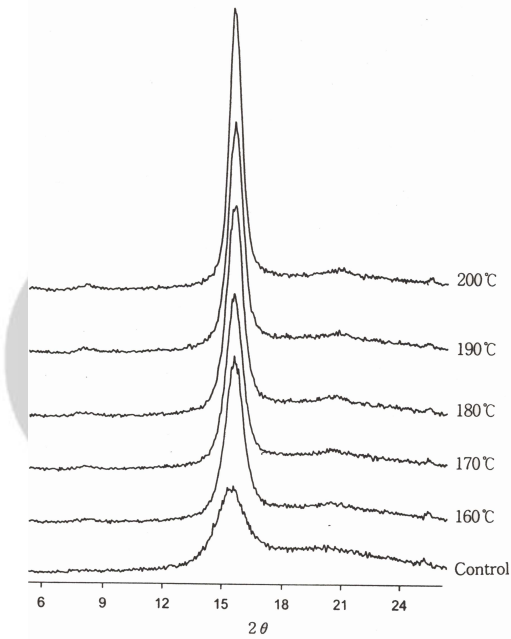


Fig. 2. X-ray diffractions to the normal direction of PTT fiber annealed at various temperatures for 0.5 sec.

Table 2는 (010)의 겉보기 미결정 크기와 중량분율 결정화도를 나타낸 것이다. 미처리 시료의 결정 크기와 결정화도는 각각 41.8 Å, 65.4%이었다. 열처리 온도를 160℃부터 10℃ 간격으로 200℃까지 증가시킨 결과 결정 크기는 117.5 Å으로 증가하였고, 결정화도는 71.6%로 증가하였다. 열처리에 의

해 PTT 섬유의 결정 크기와 결정화도가 증가하는 것은 섬유 중 비결정 영역 분자사슬의 운동성이 증가하여 사슬의 재배열에 따라 결정 부분과 비결정 부분의 계면에서 결정화가 일어나기 때문으로 생각되었다. 열처리 온도의 증가에 따라 결정 크기와 결정화도의 증가 경향은 유사한 결과를 나타내었으나, 그 변화량에는 많은 차이가 있었다. 이것은 분자 구조의 불균일성, 결정 결함 등 내재된 오류와 측정방법의 정확성이 부족하여 결정화도에 비해 결정 크기가 과장되어 나타난 것으로 생각되었다. 이상과 같이 PTT 섬유는 열처리 온도의 증가에 따라 결정 크기 및 결정화도가 증가하여 결정성이 증가하는 것으로 생각되었다.

Table 2. Apparent crystal size and crystallinity of PTT filaments treated at various annealing temperatures for 0.5 sec.

Annealing temperature(°C)	Crystal size(Å)	Crystallinity (%)
Control	41.8	65.4
160	79.5	68.7
170	84.8	68.8
180	89.2	69.1
190	99.2	69.9
200	117.5	71.6

Fig. 3, 4, 5에 열처리 온도 변화에 따른 열처리 시료의 동적 점탄성 거동, $T_{max}(\tan \delta)$, $\tan \delta_{max}$ 의 변화를 각각 나타내었다. 열처리 온도를 증가시키기에 따라 $\tan \delta_{max}$ 는 미소하게 감소하였고, $T_{max}(\tan \delta)$ 는 크게 감소하였다. $\tan \delta_{max}$ 는 비결정 영역의 량에 대응하는 값으로 $\tan \delta_{max}$ 값이 작을수록 비결정 영역의 량이 적어짐을 의미하고, $T_{max}(\tan \delta)$ 는 비결정 영역 중 분자 사슬의 긴장 정도 및 분자 사슬의 충전 밀도에 대응하는 값으로서 $T_{max}(\tan \delta)$ 값이 작아질수록 비결정 영역 중의 분자 사슬은 이완되고, 충전 밀도가 낮은 부분이 많아진다는 것을 의미한다¹⁾. 즉, PTT 섬유의 열처리 온도 증가에 따라 결정화도가 증가하여 비결정 영역의 양이 미소하게 감소하였고, 결정 크기의 증가와 비결정 영역 중의 분자 사슬이 이완되어 비결정 분자 사슬의 운동을 방해하는 정도가 적어져 비결정 영역 중 분자 사슬의 충전 밀도가 낮아진 것으로 추정되었다.

