

국내외 PET 원사의 물성 비교에 관한 연구

김소연, 김승진, 박경순, 김연숙, 심승범, 박미영

영남대학교 섬유패션학부

1. 서론

PET filament와 같은 합섬필라멘트 絲의 경우 원사, 사가공, 제직준비, 제직, 염색·가공 공정을 거치면서 받는 장력과 공정마다의 각각의 열처리 조건에 의하여 絲 물성이 변화하게 된다. 이러한 물성 변화는 염색·가공공정을 거친 후 염색·가공 완료된 최종 제품의 상태에서 경사줄과 같은 불량 발생하므로 막대한 손실을 유발시키는 불량을 발생^{1)~4)}시킨다. 따라서 불량을 최소화시키기 위해서는 각각의 공정을 거치는 동안 변화하는 원사의 물성에 관한 data 분석이 필요하다. 그러나, 현재까지 이들 원사물성에 관한 실험 data를 참고할 수 있는 것이 없으며 또한 data의 분석이 체계적으로 되어 있지 않은 상태이다.

본 연구에서는 국내 원사와 국외 원사 물성의 비교·분석을 통하여 국내 원사의 품질 수준을 외국 원사와 비교하고 또한 경사줄 발생과 같은 불량률을 최소화시키기 위해 제직준비와 제직 공정에서 필요한 원사의 물성 data를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 실험

2.1. 시료

본 연구에서 사용한 국내 시료 2종류와 국외 시료 2종류를 Table 1에서 보이고 있다.

Table 1. Specimens of PET POY

시료	섬도(d/f)	layer	생산국
POY9	120/36	내층 5 layer (50,000m)	국내
POY10	120/36		
POY15	120/36		대만
POY16	125/72		

2.2 실험방법

국내 2개社와 대만 2개社의 동일한 크기의 PET POY 원사 cake를 각각 50,000m씩 layer별로 나누어 섬도, 인장, 열수축률(Hank 열수축률실험, Toray 열수축률실험)을 하여 물성을 측정하였다. Toray 습·건열 실험의 경우는, layer별로 나누어 65℃, 80℃, 90℃,

100℃ 4가지의 온도변화를 주어 습열수축률을 측정하였으며 건열은 70℃, 120℃, 150℃, 180℃, 220℃로 5가지의 온도변화를 주어 건열수축률을 측정하였다. Table 2에 이들 실험 방법을 보인다.

Table 2. Conditions of the Experiment

실험항목	실험방법	실험조건
-섬도(타래법) -역학물성 · 인장탄성률 · 인장강도 · 인장변형률 · 인장 energy -건열수축률	· KSK K0416 · Testometric MICRO350 · KS K 0213 · Toray Fiber Thermal Analyses	· test speed : 10m/min · test 횟수 : 3회/온도(℃) · 장력 : 12g · 70℃,120℃,180℃,220℃
-습열수축률	· KS K 0215 · Toray Fiber Thermal Analyses	· test speed : 10m/min · test 횟수 : 3회/온도(℃) · 장력 : 12g · 65℃,80℃,90℃,100℃
-열응력	· Kanebo 열응력 측정기	· test speed : 2.1℃/sec · 최대온도 : 300℃

3. 결과 및 고찰

3.1. 섬도 및 인장특성

Fig.1은 국내 2개社와 대만 1개社의 120^d/36^f와 대만 1개社의 125^d/72^f의 PET POY cake의 내층에 해당하는 layer간의 絲의 섬도 측정 결과를 도시한 것이다.

