

PET 絲의 물성 편차에 관한 연구 (VI)

심승범, 김승진, 서봉기, 홍성대, 박경순*

영남대학교 섬유패션학부, *영남대학교 지역협력연구센터

1. 서 론

합섬필라멘트사는 방사이후의 공정에서부터 직물제조공정을 거치는 동안 수많은 장력과 열처리를 받는다. 열처리를 받는 공정은 우선 사가공에서의 건열처리, sizing에서의 습·건열처리, 2-for-1 twister에서의 연사후 스팀 습열처리, 그리고 염색·가공공정에서의 습·건열처리가 주어지게 되고, 이러한 열처리는 공정 중에서 받는 장력과 더불어 열수축과 열응력을 발생시키며 열수축은 최종제품의 품질에 큰 영향을 미치는 인자 중 하나이다. 최근 합섬소재가 다양화·복합화됨에 의한 고감성용 제품 생산이 이루어지고 있는 실정에 있기에 직물제조공정을 거치는 동안 다양한 합섬소재의 원사 수축특성에 맞는 작업조건 결정이 반드시 필요한 실정이며 그에 앞서 원사의 기본물성 data에 대한 지식이 반드시 필요하다. 그러나, 국내 섬유산업의 경우 사가공, 제직준비, 제직 그리고 염색·가공 업체에서 참고할 수 있는 열처리에 대한 원사물성 data가 없는 실정이며 이러한 data의 지식부족은 원사특성에 맞지 않는 미비한 공정관리로 인해 최종제품의 품질에 큰 영향을 미치며 경사줄 발생의 요인¹⁾이 되기도 한다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 본 연구실에서 계속해온 연구결과^{2)~9)}를 바탕으로 국내 6개 회사의 PET 50d/24f SDY Cake의 습·건열 수축률, 열응력에 관한 layer간의 편차를 실험·분석하여 제직준비 공정과 염색·가공공정에서의 공정조건 설정에 참고가 될 수 있는 기초 data를 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1. 시 료

이 실험에 사용한 시료를 Table 1에 보인다.

본 연구에서는 국내 6개의 PET filament 50d/24f SDY가 사용되었다.

2.2. 실험방법

본 연구에서 실험한 원사물성항목과 실험방법 및 조건을 Table 2에 보인다.

본 실험에서는 각 회사별 Cake를 1 layer당 100,000m로 나누어 layer별마다 Toray

Fibre Thermal Analysis(FTA-500, Japan, Toray, ENG.)를 이용한 Toray 수축률 실험 방법과 KS K 0215 실험방법인 hank 수축률방법의 두가지 실험방법에 의해 수축률을 측정하였다.

Table 1. 시 료

시료	Denier	Cake 중량(kg)	layer수	
			KS K 0215 (100,000m/layer)	Toray (100,000/layer)
SDY24	50d/24f	9	16	16
SDY25		6	10	10
SDY26		9	16	16
SDY27		6	10	10
SDY28		9	16	16
SDY29		8.5	15	15

Table 2. 실험항목, 실험방법 및 조건

실험항목	실험방법	실험 조건
-. 건열수축률	· hank 타래법 (KS K 0215)	: Dry-Heat chamber(180℃, 30min)
	· Toray	· test speed : 10m/min · test 횟수 : 3회 (온도:180℃)
-. 습열수축률	· hank 타래법 (KS K 0215)	· Water Bath(100℃, 30min)
	· Toray	· 건열조건과 동일(단, 온도 : 100℃)
-. 열용력	· Kanebo 열용력 측정기	· 시료길이 : 5cm · 승온속도 : 2.1℃/sec · 초하중 : 0.027g/d · test 횟수 : 3회

3. 결과 및 고찰

3.1. 회사별 layer별 건열수축률 변화

Fig. 1은 hank 실험방법을 이용한 국내 6개 maker별 layer별 건열수축률의 변화를 도시한 것이다.

