

〈연구논문(학술)〉

## 방사속도 및 공급률에 따른 PET 태세사(Thick & Thin yarn)의 특성

박명수<sup>1</sup> · 신현세\* · 정진수\* · 손준식\*

경일대학교 섬유패션전공, \*단국대학교 섬유공학전공

### Characterization of PET Thick & Thin Yarns on the Spinning Speed and Over Feed Ratio

Myung Soo Park<sup>1</sup>, Hyun Sae Shin\*, Jin Soo Jeong\*,  
and Jun Sik Son\*

Major of Textile & Fashion Tech., Kyungil University, Kyungsan, Korea

\*Textile Eng., Dankook University, Seoul, Korea

(Received March 10, 2006/Accepted May 4, 2006)

**Abstract**— The aim of this work is to develop Thick-Thin polyester yarn(T-T yarn) with finer than 1 denier mono filament. The manufacture of T-T yarns were carried out in a draw-winder using 85d/72f PET filament with various spinning speed of 2700, 2900, and 3100 m/min, respectively. The structure and physical properties of T-T yarns with spinning speed and over feed ratio were examined by draw-winder processing the sample in 100°C water for 20 min and drying in 120, 140, 160, and 180°C of dry air for 20 min. The crystallinity, the birefringence and the initial elasticity modulus of T-T yarns increased with increased spinning speed of filament and the heat treatment temperature but at the temperatures higher than 140°C the increased rates show a tendency to decrease. Moreover, the initial modulus and the tenacity of T-T yarns increased with decreasing the over feed ratio of filament and the those of T-T yarns decreases with increasing the heat treatment temperature. The shrinkage of T-T yarns decreased with decreasing spinning speed and increased over feed ratio of filaments. Consequently, the results indicate that the best T-T yarn under 1 denier was optimized from PET filament with spinning speed of 2700 m/min and over feed ratio of 0.67

**Keywords:** Thick & thin yarn, shrinkage, Crystallinity, Birefringence

## 1. 서 론

최근 섬유제품에 경쟁력을 향상시키기 위해 고기능성을 부여하여 부가가치를 높이고자 하는 노력들이 진행되고 있다. 이러한 섬유제품의 고부가가치를 위하여 특수 기능성 신소재의 개발은 기존에 없던 새로운 섬유를 개발하는 것으로 많은 시간과 비용을 지불해야 하며 투자한 만큼의 결과물을 장담할 수 없다. 따라서 섬유제품에 보

다 효율적이면서 경쟁력을 갖출 수 있는 방법으로는 기존 섬유소재 및 직물의 다양한 물리화학적 개질 방법과 새로운 염색가공 기술의 개발이 더욱 효과적일 것이다. 이에 PET 섬유는 형태안정성, 내약품성, 내일광성 및 강도 등의 물리화학적 특성이 우수하여 의류용에서 산업용 섬유로 가장 폭넓게 이용되고 있다. 특히 열적특성이 높아 제품의 안정성이 우수하여 다양한 가공기술의 구사가 가능하다는 특징을 가지고 있기 때문에 새로운 기술의 개발로 부가가치를 극대화시킬 수 있는 섬유소재로 많이 활용되고 있다<sup>1,4)</sup>. 이러

<sup>1</sup>Corresponding author. Tel.: +82-53-850-7205; Fax: +82-53-850-7205; e-mail: mspark@kiu.ac.kr