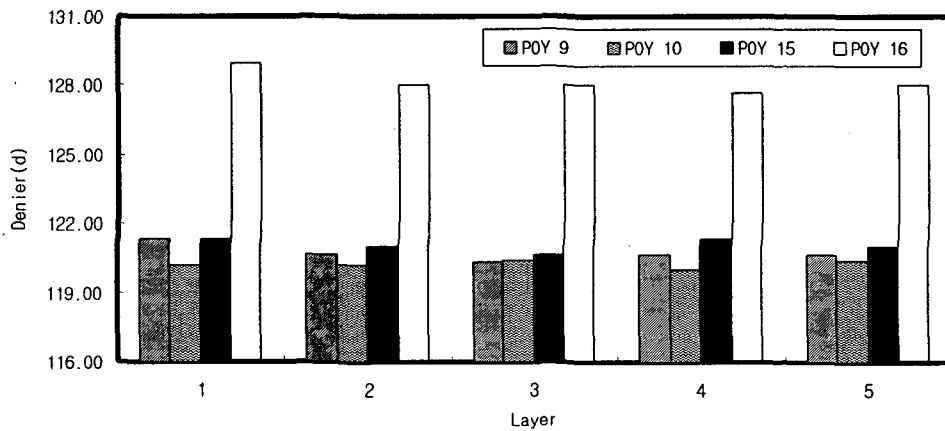


Fig. 1 국내의 원사의 섬도 비교

POY 9, 10, 15의 평균 섬도는 layer 간 큰 편차를 나타내지 않는다. (POY 9, 15 시료

의 경우 평균 섬도가 121^d~122^d의 범위를 가지고, POY 10은 평균 섬도가 120^d로 섬도의 편차가 내층임에도 불구하고 매우 양호한 값을 가지는 것을 볼 수 있다. POY 16의 경우 다른 lot 대비 편차가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.) 이에 반해 POY 16은 평균 섬도가 128^d로 125^d보다 높은 값을 가지며 layer간의 편차도 크게 나타난다. 이와 같은 섬도의 편차는 사가공 공정 후 가공사의 물성을 불안정하게 하여 사의 bulky성, crimp특성, 역학적 특성 등의 여러 가지 물성에 나쁜 영향을 주어 최종 직물 상태에서 경사줄 발생의 원인이 될 수 있다.

Fig. 2는 국내 2개社와 대만 2개社의 PET POY 원사 cake 4개의 절단강도를 도시한 것이다.

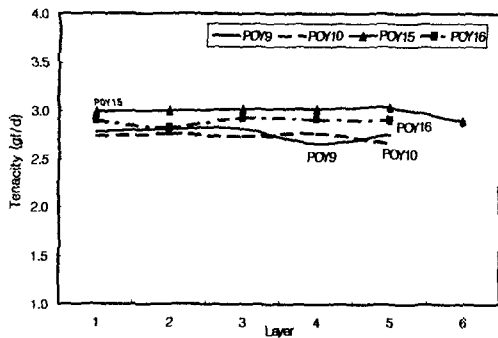


Fig. 2 국내의 원사의 layer간의 절단강도

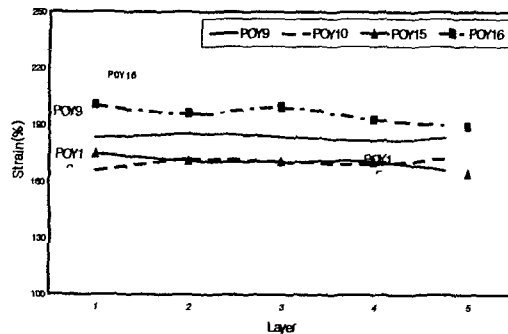


Fig. 3 국내의 원사의 layer간의 절단신도

POY 15는 약 2.9 gf/d~3.2 gf/d의 값을 가지며 국내 絲보다 높은 절단강도를 가지는 것을 볼 수 있다. POY 16은 125^d/72^f에도 불구하고 절단강도가 2.8 gf/d~3.0 gf/d의 비교적 작은 값을 가지는 것을 볼 수 있다. Fig. 3은 절단신도를 도시하고 있다. 125^d/72^f POY 16은 절단 신도는 약 200%의 절단신도를 나타내며, POY 9는 120^d/36^f 중에서 가장 높은 절단신도를 가진다. 일반적으로 제직공정등의 장력을 많이 받는 공정에서 안정되기 위해서는 절단강도와 절단신도는 어느 정도 높은 값을 가지는 것이 좋다. Fig. 2, 3에 도시된 것처럼 POY 9, 10, 15, 16 모두 layer간에 약간의 편차를 나타내는데 이것은 cake의 내층 즉, 지관으로부터 약 250,000m의 영역으로 winding등의 공정에서 받은 장력의 차이로 인한 것으로 사료되어 진다.