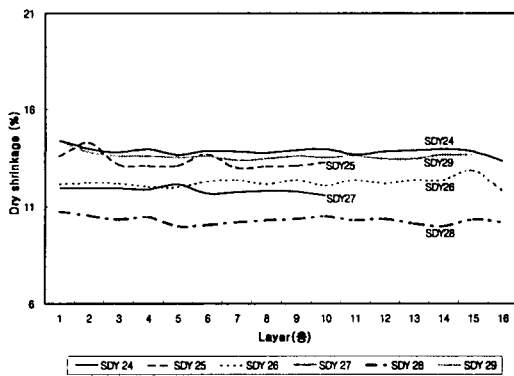


Fig. 1. Maker별, layer별 건열수축률(KS K 0215법)

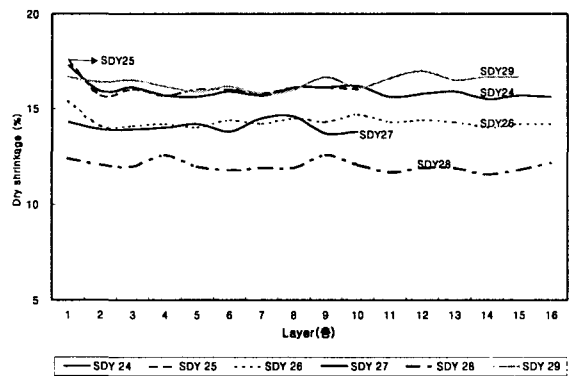


Fig. 2. Maker별, layer별 건열수축률(Toray법)

50d/24f SDY PET 絲 6개 lot의 건열수축률의 분포는 10.5%~14% 내에 분포함을 볼 수 있다. SDY 28이 가장 낮은 10.5%의 건열수축률 분포를 보이고 있으며, SDY 24, 25, 29가 13~14% 정도의 높은 건열수축률을 보임을 알 수 있다. 그리고 SDY 26, 27은 11.5%~12% 정도의 수축률을 보이고 있어 원사 maker별 마다 다소 차이가 있음을 알

수 있다. 이러한 각 회사별 건열수축률의 차이는 제직준비공정을 거치는 동안 회사별마다 각기 다른 絲의 물성 차이를 유발시킬 수 있어 각 회사별 건열수축 특성에 맞는 공정 조건의 결정이 중요하다고 보여진다. 건열수축률의 layer간 편차는 모두 양호한 경향을 보이거나 SDY 25가 2번째와 6번째 layer, 즉 15만m~25만m와 55만m~65만m 부근에서 다소 편차를 보인다. Fig. 2는 Toray 열수축 시험기를 이용하여 계측된 6개 회사별 layer별 건열수축률의 변화를 보이는 그림이다. Toray 실험방법 측정된 건열수축률의 분포는 12%~17% 범위에 분포함을 볼 수 있다. SDY 24, 25, 29가 16%~17%의 건열수축률을 보임으로서 가장 높은 수축률을 보이고 있으며 SDY 28이 12% 정도의 가장 낮은 수축률을 보이고 있다. SDY 24, 25, 29가 가장 높은 수축률을 보이고, SDY 28이 가장 낮은 수축률을 보이는 현상은 hank 실험방법과 비슷한 경향을 보임을 알 수 있다. layer간의 편차는 1%~3% 정도를 보이며 hank 실험방법보다는 다소 높은 편차를 보인다. 그리고 Toray 방법에 의해 측정된 건열수축률은 hank 건열수축률보다는 1%~2% 정도 높은 건열수축률을 보이는데 이는 Toray 실험방법에서는 絲 1올씩 feeding되면서 10m 시료내에서의 짧은 구간구간 마다 여러번 계측된 수축률 값들의 평균값으로 측정된 반면 hank 방법은 hank 상태로 1회의 측정값만 수축률이 측정된 것으로 계측방법의 차이에 기인된 것으로 사료된다.