한 PET를 신합섬 의류용의 감성 차별화 소재로 활용하기 위한 연구들로 자외선(UV) 및 저온 플라즈마를 이용한 PET 표면개질에 관한 연구<sup>5,6)</sup>, 인체친화적인 고분자와 PET의 공중합에 관한 연구<sup>7)</sup>, 등이 있으나 아직까지는 실용화에 미치지 못하고 있으며 또한 별도의 설비를 갖추어야 하는 어려움이 있다. 그러나 PET를 인위적인 방법에 의해 원사의 길이 방향으로 굵은 부분(Thick)과 가는 부분(Thin)이 연속되게 만든 태세(Thick & Thin) 필라멘트사는 방사공정에서 연신에 의해 "Thick 와 Thin" 부분을 필라멘트에 가미시킬 수 있으며, 이렇게 제조된 태세필라멘트사는 분자배향의 차이로 천연섬유와 유사한 광택과 촉감을 나타내고, 염색시 농담의 차이가 나타나 독특한 멜란지 효과를 얻을 수 있어 비교적 쉽게 PET를 감성 차별화 섬유소재로 활용하기에 적당한 가공 기술이라 할 수 있다. 그러나 현재까지 개발되어 있는 태세사는 단사 섬도가 1데니어 이상인 원사를 대상으로 한 것이 대부분이며, 전보<sup>8)</sup>에서 언급한 것과 같이 초극세사를 원사로 이용한 태세사의 제조는 단사의 섬도가 가늘어 농색이 어렵고 사의 굵기 차이가 크지 않아 농담의 차이가 잘 나타나지 않는 단점들을 가지고 있다.

따라서 본 연구는 초극세사의 태세사 개발을 위한 연구의 일환으로 다양한 방사속도별로 제조된 PET 필라멘트를 원사로 사용하여 태세사 제조장치인 draw-winder의 강제적으로 단사 섬도

1데니어 이하의 태세사가 형성되도록 한 후 방사속도와 draw-winder로 필라멘트 원사의 공급률(over feed ratio)을 달리하여 태세필라멘트사의 특성변화를 알아보았다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 제조

태세사의 원사는 Conjugate Spinning M/C (TMT, 일본)을 이용하여 2700, 2900, 3100 m/min의 방사속도로 85d/72f PET 필라멘트를 제조하여 사용하였다. 태세사의 제조는 전보<sup>11)</sup>와 동일한 태세사 제조장치인 TT-device(bell)를 사용한 hot-plate가 장착된 draw-winder를 이용하여 Table 1의 조건으로 제조하였다(A, B, C). 그리고 태세사 제조를 위해 가장 적절하다고 판단된 방사속도 2700 m/min으로 제조된 필라멘트 원사에 대해서는 Table 1의 조건으로 draw-winder의 over feed ratio를 달리하여 다양한 태세사를 제조하였다(A1, A2, A3, A4). 그리고 제조된 태세사는 185°C에서 열고정(heat setting)을 행한 후 각 물성들을 측정하였다.

### 2.2 수축률

수축률은 시료 길이 30 cm, 1 g/d의 장력을 부여한 후 비수(100°C)에서 20분간 처리하여 측정하였으며 제조 공정에서의 후가공을 고려하여 비수

Table 1. Manufacturing condition of thick-thin yarn

Sample codes	Spinning speed (m/min)	Texturing method	Draw ratio	Denier
A	2700	R1: Room temp., TT-Device:100°C, R2: Room temp. Over feed ratio : 0.6	1.6	52
B	2900	R1: Room temp., TT-Device:100°C, R2: Room temp., Over feed ratio : 0.6	1.6	52
C	3100	R1: Room temp., TT-Device:100°C R2: Room temp., Over feed ratio : 0.6	1.6	52
A1	2700	R1: Room temp., TT-Device:100°C, R2: Room temp., Over feed ratio : 0.58	1.6	52
A2	2700	R1: Room temp., TT-Device:100°C, R2: Room temp., Over feed ratio : 0.62	1.6	52
A3	2700	R1: Room temp., TT-Device:100°C, R2: Room temp., Over feed ratio : 0.64	1.6	52
A4	2700	R1: Room temp., TT-Device:100°C, R2: Room temp., Over feed ratio : 0.67	1.6	52

에서 측정된 시료를 120°C, 140°C, 160°C, 180°C의 건열에서 20분간 무긴장 처리한 후 아래 식에 의하여 수축률을 각각 계산하였다.

$$\frac{l' - l}{l} \times 100$$

where,  $l$  : Initial length,  $l'$  : Treated length.