3.2. 습·건열수축률 특성

3.2.1 건열열처리 온도 변화에 따른 건열수축률

Fig. 4는 열처리 온도에 국내의 PET POY의 건열수축률을 도시한 것으로 국내社와 국

외사의 120^d/36^f PET POY의 건열수축률을 도시한 것이다. 국내, 국외 시료 모두 건열처리 온도 변화에 따른 수축률이 53~58%의 비슷한 건열수축률을 보인다. 건열처리 온도 60~80℃에서는 수축률을 거의 나타내지 않으며, 80~90℃에 다다르면 수축률이 급격히 상승하여 110℃ 근처에서 최대 건열 수축률인 약 55% 값을 보인다. 110℃ 이후, 220℃ 정도까지 건열수축률이 조금씩 감소하여 약 45%의 건열 수축률을 보인다. 이는 200℃ 정도의 온도에서 絲가 열고정 되어 수축률이 감소하는 것으로 사료된다.

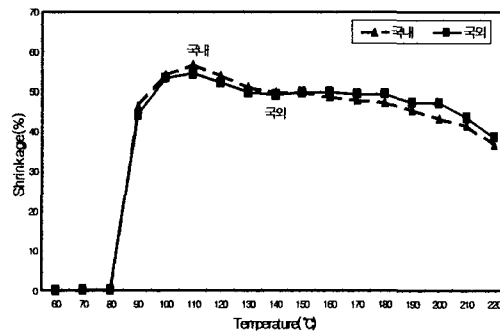


Fig. 4 국내의 원사의 건열처리 온도변화에 따른 수축률 변화

Fig. 5는 국내 2개社 시료와 국외 2개社 시료를 KS K 0213 타래 실험 방법으로 건열하여 수축률을 측정된 data를 도시한 것이다.

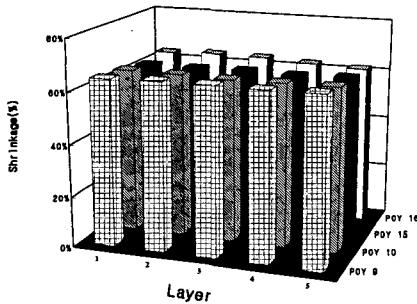


Fig. 5 Dry shrinkage by hank method

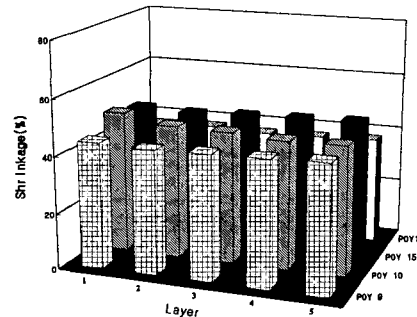


Fig. 6 Dry shrinkage by Toray method

POY 9는 65%의 가장 높은 건열수축률을 나타낸다. POY 10은 63%의 건열수축률을 가지며 편차가 양호하게 나타나고 있다. POY 16은 layer간의 약간의 편차가 나타나고 있으나 4% 정도로 큰 값은 나타내지는 않는다. Fig. 6은 Toray 열수축기에서 측정된 POY 9, 10, 15, 16 lot의 내층 layer의 건열 수축률을 도시하고 있다. Toray 열수축기에서의 건열수축률은 roller의 회전에 의해 絲가 feeding 되면서 측정되므로 수축률이 hank 상태에서 실험하는 것 보다 좀 더 낮은 값을 가진다고 사료된다. 120^d/36^f인 POY 9, 10,

15는 45~50%의 유사한 수축률을 가지며 125^d/72^f POY 16은 건열수축률이 9, 10, 15보다 10%정도 낮은 35~38%의 값을 가진다. 불안정한 수축률은 가연 공정에서의 heater에 의한 열 처리나 염·가공 공정 후 tenter기를 통과하면서 물성 변화를 초래하여 최종 직물 상태에 나쁜 영향을 미칠 수도 있다.

3.2.2 습열 열처리 온도 변화에 따른 습열 수축률

Fig. 7은 온도변화에 따른 습열수축률을 도시한 것이다.