Fig. 6은 T_g 의 변화에 미치는 열처리 온도의 영

향을 미처리 시료와 비교하여 나타낸 것이다. 열처리 온도의 증가에 따라 T_g 는 감소하였다. 열처리된 PTT 섬유의 T_g 감소 현상은 열처리 온도의 증가에 따라 비결정 영역의 분자 사슬 배향의 완화에 의한 것으로 생각되었다.

이상의 미세구조 측정 결과 배향된 PTT 섬유를 연속 순간 열처리하면 비결정 영역 분자사슬의 운동성이 증가하여 사슬이 재배열함에 따라 결정 부분과 비결정 부분의 계면인 준결정 영역에서의 결정화 진행과 비결정 영역의 양 및 분자 사슬의 충전 밀도 감소 현상이 동시에 일어나는 것으로 사료되었다.

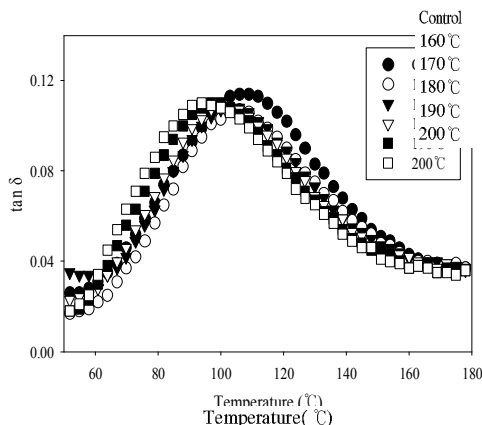


Fig. 3. Dynamic moduli and $\tan \delta$ of PTT filaments annealed for 0.5 sec.

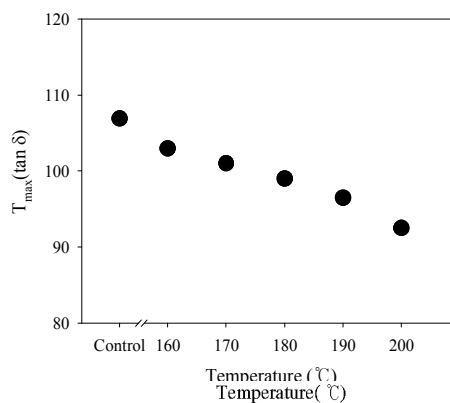


Fig. 4. Variations of $T_{max}(\tan \delta)$ PTT filaments annealed at various temperatures for 0.5 sec.

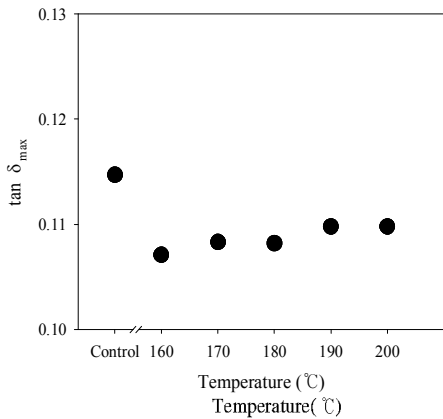


Fig. 5. Variations of $\tan \delta_{\max}$ of PTT filaments annealed at various temperatures for 0.5 sec.

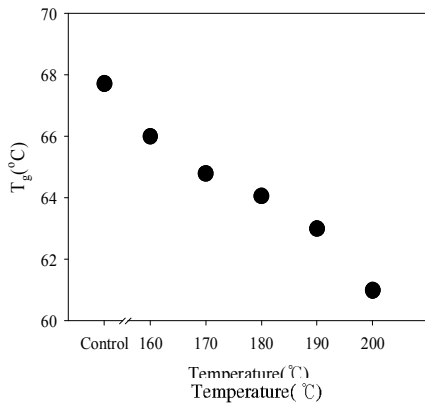


Fig. 6. Variations of T_g of PTT filaments annealed at various temperatures for 0.5 sec.

