

PET 絲의 물성 편차에 관한 연구 (III)

심승범, 김승진, 박경순, 유지수, 서봉기, 홍성대

영남대학교 섬유패션학부

1. 서 론

합섬필라멘트 사의 직물 제조 공정 중 주어지는 열처리는 絲 상태로 사가공 공정시 Heater에 의한 건열처리, sizing 공정에서 습열 및 건열처리, 2-for-1 twister에서 연사 후 스팀 습열처리가 주어진다. 그리고 염색·가공공정을 거치는 동안 직물 상태로 축소와 염색 공정에서의 습열처리, pre-set와 final-set에서의 건열처리가 또한 주어진다. 이러한 絲나 직물 상태에서의 습·건열 열처리는 공정 중에서 받는 장력과 더불어 열응력과 열수축이 일어나면서 전 공정에 걸쳐 발생하게 됨으로 직물 제조 공정 중에서의 수축 특성은 최종 제품의 물성에 큰 영향^{1)~4)}을 미치는 중요한 요소 중의 하나이다. 그러나 국내 up stream인 원사 maker의 경우 自社 원사의 열적 특성에 관계된 기본 물성 data가 middle, down stream인 사가공 및 제직, 염색·가공 업체에 feed-back이 되지 못하는 실정이다. 특히 새로운 원사 소재의 등장으로 인한 작업 조건 결정에는 원사 물성 data에 대한 지식이 반드시 필요하나 국내 섬유산업의 경우 이러한 원사의 물성 data가 없는 실정이기에 국내섬유산지인 대구·경북지방의 middle, down stream의 중요성을 생각할 때 이에 대한 연구가 대학에서 수행해야 할 과제라고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 본 연구실에서 계속해온 연구결과^{5)~11)}를 바탕으로 국내 6개 회사의 PET 120d/36f POY 원사의 습·건열 수축률, 열응력에 관한 cheese layer 간의 편차를 조사 분석하므로서 경사줄 발생을 줄이기 위한 원사의 기본 물성에 관한 기초 자료를 사가공, 제직 및 염색·가공 업체에 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1. 시 료

본 연구에 사용된 국내 6개의 각 make별 원사 시료를 Table 1에 보인다.

2.2. 실험방법

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

Table 1. 시료

시료	Denier	Cake 중량(kg)	layer수	
			KS K 0215 (50,000m/layer)	Toray (100,000/layer)
POY9	120d/36f	14	21	11
POY10		11.5	22	11
POY11		5	7	7
POY12		20	30	15
POY13		15	22	11
POY14		12	18	9

Table 2. 실험항목, 실험방법 및 조건

실험항목	실험방법	실험 조건
- 건열수축률	· hank 타래법 (KS K 0215)	· Dry-Heat chamber(180℃, 30min) · 장력 : 1.2g · test speed : 10m/min · test 횟수 : 3회 (온도:180℃)
	· Toray	
- 습열수축률	· hank 타래법 (KS K 0215)	· Water Bath(100℃, 30min) · 건열조건과 동일(단, 온도 : 100℃)
	· Toray	
- 열응력	· Kanebo 열응력 측정기	· 시료길이 : 5cm · 승온속도 : 2.1℃/sec · 초하중 : 0.027g/d · test 횟수 : 3회

3. 결과 및 고찰

3.1. Maker별 layer별 건열수축률 변화

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

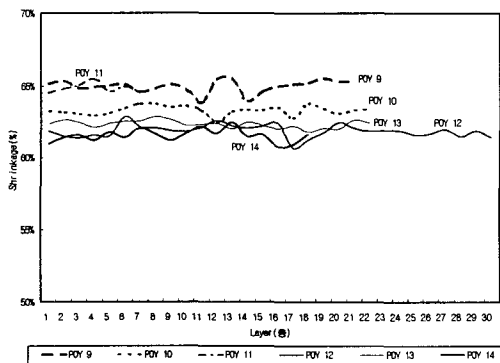


Fig. 1. Maker별, layer별 건열수축률(KS K 0215)

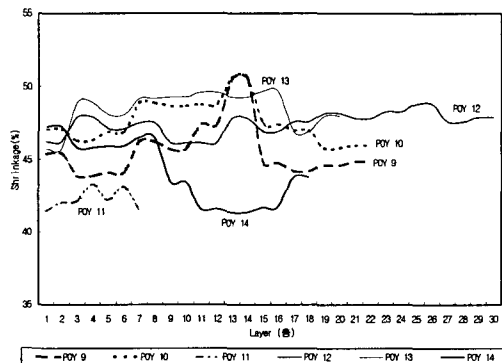


Fig. 2. Maker별, layer별 건열수축률(Toray)

maker별 건열수축률의 layer간 편차는 대체적으로 양호한 경향을 보이고 특히 POY 11, 13번 시료가 가장 안정된 경향을 보인다. 그러나 상대적으로 POY 9와 12번은 중층 layer에서 3% 정도의 layer간 편차와 3~5% 정도의 layer내 편차를 보임으로 다소 큰 layer 내·외층간 편차를 보이며 이는 방사시 연신의 불균일 또는 winding시 장력 편차의 결과로 나타난 것으로 사료된다. 그리고 POY 9와 11은 64~67%, POY 10은 63% 정도의 높은 건열수축률을 보이나 POY 12, 13 그리고 14번 시료는 다른 시료에 비해 2~4%정도 낮은 61% 정도의 건열수축률을 보임으로서 maker별마다 다소 차이가 있음을 볼 수 있어 각 회사별 수축특성에 맞는 공정조건의 결정이 중요하다고 보여진다. 이런 layer간 편차는 가연 공정에서 Heater통과 후 가연의 bulky성 불균일, crimp 특성 차이