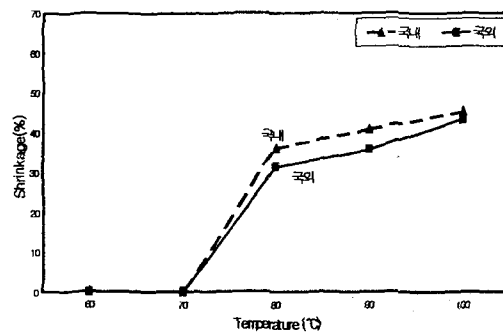


Fig. 7 국내의 원사의 습열처리 온도변화에 따른 수축률 변화

습열수축률은 건열수축률 보다 약 10% 정도의 낮은 값을 나타내고 있다. 국내의 시료 모두 60~70℃에서는 습열수축률이 거의 없으며, 70~80℃에서 수축률이 급격히 증가함을 보이고 있다. 습열처리 온도 80~100℃ 사이에서 습열수축률은 점차적으로 증가하며 국내 絲가 국외 絲 보다 약 7% 높은 47~55%의 습열수축률 값을 가진다.

Fig. 8은 KS K 0215 타래 실험 방법으로 측정된 습열수축률을 도시한 것이다. Fig. 8에서 POY 9, 10, 15, 16은 60~65%의 비슷한 값의 습열수축률을 나타낸다. 국외 시료인 POY 16은 layer간의 습열수축률 값이 다른 시료 대비 편차가 크게 나타난다. Fig. 9는 Toray에 의한 습열수축률을 도시한 것으로 POY 16의 수축률이 가장 낮게 나타나며 POY 9, 10, 15는 36~42%의 비슷한 값의 수축률을 가진다. Fig. 5, 6과 Fig. 8, 9를 비교하여 볼 때, 120d/36f중에서 국내 시료인 POY 9, 10의 열수축률은 120^d/36^f 국외 시료인 POY 15보다 7~10%정도 높은 값의 수축률을 나타내고 있다. 국내의 시료 모두 습열수축률이 건열수축률 보다 낮은 값의 수축률을 가지며 layer간의 편차도 크다. 국외 시료인 POY 16은 lot내 layer간의 편차가 크며 건열수축률, 습열수축률 모두 다른 lot 대비 수축률이 현저히 낮은 값을 가지고 layer간 편차도 크다. sizing 공정, scouring 공정, 염색 공정등의 수 차례의 습열처리를 거치면서 발생한 물성의 변화는 최종 생산품의 품질에 나

뿐 영향을 미칠 수 있으므로 絲는 어느 정도의 열적 안정성을 가져야한다. 따라서, 공정 설계 시 원사의 습열 특성에 맞는 공정 설계가 중요하다고 사료된다.

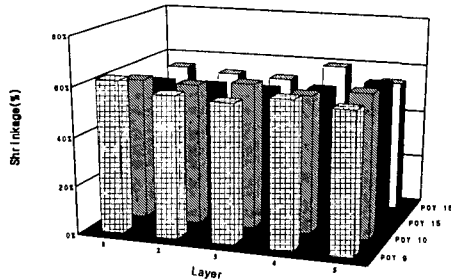


Fig. 8 Wet shrinkage by hank method

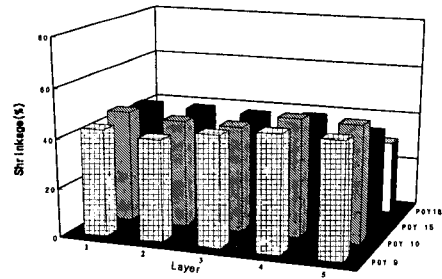


Fig. 9 Wet shrinkage by Toray method

3.3. 열응력 특성

열응력은 비결정부의 섬유축과 수직인 방향의 길이와 밀접한 관계가 있으며 열수축은 비결정부의 섬유축 방향의 길이와 밀접한 관계⁶⁾가 있다. 이렇게 비결정의 형상만으로 볼 때 열응력과 열수축률은 상반된 형상 같이 보이지만 비결정 외에 배향성, 결정의 형상 등 다른 여러 가지 형상이 관계되어 있으므로 열응력과 열수축률의 상관 관계를 규정짓는데는 많은 어려움이 따른다.

Fig. 10은 국내의 PET POY의 layer간의 최대열응력을 도시한 것이다.