3.2 역학적 특성

Fig. 7에 초기탄성률에 미치는 열처리 온도의 영향을 나타내었다. 열처리 온도의 증가에 따라 초기탄성률은 약간 증가하였다. 이것은 열처리에 의해 PTT 섬유는 결정화도가 증가하여 초기탄성률이 약간 증가하는 것으로 풀이되었다.

배향된 섬유의 열수축은 무장력 하에서 결정의 재 조직화와 용해가 밀접하게 관계한다. 열수축 현상은 T_g로부터 시작되는 배향된 비결정 분자 사슬의 마이크로브라운 운동, 즉 엔트로피력에 의해 정성적으로 설명하는 경우와 불완전 결정의 재조

직화력인 에너지력과 용해가 이들의 구동력으로 설명되는 경우가 있다. 일반적으로 폴리에스테르 계열 섬유의 열수축 현상은 수축이 급격하게 증가하는 온도 이상의 고온 측에서의 수축 원동력은 불완전 결정의 재 조직화와 용해가 밀접하게 관계하고, 그 이하의 비교적 저온 측에서의 수축 원동력은 불완전 결정의 재 조직화와 비결정 분자 사슬의 엔트로피력인 배향 완화를 수축 원동력으로 추정하고 있다. Fig. 8은 수축률에 미치는 열처리 온도의 영향을 나타낸 것이다. 미처리 시료의 수축률은 7.6%이었으나, 160°C에서 열처리한 시료의 수축률은 3.3%를 나타내어 열처리된 시료가 미처리 시료보다 열적으로 더 안정함을 보였고, 그 이상의 열처리 온도에서 수축률의 변화는 거의 나타나지 않았다. 이러한 결과는 미처리 시료에 비하여 고온에서 열처리된 시료의 경우 결정 크기 및 결정화도의 증가로 불완전 결정의 재조직화가 진행되었고, 또한 고온 열처리 과정 중에 비결정 분자 사슬의 배향 완화를 거쳐 열적으로 안정화되었기 때문에 열처리 시료의 수축률이 미처리 시료의 수축률에 비하여 감소한 것으로 사료되었다.

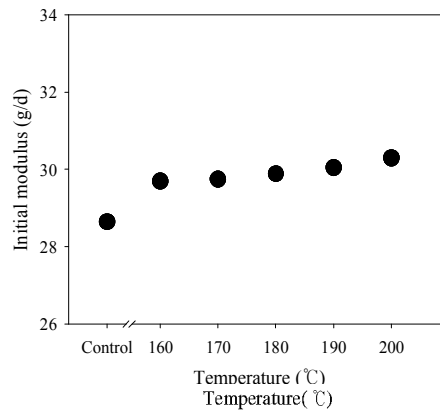


Fig. 7. Variation of initial modulus of PTT filaments annealed at various temperatures for 0.5 sec.

3.3 염색성

Fig. 9는 열처리 온도 변화에 따른 PTT 섬유의 승온 염착 곡선을 나타낸 것이다. 이러한 승온 염착 곡선은 염료의 염색속도와 최종 염착량을 파악할 수 있어 실용적으로 많이 사용되고 있다. 미처

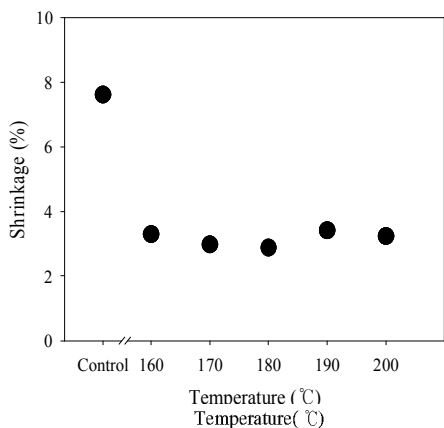


Fig. 8. Variations of shrinkage of PTT filaments annealed at various temperatures for 0.5 sec.