3.2. Maker별 layer별 습열수축률의 변화

Fig. 3은 hank 실험방법을 이용한 국내 6개 maker별 layer별 습열수축률의 변화를 도시한 것이다.

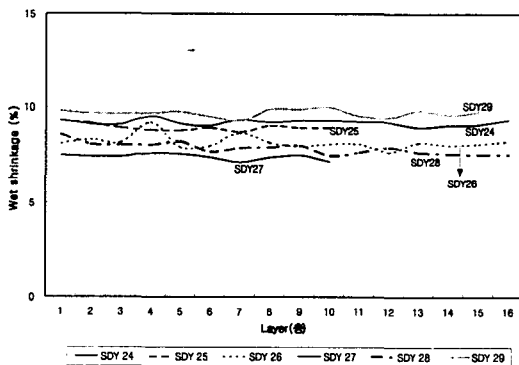


Fig. 3. Maker별, layer별 습열수축률(KS K 0215법)

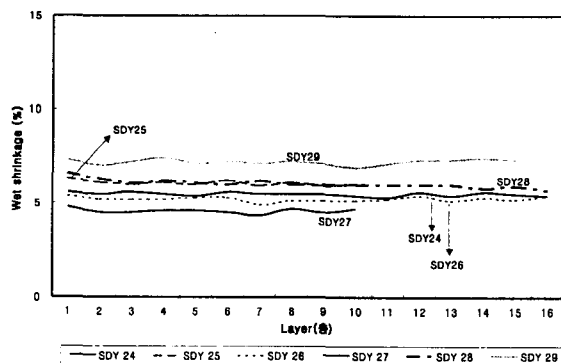


Fig. 4. Maker별, layer별 습열수축률(Toray법)

6개 lot의 hank 방법에 의한 습열수축률의 분포는 7.5%~10%의 범위에 분포함을 볼 수 있다. SDY 27이 가장 낮은 7.5% 정도의 습열수축률, SDY 29는 가장 높은 10% 정도의 습열수축률을 보이고 있어 각 maker별 습열수축률의 차이가 있음을 알 수 있다. layer간 편차는 1% 내외이며 SDY 26의 4번째, 7번째 layer, 즉 35만m~45만m, 65만m~75만m 부근에서 습열수축률이 다소 높은 편차를 보이고 있다. 이런 layer간 편차는 습열처리를 받는 sizing 공정과 2-for-1 setting 공정에서 습열처리에 의한 layer간 수축률 편차를 야기시킬 수 있어 사의 물성 불안정을 초래할 수 있다. Fig. 4는 Toray 열수축 시험기에서 측정된 회사별, layer별 습열수축률의 변화를 보이는 그림이다. SDY 50d/24f PET 絲 6개 lot의 Toray 실험방법에 의한 습열수축률의 분포는 4.5%~7.5% 정도의 분포를 보인다. hank 방법에서 가장 낮은 수축률을 가진 SDY 27이 Toray 법에서도 가장 낮은 4.5% 정도의 습열수축률을 보이고 있고 hank 방법에서 가장 높은 수축률을 보인 SDY 29가 Toray 법에서도 가장 높은 7.5% 정도의 습열수축률을 보임으로서 두 방법에 의한 회사별 수축률의 경향은 비슷함을 알 수 있다. layer간 편차는 모두 양호한 편이며 0.5% 이내의 편차를 가짐을 볼 수 있다.

3.3. Maker별 layer별 열응력 변화

Fig. 5, 6은 maker별 layer별 최대열응력과 최대열응력온도를 도시한 것이다.