를 유발시켜 사의 물성 불안정을 야기 시킬 수 있으며, 특히 PET POY絲를 이용한 이수축 복합사로 직물제조시 고수축사의 수축률 편차로 인한 직물의 물성에도 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다. Fig. 2는 Toray 열수축 측정기에서 계측된 maker별, layer별 건열수축률의 변화를 도시한 것으로 hank 건열수축률보다 15~20% 정도 적은 값인 40~50% 범위의 건열수축률 값을 보인다. 이는 1.2g의 장력이 주어진 상태에서 연속적으로 絲를 feed 시키면서 건열수축을 측정하므로 무장력 건열수축방법인 hank 실험방법보다 낮은 수축률을 보이는 것으로 사료된다. 건열 수축률의 hank 실험방법과 Toray 실험방법간의 layer간 편차의 정도는 hank 실험의 경우 건열수축률의 layer간 편차가 심한 경향을 보이는 POY 9번 시료가 64~67% 정도의 건열수축률로 layer간 3% 정도의 편차를 보이는 반면 Toray 실험의 경우 POY 9번 시료는 44~51% 정도의 수축률로 6~7% 정도의 편차를 보이고 특히 hank 실험에서 1% 정도의 layer간 편차를 가지는 가장 양호한 POY 13번 시료의 경우 Toray 실험에서는 45~50% 정도의 수축률로 3~5% 정도의 layer간 편차를 보이고 있다. 그리고, POY 12는 Toray, hank 실험의 layer간 편차 정도가 가장 적은 경향을 보인다. 전체적으로 Toray 실험방법이 다소 layer간 편차가 큼을 볼 수 있다. 이는 10m 시료로 1회 test시 hank 실험방법은 1회의 측정값만 hank 상태로 측정되지만 Toray 실험방법은 絲 상태로 장력이 주어지면서 10m 시료내에서의 short term마다 계측된 여러번의 측정값들의 평균값으로 측정됨에 기인된 것으로 사료된다.

3.2. Maker별 layer별 습열수축률의 변화

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

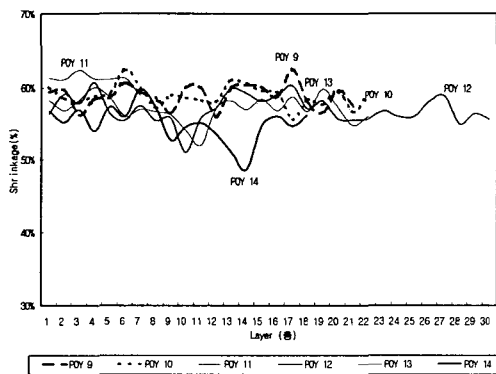


Fig. 3. Maker별, layer별 습열수축률(KS K 0215)

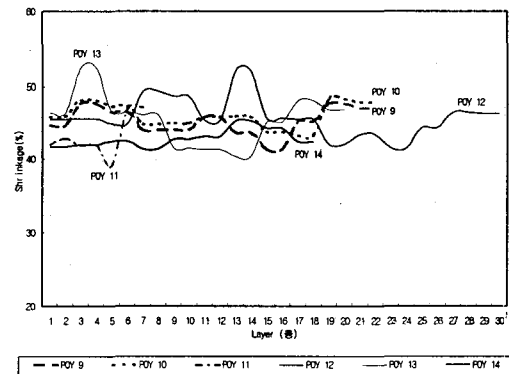


Fig. 4. Maker별, layer별 습열수축률(Toray)