### 2.3 구조 및 물성

시료는 실험 2.2의 방법으로 비수에서 20분간 처리한 다음 이를 120°C, 140°C, 160°C, 180°C의 건열에서 20분간 무긴장 처리한 후 구조와 물성을 측정하였다.

#### 2.3.1 결정화도

결정화도는 밀도 구배관법으로 시료의 밀도를 측정하여 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$X(\%) = \frac{d - d_a}{d_c - d_a} \times 100$$

$X$  : Crystallinity (%)

$d_c$  : Density of crystal region (1.455 g/cm<sup>3</sup>)

$d$  : Density of sample (g/cm<sup>3</sup>)

$d_a$  : Density of non-crystal region (1.335 g/cm<sup>3</sup>)

#### 2.3.2 복굴절률 측정

편광현미경(Zeiss, MF-AKS Automatic-2)을 사용하여 546.1nm의 단색광으로 retardation을 구한 후 광학현미경으로 실측한 섬유직경을 사용하여 복굴절률을 산출하였다.

$$\Delta n = \frac{R}{d}$$

$\Delta n$  : Birefringence,  $R$  : Retardation(nm)

$d$  : Diameter of sample(nm)

#### 2.3.3 기계적 특성

시료의 초기탄성률, 신장률, 비응력은 UTM(Hounsfield, U.K.)을 이용하여 측정하였으며, 이때 측정조건은 50 kgf의 로드셀을 사용하여 시료의 길이가 5 cm를 갖는 시편을 제작하고, 300 mm/min의 속도로 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 방사속도에 따른 T-T사의 물성분석

#### 3.1.1 표면 구조

Fig. 1은 방사속도 (a)2700 과 (b)3100 m/min으로 용융 방사한 PET 필라멘트를 원사로 하여 제조된 태세사의 monofilament 표면사진을 나타낸 것이다. 태세사 시료인 (a)나 (b)를 전체적으로 볼 때 Thick부와 Thin부가 나타나고 있어 태세사의 형상을 확인할 수 있으나 방사속도를 3100 m/min으로 제조한 필라멘트 원사를 사용한 시료 (b)는 태세부가 잘 나타나지 않는 것을 알 수 있으며, 방사속도를 2700 m/min으로 제조한 필라멘트 원사를 사용한 시료 (a)는 시료 (b)보다 태세사의 전형적인 형상이 나타남을 확인할 수 있다. 따라서 방사속도를 2700~3100 m/min 범위로 제조한 필라멘트 원사로 태세사를 제조할 경우 낮은 방사속도로 제조한 필라멘트 원사가 태세사 제조를 위해 보다 효과적임을 알 수 있다.

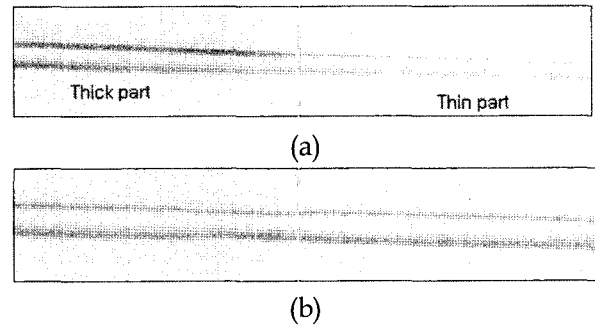


Fig. 1. Microphotograph of textured yarn(mono filament). (a) sample A (b) sample C

#### 3.1.2 수축률변화

Fig. 2는 방사속도에 따른 태세사의 수축률의 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 열처리 온도에 따른 태세사의 수축률 변화보다 방사속도에 의한 수축률의 변화가 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 대체적으로 방사속도 3100 m/min의 시료 (C)의 원사로 제조한 태세사는 약 8%, 방사속도 2900 m/min인 시료 (B)의 경우는 약 7%, 방사속도 2700 m/min인 시료(A)의 경우는 약 4% 정도로 방사속도가 낮은 원사로 제조한 태세사 시료 (A)가 가장 낮은 수축률이 나타나고 있음을 알 수 있다. 수축률의 변화는 배향된 비결정영역의 분자사슬이 무배향의 coil 형으로 되면서 열수축 거동을 일으키는데 본 연구의 경우 원사 필라멘트 제조시 방사속도가 빠를수록 비정형