리 시료를 95°C에서 30분 동안 염색을 실시한 결과 분산염료의 염착량은 50.1%를 나타내었고 열처리 온도를 160°C에서 10°C간격으로 200°C까지 증가시킨 열처리 시료의 염착량은 열처리 온도 증가에 따라 53.3%, 58.5%, 62.6%, 74.0%, 그리고 86.2%로 증가하였다. 즉, 열처리 온도 190°C 이상에서 열처리된 PTT 섬유는 염색온도 95°C에서 30분 동안 염색에 의해서 실용적인 농염 효과를 실현하는 것을 확인할 수 있었다.

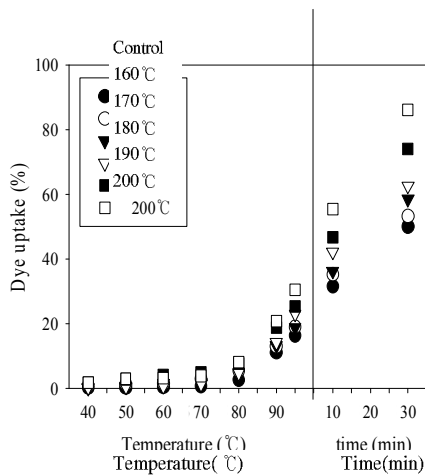


Fig. 9. Dye uptake of C.I. Disperse Blue 79 into PTT filaments annealed at various temperatures for 0.5 sec.

Fig. 10~13은 PTT 섬유의 염색성에 미치는 미세구조 변화량의 영향을 나타낸 것으로서 식별의 용이성을 위하여 미세구조 변화량인 Table 2, Fig. 4, 그리고 Fig. 6의 결과와 염착량의 변화량인 Fig. 9의 결과 중 95°C에서 30분 동안 염색한 결과를 재구성하여 나타낸 것이다. 열처리 시료의 결정 크기 및 결정화도의 증가는 분산염료의 PTT 섬유에 대한 염착량 증가에 기여한 반면, $T_{max}(\tan \delta)$ 및 T_g 의 증가는 염착량을 감소시켰다. T_g 는 주 사슬의 마이크로브라운 운동에 기인하는 것으로 T_g 의 증가에 따라 분산염료의 PTT 섬유에 대한 염착량이 감소하는 것은 분자운동의 속박성이 증가했기 때문으로 생각되었다. 또한 $T_{max}(\tan \delta)$ 는 비결정 영역의 분자 사슬 충전 밀도를 나타내는 것으로서 $T_{max}(\tan \delta)$ 의 증가에 의해 비결정 영역의 분자 사슬 충전 밀도가 증가하여 분산염료가 PTT 섬유의 비결정 영역에 침투할 수 있는 가능성이 낮아졌기 때문에 염착량이 감소한 것으로 생각되었다. 본 연구에서 나타내고 있는 $T_{max}(\tan \delta)$, T_g 의 변화에 따른 염착량의 변화는 염색현상에서 일반적으로 관찰되는 사항이다. 폴리에스테르계열 섬유에 대한 분산염료의 염착성은 섬유의 물리적, 화학적 구조를 비롯하여 염료의 구조나 크기, 염료의 염색매체에 대한 용해도, 염료의 무기첨유기성 등과 같은 섬유나 염료 자체의 특성뿐만 아니라 기타 첨가조제나 온도, 욱비 등의 외적인 요인에도 크게 영

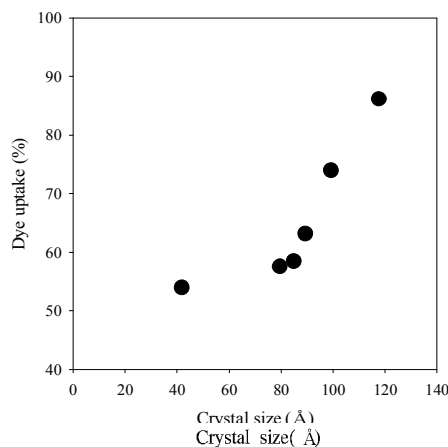


Fig. 10. Dye uptake(Dyeing at 95°C for 30 min) vs. apparent crystal sizes of PTT filaments annealed.