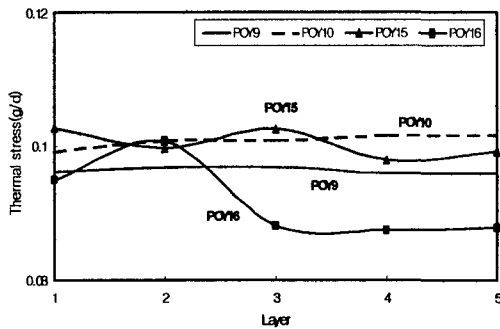


Fig. 10 Max. of the thermal stress

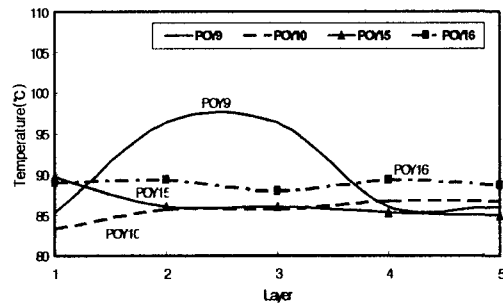


Fig. 11 Temp. at max. of the thermal stress

120^d/36^f의 국내 시료 POY 9, 10과 국외 시료 POY 15는 0.095~0.1g/d의 최대열응력 값을 가지며 layer간의 편차도 양호하다. 125^d/72^f의 국외 시료인 POY 16의 최대열응력 값은 cake의 내층(지관으로부터 50,000m~100,000m)으로 갈수록 감소하는 경향을 보이며 layer간의 편차도 크게 나타난다. Fig. 11은 최대열응력일 때의 온도를 도시한 것이다. POY 9, 10은 85℃정도에서 최대열응력 값을 가지며, POY 16은 POY 9,10보다 5℃ 높은

95℃에서 최대열응력 값을 가진다. 국내 시료인 POY 9의 경우 layer간의 편차가 크게 나타나고 있으며, 같은 국내 시료인 POY 10은 최대열응력 온도가 약 90℃이며 layer간 편차도 작은 값을 나타내고 있다. 국내사와 국외사의 최대열응력일때의 온도를 비교해 볼 때 국외 시료가 국내 시료에 비해 편차가 양호하게 나타나고 있다.

4. 결 론

국내 2개사와 국외 1개사의 PET POY 120^d/36^f와 국외 1개사의 PET POY 125^d/72^f의 cake의 최내층 영역 5 layer의 섬도, 역학물성, 습·건열수축률, 열응력을 실험, 분석하여 아래와 같은 결과를 도출하였다.

1. 국내 시료인 POY 9, 10과 국외 시료인 POY 15는 비교적 고른 분포의 섬도를 지니며, 국외 시료인 POY 16의 평균 섬도는 128denier로 125denier보다 약 4~5denier 정도 높은 값을 가지며 layer간의 편차도 크게 나타나고 있다.
2. 국내외 시료 모두 고른 분포의 절단강도 값을 가지며, 절단신도의 경우 국내외 시료들 간에는 170~200% 사이에서 차이를 보이지만, layer간에는 편차를 보이고 있지 않다. 국내 시료인 POY 15는 2.9~3.2gf/d의 가장 높은 절단강도 값을 가지며 절단신도의 경우는 가장 낮은 값을 나타낸다. 국외 시료인 POY 16은 200%의 가장 높은 절단신도 값을 보인다.
3. 건열수축률은 70℃에서는 국내외 시료 모두 수축률이 거의 없었으며, 80~90℃에서 건열수축률이 급격히 증가하여, 110℃ 근처에서 약 55% 정도의 최대 수축률을 보이며, 120~180℃ 영역에서는 약 50%의 수축률을 보이다가 220℃에서 감소하는 경향을 보이고 있다. 국내외 시료 모두 습열수축률은 65℃에서는 거의 변화율을 보이지 않았으며, 80~100℃에서 습열수축률이 30~40%로 선형적으로 증가하는 현상을 보인다.

참고문헌

- 1) 김승진, “폴리에스테르 원사물성 Data 集”, RRC(1997)
- 2) 김승진, “폴리에스테르와 나일론 가공사의 물성과 제조기술(I)”, RRC(1998)
- 3) 김승진, “폴리에스테르와 나일론 가공사의 물성과 제조기술(II)”, RRC(1998)
- 4) 김승진, “직물경사줄 현상원인분석과 각 공정별 대책”, 한국섬유개발연구원

감사의 글 : 본 연구는 영남대학교 RRC와 한국섬유개발연구원의 연구비에 의해 수행하였기에 두 기관에 감사 드린다.