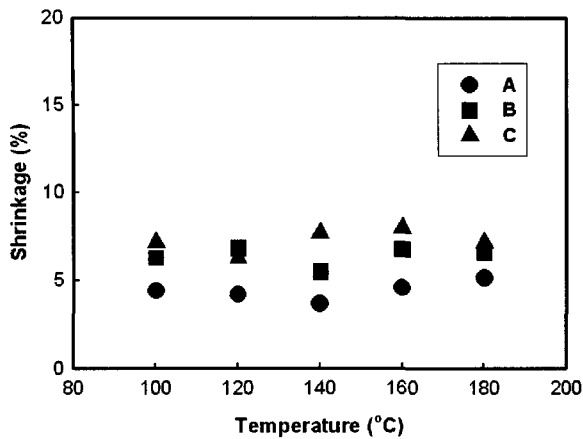


Fig. 2. Shrinkage vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A: Sample A B: Sample B C: Sample C

분자쇄의 질서의 정도가 좋아진 결과 태세사의 수축률이 방사속도가 빠를수록 높게 나타나며 또한 열처리 과정에 의해 결정화로 인하여 전체적인 분자쇄의 길이가 줄어든 결과라 생각된다. 그리고 태세사 제조 후 고온인 185°C에서 열고정을 행하였으므로 열처리에 따른 태세사의 수축률 변화는 크게 나타나지 않는 것으로 생각된다.

### 3.1.3 결정화도 변화

Fig.3은 방사속도에 따른 태세사의 결정화도를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 태세사 제조 시 방사속도가 빠른 원사로 제조한 시료 (C)가 비수 및 건열처리시 결정화도가 약 37~45%를 나타냄으로써 34~44%의 시료 (B)나 30~40%의 시료 (A)보다 높게 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 열처리 온도가 높을수록 결정화도가 높게 나타나고 있으며 열처리 온도가 140°C까지는 태세사의 결정화도가 급속히 증가하다가 그 이상의 온도에서는 증가의 폭이 둔화되는 것을 알 수 있다. 이는 빠른 방사속도로 필라멘트를 제조할 경우 높은 신장응력에 의해 분자쇄의 배향 및 그 밀집도가 보다 향상되었기 때문이며, 또한 열처리에 의해 비결정부분의 분자쇄가 어느 정도 결정을 형성함으로써 밀도에 의한 겉보기 결정화도가 높게 나타나는 것으로 생각된다.

### 3.1.4 복굴절률 변화

Fig. 4는 열처리 온도에 따른 태세사의 복굴절률의 변화를 방사속도별로 나타낸 것이다. 전체적인 경향으로 볼 때 결정화도의 변화와 비슷한 거동을 나타내고 있으며 방사속도가 빠를수록 열처리온도가 높을수록 태세사의 복굴절률은

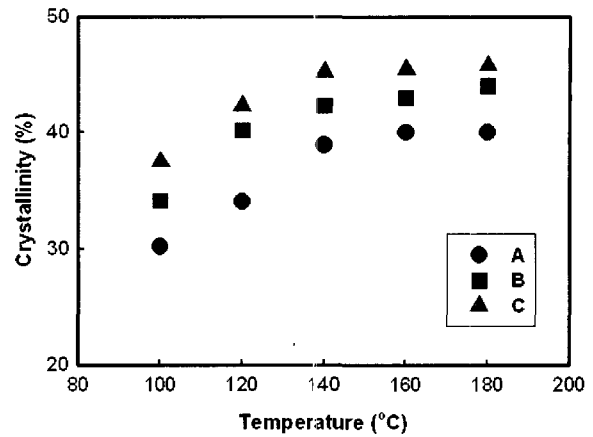


Fig. 3. Crystallinity vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A: Sample A B: Sample B C: Sample C