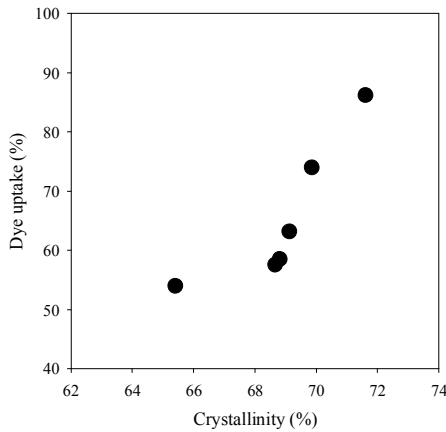


Fig. 11. Dye uptake(Dyeing at 95 °C for 30 min) vs. crystallinity of PTT filaments annealed.

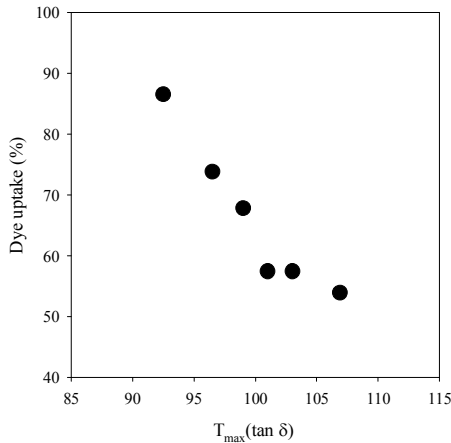


Fig. 12. Dye uptake(Dyeing at 95 °C for 30 min) vs. $T_{\max}(\tan \delta)$ of PTT filaments annealed.

향을 받는다. 이중 섬유 물성에 의한 영향으로는 일반적으로 결정화도의 차이에 의한 염색성의 차이가 주로 언급되는데, 섬유의 결정화도가 낮으면 염색현상에 관여하는 비결정 영역의 양이 증가하기 때문에 염색성이 좋아지고 반대로 결정화도가 높으면 비결정 영역의 양이 감소하기 때문에 염색성이 나빠지는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 열처리 온도의 증가에 따라 PTT 섬유는 결정 크기 및 결정화도가 증가함에도 불구하고

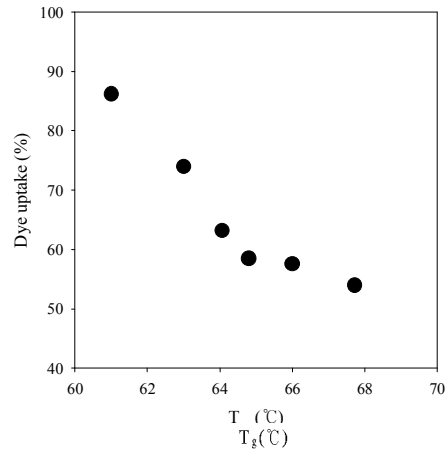


Fig. 13. Dye uptake(Dyeing at 95 °C for 30 min) vs. T_g of PTT filaments annealed.

하고 염착량이 증가하는 이유는 열처리 온도의 증가에 따라 PTT 섬유의 결정 영역과 관계되는 결정 크기 및 결정화도는 증가한 반면 비결정 영역과 관계되는 $T_{\max}(\tan \delta)$ 및 T_g 는 감소하였다는 것을 고려하면 열처리에 의해 비결정 영역이 결정 영역에 대한 상대적인 양의 변화는 미미하였지만 비결정 영역의 분자 사슬 충전 밀도가 낮은 부분이 증가하여 분산염료의 침입이 가능한 비결정 영역의 양이 증가하였기 때문으로 사료되었다.