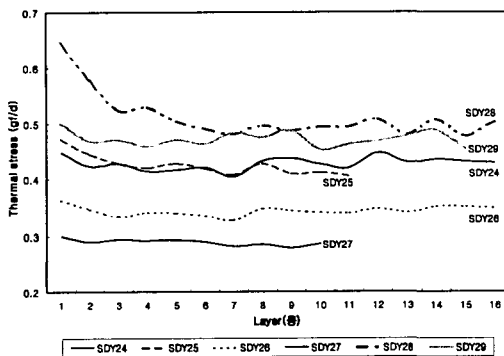


Fig. 5 Maker별, layer별 최대열응력

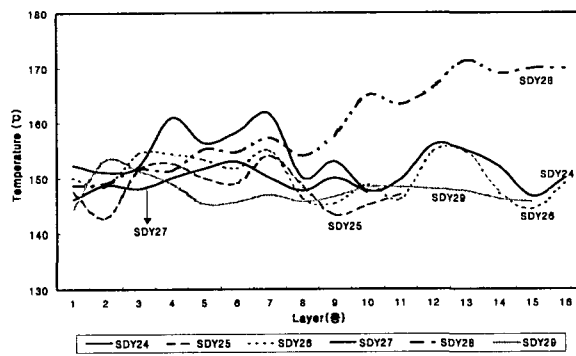


Fig. 6 Maker별, layer별 최대열응력 온도

Fig. 5에서 국내 6개의 6가지 최대열응력은 0.3gf/d~0.5gf/d의 분포를 보이고 있다. SDY 28, 29가 가장 큰 0.5gf/d의 최대열응력 값을 가지며 SDY 26, 27이 가장 낮은 0.3gf/d의 최대열응력을 가진다. 모든 lot가 최외곽층 layer의 絲의 열응력이 중층과 내층

layer보다 높은 열응력을 보인다. 이는 열응력은 결정 사이를 연결하는 가장 짧은 사슬의 수축력에 큰 영향⁽¹⁰⁾을 받으므로 장력이 내층, 중층보다 외층이 높게 받으므로 인접한 분자사슬간의 간격이 좁혀지고 배열 상태가 치밀해져 분자 사슬간의 응집력이 커짐⁽¹¹⁾에 의한 것으로 사료된다. 최대 열응력을 보이는 열응력 온도는 6개 lot의 각 layer에서 142℃~170℃까지 분포함을 볼 수 있다. 이는 PET SDY 絲의 경우 Tg 부근에서 열응력이 점점 급격히 증가하여 최대 열응력 값을 가진 후에 완만히 감소하다가 Tm 부근에서 결정들의 용융이 일어나면서 열응력이 사라짐에 기인된 것으로 사료된다. 그리고 이 온도에서 건열수축이 발생함은 온도별 건열수축률 변화 실험에서 확인하였다. layer간의 최대열응력온도의 편차는 10℃ 내외이나 SDY 28은 layer 외층에서 내층으로 갈수록 최대 열응력 온도가 150℃에서 170℃까지 증가하는 현상을 보여 편차가 가장 큼을 볼 수 있다.

3.4. Toray와 hank 실험방법간의 상관성

Fig. 7, 8은 Toray과 hank 열수축 실험방법에 의해 측정된 총 83개의 시료의 건열과 습열수축률 data의 산점도를 도시한 것이다.