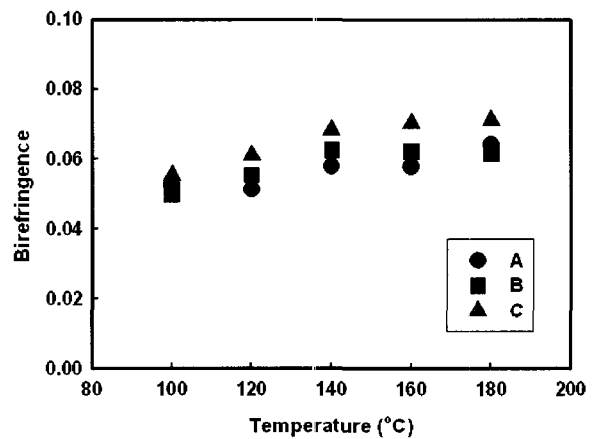


Fig. 4. Birefringence vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A: Sample A B: Sample B C: Sample C

높게 나타나고 있으며, 열처리온도 140°C 이상에서는 큰 변화가 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 이는 빠른 방사속도에 의해 분자쇄들이 섬유축 방향으로 배향이 증가하며 또한 열처리에 의해 비결정부분의 분자쇄가 어느 정도 결정에 기여하여 비결정영역의 분자쇄의 긴장 정도를 높임으로써 태세사의 복굴절률이 증가하는 것으로 생각된다. 그러나 방사속도와 열처리 온도에 따른 복굴절률의 변화가 0.01정도로 그다지 크지 않음을 알 수 있다.

### 3.1.5 초기탄성률 변화

Fig. 5는 방사속도에 따른 태세사의 초기탄성률의 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 전체적으로 약 0.7~1 kg/denier 정도의 값을 나타내고 있다. 열처리온도 변화에 따른 초기탄성률의 변화는 140°C부근 까지는 어느 정

도 증가하는 경향이 있으나 160°C 이상의 온도에서는 감소하고 있다. 이는 태세부분의 영향에 의한 결과로 생각되며 방사속도가 빠른 원사로 제조한 시료 (C)가 비수 및 건열처리시 초기탄성률이 약 0.8~1.1 kg/denier를 나타냄으로써 0.8~1.0 kg/denier의 시료 (B)나 0.7~0.9 kg/denier의 시료 (A)보다 높게 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

### 3.2 공급률에 따른 T-T사의 물성

#### 3.2.1 수축률 변화

Fig. 6은 방사속도 2700 m/min으로 제조된 필라멘트 원사에 Table 1의 조건으로 Draw-Winder의 over feed ratio를 달리하여 다양한 태세사의 열처리 온도 변화에 따른 수축률의 변화를 Draw-winder의 공급률 별로 나타낸 것이다. 그 결과를

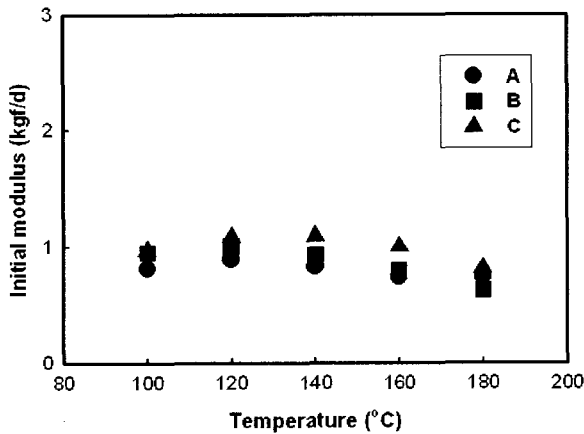


Fig. 5. Initial modulus vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A: Sample A B: Sample B C: Sample C