4. 결 론

연속순간 평판열처리가 PTT 섬유의 염색성에 미치는 영향을 고찰하기 위해 열처리 시간 0.5초에서 열처리 온도를 변화시키면서 PTT 섬유를 처리하였다. 처리된 시료에 대하여 결정 크기, 결정화도, 동적 점탄성 특성 등을 측정하여 결정 영역과 비결정 영역의 미세구조 변화를 고찰하였고, 이에 따른 염색성에 대하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열처리 시료의 결정 크기는 열처리 온도의 증가에 따라 모두 증가하였고, 중량분율 결정화도도 열처리 온도의 증가에 따라 증가하였으며, 또한 열처리 온도의 증가에 따라 $T_{\max}(\tan \delta)$ 및 T_g 는 감소하였다.
2. 열처리에 의해 PTT 섬유는 초기탄성률이 약간 증가하며, 열수 수축률은 약간 감소하였다. 분산염료의 PTT 섬유에 대한 염착량은

현저하게 증가하여 190℃ 이상의 온도에서 0.5초 동안 연속순간 열처리된 PTT 섬유는 95℃에서 30분 동안의 염색으로 실용적인 농염효과를 나타내었다.

참고문헌

1. T. Kuriki, S. Manabe, and K. Kamide, Physical Properties and Dyeability of Heat-Treated Poly(ethylene terephthalate) Fiber Spun at High Wind-Up Speed, *J. Text. Mach. Soc. of Japan*, **38**(8), T150~T156(1985).
2. C. N. Choi, S. H. Lim, H. I. Park, and S. H. Hong, The Dyeability and Light Fastness of Amino Azobenzene Derivatives Disperse Dyes (I), *J. Korean Soc. Dyers Finishers*, **8**(3), 24~30(1996).
3. T. Shima, T. Matsuo, J. Kato, K. Fujimoto, and T. Koyanagi, Development of PTT Fiber 'Solo', *Sen'i Gakkaishi*, **58**(10), 267~270(2002).
4. J. Bone, Dyeing of Poly(trimethylene terephthalate) Fiber, *J. Textile Processing Technology of Japan*, **35**(4), 248~252(2000).
5. S. H. Yoon, T. K. Kim, Y. J. Lim, and K. M. Cho, The Physical Properties and Dyeability of Poly(trimethylene terephthalate) Fibers, *J. Korean Soc. Dyers Finishers*, **13**(3), 197~202(2001).
6. H. J. Yoon, J. A. Kim, and H. H. Cho, Structural Stabilization of Poly(trimethylene terephthalate) Fibers by Drawing and Annealing, *J. Korean Fiber Soc.*, **38**(12), 634~643(2001).
7. P. R. Oh, K. J. Kim, and Y. H. Kim, Dynamic Mechanical Analysis of Drawn and Annealed Poly(trimethylene terephthalate) Fiber, *J. Korean Fiber Soc.*, **36**(2), 132~139(1999).
8. Y. H. Kim, K. J. Kim, and K. M. Lee, Melting and Non-isothermal Crystallization Behaviors of Poly(trimethylene terephthalate), *J. Korean Fiber Soc.*, **34**(12), 860~867(1997).
9. K. M. Lee, K. J. Kim, and Y. H. Kim, Isothermal Crystallization Behavior and Some Physical Parameters of Poly(trimethylene terephthalate), *Polymer(Korea)*, **23**(1), 56~65(1999).
10. S. H. Kim and N. S. Kim, Studies on The Stabilities of Dyes in One Bath Dyeing System of Polyester/Cotton Blends with Disperse Dyes/Reactive Dyes (II), *J. Korean Fiber Soc.*, **28**(8), 114~119(1991).
11. H. H. Chuah, Orientation and Structure Development in Poly(trimethylene terephthalate) Tensile Drawing, *Macromolecules*, **34**(20), 6985~6993(2001).
12. C. C. Gonzalez, J. M. Perena, and A. Bello, Dynamic mechanical relaxation of polyterephthalate based on trimethylene glycols, *J. Polym. Sci., Phys. Ed.*, **26**, 1397~1408(1987).