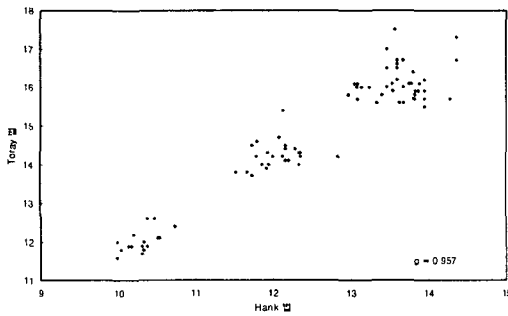


Fig. 7 건열수축률 산점도

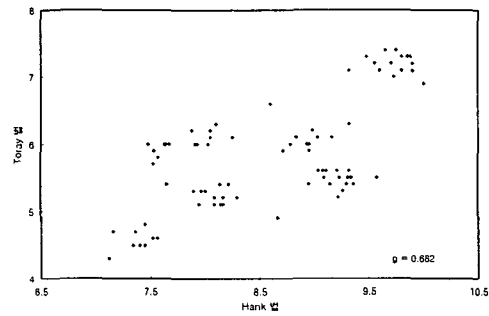


Fig. 8. 습열수축률 산점도

PET 50d/25f SDY의 경우 Toray와 hank 실험방법간의 건열수축률 상관계수는 0.957로 높은 상관성을 보이고 있으며, 습열수축률의 상관계수는 0.682를 보이므로 습열수축률보다 건열수축률이 더 높은 상관성을 보인다. 이것은 hank 방법과 Toray 방법의 회사별 layer별 수축률 값의 편차가 건열수축률보다 습열수축률의 경우가 더 높은 경향을 보임에 기인된 것으로 사료된다.

4. 결 론

국내 6개 maker에서 생산되고 있는 PET 50d/24f SDY 원사의 cake layer별 습·건열 수축률과 열응력을 실험하여 조사, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 국내 6개 maker 모든 lot의 hank법에 의한 건열수축률 분포는 10.5%~14% 內에 분포하고 있고, SDY 28이 가장 낮은 10.5%, SDY 24, 25, 29가 13~14% 정도의 큰 건열수축률을 보였다. layer간 편차는 모두 양호한 경향을 보이거나 SDY 25가 2번째와 6번째 layer에서 다소 편차가 보였다. Toray법에서는 12~17%의 건열수축률 분포를 보이며 layer간 편차는 1~3% 정도로 hank법 보다는 높은 편차를 보였다.
2. hank법에 의한 습열수축률 분포는 7.5~10%의 범위에 있으며 SDY 27이 가장 낮은 7.5%, SDY 29가 가장 높은 10% 정도의 습열수축률을 보였다. layer간 편차는 1% 내외이며 SDY 26의 4번째, 7번째 layer에서 다소 높은 편차를 보였다. Toray법에 의한 습열수축률은 4.5~7.5% 정도의 분포를 보이고, layer간 편차는 0.5% 이내의 편차로 모두 양호한 편이다.
3. 6개 lot의 최대열응력은 0.3gf/d~0.5gf/d의 범위에서 분포하고 있다. SDY 28, 29가 가장 큰 열응력을 가지며 SDY 26, 27이 가장 낮은 열응력을 가졌고, 모든 lot가 최외곽 층 layer의 絲가 중층과 내층보다 높은 열응력을 보였다. 6개 lot의 각 layer에서 최대열응력온도의 분포는 142~170℃까지 분포하고, layer간 최대열응력온도의 편차는 10℃ 내외이며 SDY 28이 외층에서 내층 layer로 갈수록 최대열응력 온도가 150℃에서 170℃까지 증가하는 현상을 보였다.
4. Toray와 hank 실험방법간의 열수축률 상관성은 습열수축률은 0.682, 건열수축률은 0.957의 상관계수를 보였다.

참고문헌

- 1) 김승진, “직물경사줄 현상원인분석과 각 공정별 대책”, 한국섬유개발연구원(2000)
- 2) 김승진, “복합사 素材 物性和 工程조건(I)”, RRC(1999).
- 3) 김승진, “복합사 素材 物性和 工程조건(II)”, RRC(1999).
- 4) 김승진, “폴리에스테르 원사물성 Data集”, RRC(1997).
- 5) 김승진, “국내외 PET 원사 물성비교 분석 DATA집”, RRC(2002)
- 6) 김승진 외 9명, “학술발표회 논문집”, p.181, 성균관대학교, 2001.

- 7) 김승진 외 5명, “학술발표회 논문집”, p.295, 경일대학교, 2001
- 8) 서봉기 외 2명, “추계학술발표회 논문집”, p.170, 부산대학교, 2001.
- 9) 심승범 외 5명, “추계학술발표회 논문집”, p.176, 부산대학교, 2001.
- 10) S. D. Long and I. M. Ward. *J. Appl. Polym. Sci.*, **42**, 1921(1991)
- 11) 조광신, 김상용 *J. Korean Fiber Soc.*, **34**(7)(1997).

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