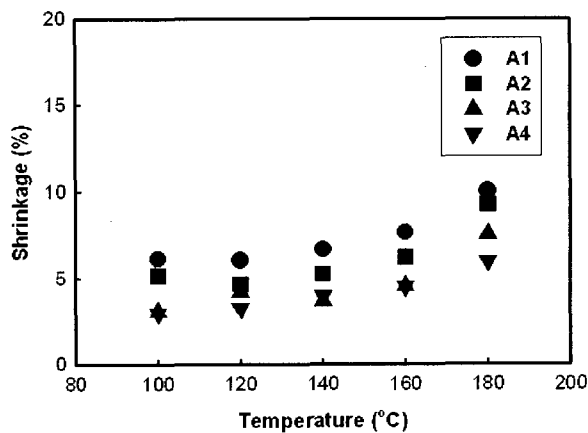


Fig. 6. Shrinkage vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A1: Sample A1 A2: Sample A2 A3: Sample A3 A4: Sample A4

보면 태세사 제조시 공급률이 낮을수록 수축률은 높게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 공급률이 0.58인 시료 (A1)의 경우는 수축률이 약 6~10% 정도로 나타나고 있으나 공급률이 0.67인 시료 (A4)의 경우는 수축률이 약 2.5~6% 정도로 낮게 나타나고 있다. 그리고 열처리 온도에 따른 수축률은 열처리 온도가 높을수록 증가하고 있으나 열처리 온도 140°C까지는 거의 유사한 값을 나타내며, 그 이상의 온도에서는 열처리 온도가 높을수록 수축률의 변화가 크게 나타나고 있다. 이와 같은 경향은 본 연구의 실험 조건에서 태세사 제조로 사용된 필라멘트의 원사 연신비를 1.6 배로 고정하였으므로 공급률이 낮을수록 연신 효과가 커지기 때문에 공급 원사의 비정형 분자쇄가 질서의 정도가 높아져서 열수축률은 증가한다고 생각된다.

#### 3.2.2 초기탄성률 변화

Fig. 7은 공급률에 따른 태세사의 초기탄성률의 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 열처리 온도가 높을수록 초기탄성률은 낮아지고 있으며 태세사 제조시 공급률이 낮을수록 높게 나타나고 있으나 열처리온도 160°C 이상에서는 거의 변화가 나타나지 않고 있다. 태세사 제조시 공급률에 따른 초기탄성률의 변화를 보면 공급률이 0.58, 0.62인 시료 A1, A2와 공급률이 0.64, 0.67인 A3, A4보다 열처리에 따른 초기탄성률의 감소가 높게 나타나고 있다. 시료 A1, A2의 경우는 열처리 온도 100°C에서는 약 1.1 kgf/denier, 열처리 온도 180°C에서는 약 0.9 kgf/denier 정도로 초기탄

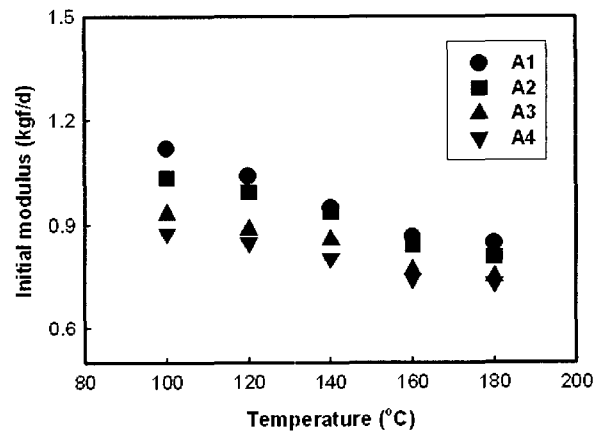


Fig. 7. Initial modulus vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A1: Sample A1 A2: Sample A2 A3: Sample A3 A4: Sample A4

성률이 낮게 나타나나 공급률이 높은 시료 A3, A4의 경우는 열처리온도 100°C에서는 약 0.9 kgf/denier, 180°C에서는 약 0.8 kgf/denier 정도로 초기탄성률 변화는 거의 미세하다고 할 수 있다. 따라서 방사속도 2700 m/min로 제조한 필라멘트를 원사로 사용하여 태세사를 제조할 경우 Draw-winder의 공급률을 0.67로 하는 것이 가장 적당할 것으로 판단된다.

**3.2.3 절단신도 변화**

Fig. 8은 공급률에 따른 태세사의 절단신도 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 전체적으로 볼 때 공급률이 높을수록 태세사의 절단신도는 높게 나타나고 있으며 열처리온도가 160°C의 경우 시료 A4는 약 40%, A2는 약 34% 정도로 시료 A4가 가장 높은 절단신도가 나타나고 있다. 열처리온도에 의한 영향을 살펴보면 온도가 높을수록 절단신도는 높게 나타나고 있으나 열처리온도 160°C 이상에서는 거의 변화가 나타나지 않고 있어 Fig. 7의 초기탄성률의 변화와 반대되는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

**3.2.4 비응력 변화**

Fig. 9는 공급률에 따른 태세사의 비응력 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 공급률이 낮을수록 비응력은 높게 나타나고 있으나 열처리 온도에 따른 비응력의 변화는 열처리 온도가 140°C까지는 거의 변화가 나타나지 않고 있으며 그이상의 온도에서는 미세하지만 조금 감소하고 있는 것을 확인할 수 있다. 그리고 전체적으로 볼

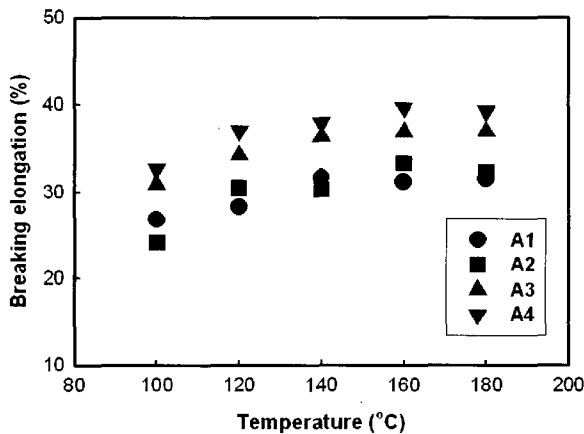


Fig. 8. Breaking elongation vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A1: Sample A1 A2: Sample A2 A3: Sample A3 A4: Sample A4

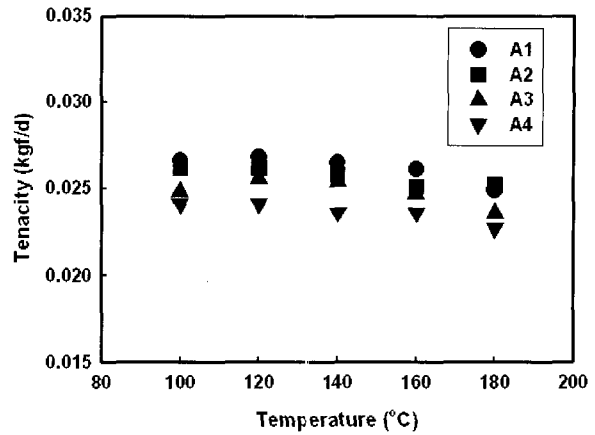


Fig. 9. Tenacity vs heat treated temperature plots of thick-thin yarns with different spinning speeds. A1: Sample A1 A2: Sample A2 A3: Sample A3 A4: Sample A4

때 태세사들의 비응력 값이 약 0.023~0.027 kgf/denier 범위에서 비슷하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

**4. 결 론**

초극세 태세사를 제조하기 위하여 conjugate spinning을 이용하여 방사속도 2700, 2900, 3100 m/min으로 85d/72f 폴리에스테르 필라멘트를 제조하였다. 그리고 제조된 필라멘트를 원사로 사용하여 Draw-winder로 태세사를 제조한 후 방사속도와 공급률에 따른 제조된 태세사의 물성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 방사속도가 빠를수록 제조된 태세사의 결정화도, 복굴절률, 초기탄성률이 높게 나타났으며 열처리 온도가 140°C까지는 급속히 증가하다가 그 이상의 온도에서는 증가 폭이 감소하였고 수축률의 변화는 거의 나타나지 않았다. 특히 방사속도 2700 m/min의 필라멘트를 원사로 사용할 경우 전형적인 태세사의 형상과 가장 낮은 수축률이 나타남을 확인할 수 있었다.
- 방사속도 2700 m/min의 필라멘트를 원사로 사용하여 Draw-winder의 공급률을 달리하여 제조된 태세사의 경우 수축률의 변화는 공급률이 높을수록 낮아졌다.
- 공급률 과 열처리 온도가 높을수록 초기탄성률은 감소하였고, 신장률은 증가하였으며 열처리 온도 160°C 이상에서는 거의 변화가 나타나지 않았다. 특히 시료 A4의 경우 공급률에 따른 초기탄성률의 변화가 열처리온도 100°C~180°C

범위에서 약 0.1 kgf/denier 정도로 미세하게 나타남으로서 태세사 제조시 공급률을 0.67로 하는 경우가 가장 적당함을 알 수 있었다.

4. 공급률이 낮을수록 태세사들의 비응력은 높게 나타나고 열처리 온도 변화에 따른 변화는 약 0.023~0.027 kgf/denier 범위에서 유사한 비응력 값이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. J. Friedrich, I. Loeschcke, H. Frommelt, H. Reiner, H. Zimmermann, and P. Lutgen, Ageing and Degradation of Poly(ethylene terephthalate) in an Oxygen Plasma, *Polym. Degrad. Stability*, **31**, 97-114(1991).
2. B. I. Kim, T. K. Kim, and Y. J. Lim, The Porosity and the Dyeability of Polyester Fiber Treated with Sodium Hydroxide Aqueous Solution, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **12**, 44-52(2000).
3. S. Y. Lee, S. W. Park, and S. S. Kim, A Study on the High Functional Finishing of Polyester Flat Fabrics Treated with Chitosan, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **16**, 22-30(2004).
4. M. S. Joung, D. S. Joung, K. H. Kim, and M. C. Lee, Heat Setting and Dyeing Properties of PET Ultramicrofiber, *J. Korean, Fiber, Soc.*, **36**, 696-703(1999).
5. M. S. Park and J. H. Yoon, The Change of Crystal Structure and Physical Properties of Partially Oriented Polyester Yarn(POY) on the Draw Ratio and Heat Setting Temperature, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **12**, 25-32(2000).
6. H. Y. Chol and J. S. Lee, Surface Modification of PET Irradiated by Ultra-Violet (Part I), Transformation of Chemical Structure and Surface Properties, *J. Korean Soc. Clothing & Textiles*, **29**, 561-568(2005).
7. J. H. Jang, S. I. Eom, and Y. H. Kim, Continuous Surface Modification of PET Film via UV Irradiation, Effect of Spectral Irradiance, *J. Korean, Fiber, Soc.*, **39**, 100-107(2002).
8. K. Koo, S. S. Kim, Y. M. Park, J. Y. Yu, B. S. Koo, and S. C. Yoo, Physicochemical Characterization of PET Fabrics Treated with Chitosan after Exposure to O<sub>2</sub> Low Temperature Plasma, Especially by KES evaluation, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **17**, 26-36(2005).
9. S. W. Woo and C. G. Cho, Hydrophilic Modification of PET by Using Block Copolymer, Molecular Structure and Hydrophilicity of PET-PEG Block Copolymers, *J. Korean, Fiber, Soc.*, **36**, 211-218(1999).
10. C. G. Cho, S. W. Woo, K. L. Choi, and S. S. Hwang, Improvement of Antistatic Performance of PET by Using Block Copolymer, Influence of Molecular Weight of Poly(ethylene glycol) on the Thermal Properties and Moisture Absorptivity of PET-PEG Multi-Block Copolymer, *J. Korean, Fiber, Soc.*, **21**, 821-829(1997).
11. M. S. Park, The Crystal Structure and Mechanical Properties of Thick & Thin Yarn According to Production Condition, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **17**, 43-48(2005).