습열수축률의 layer간 편차는 건열수축률의 편차보다 확연히 큼을 볼 수 있다. POY 10, 11번 시료의 layer간, layer内の 습열수축률의 편차는 양호한 경향을 보이나 POY 9, 12, 13, 14번 시료의 layer간 그리고 layer內 편차는 상대적으로 큰 경향을 보인다. POY 11번 시료의 경우 layer별 습열과 건열수축률 변화 모두 타 시료에 비해 양호하며 이는 타 lot에 비해 작은 lot size로 winding시 안정된 장력편차로 기인된 것으로 사료된다. 습열수축률 값은 각 maker별 마다 건열수축률보다 3~5%정도 낮은 값을 보이며 maker별 마다 다소 차이를 나타냄을 볼 수 있다. 이런 layer간, 內 편차는 습열처리를 받는 공정인 sizing 공정과 2-for-1 공정의 steamer를 거친 絲의 불안정한 絲물성 편차를 야기시킬 수도 있다. Fig. 4는 Toray 열수축 측정기에서 측정된 maker별, layer별 습열 수축률의 변화를 도시한 것으로 건열 수축률보다 layer간 편차가 더 큰 경향을 볼 수 있고, hank 실험방법보다 15~20% 낮은 수축률 값을 보인다. 습열수축률의 hank 실험방법과 Toray 실험방법간의 layer간 편차의 정도는 hank 실험방법의 경우 POY 10은 55~62%, 12는 51~60%, 13은 51~60% 정도의 layer간 분포를 가지며 Toray 실험방법의 경우 POY 10은 42~49%, 12는 41~51%, 13은 41~51% 정도의 분포를 가져 두 방법간의 layer간 편차의 정도는 비슷한 경향을 보이나 hank 실험방법의 layer간 편차가 심한 POY 14번의 경우 Toray 실험방법은 다소 양호한 경향을 보이고 있고, hank 실험방법의 layer간 편차가 양호한 POY 9번의 경우 Toray 실험방법이 다소 layer간 편차가 심한 경향을 보인다. 전체적으로 습열수축률의 hank 실험방법과 Toray 실험방법간의 layer간 편차의 정도는 건열수축률보다는 적은 경향이 보인다.

3.3. Maker별 layer별 열응력 변화

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

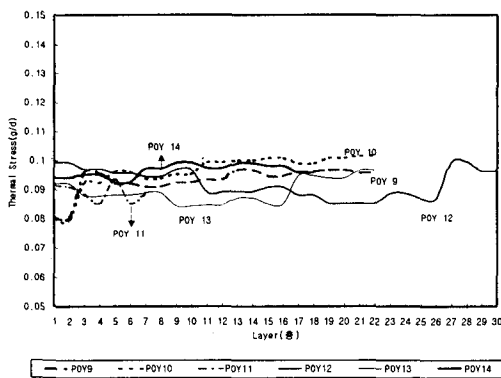


Fig. 5 Maker별, layer별 최대열응력

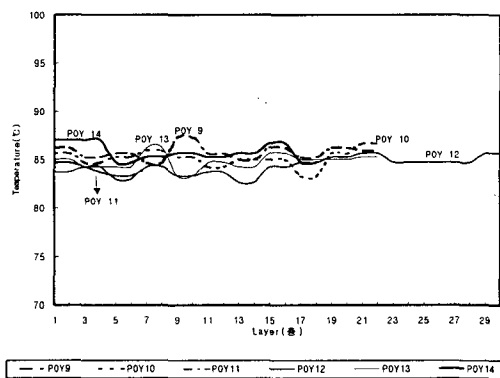


Fig. 6 Maker별, layer별 최대열응력 온도

Fig. 5에서 layer별 열응력 편차는 POY 11, 14번 시료의 경우 상대적으로 다소 양호한 경향을 보이거나 POY 9, 10번 시료의 경우 내층으로 갈수록 0.02g/d 정도 다소 높아지는 경향을 보이고, POY 12, 13번의 경우 특정 layer에서 0.02g/d 정도의 layer간 편차를 보인다. Fig. 6에서 layer별 최대 열응력 온도 편차는 열응력에서 상대적으로 layer간 편차가 다소 심한 lot인 POY 9, 10, 12, 13번 시료가 온도의 편차도 다소 큰 경향을 보인다. 최대 열응력의 분포는 0.08~0.1g/d 정도이며 최대 열응력 온도의 분포는 83~87°C 정도이다. 이때 최대 열응력 온도는 85°C 근처로 이는 PET POY絲의 경우 Tg 부근 온도에서의 급격한 수축력 발생에 기인된 것으로 사료된다. 85°C 이상의 온도에서는 수축률이 크더라도 분자 segment들의 유동성 증가로 인한 분자간 응집력 감소로 열응력이 감소¹²⁾한 것으로 설명될 수 있다. 85°C에서 건열수축이 발생하기 시작한 사실을 온도별 건열수축률 변화 실험에서 확인되었다. 각 원사 maker별로 최대 열응력과 온도 모두 다른 값을 보이며 이는 회사별로 공정 열처리 조건들이 조금씩 다름에 기인된다. 최대열응력은 POY 14가 가장 큰 값을 나타내며 POY 11이 가장 낮은 값을 보이는 반면 건열수축률은 POY 14가 가장 낮고 POY 11이 가장 높은 값을 보임으로서 서로 상반된 결과를 보이고 있고 그리고 건열 수축률에서 layer간 편차가 가장 양호한 경향을 보인 POY 13번 시료의 경우 최대 열응력의 layer간 편차가 다소 심한 경향을 보임을 알 수 있다. 이는 건열 수축률과 열응력간의 상관성은 없음을 의미한다.

3.4. Toray와 hank 실험방법의 열수축률 상관성

Fig. 7과 8은 64개의 시료를 이용하여 Toray와 hank 열수축 실험방법에 의해 측정된 건열과 습열수축률 data들의 산점도를 도시한 것이다.

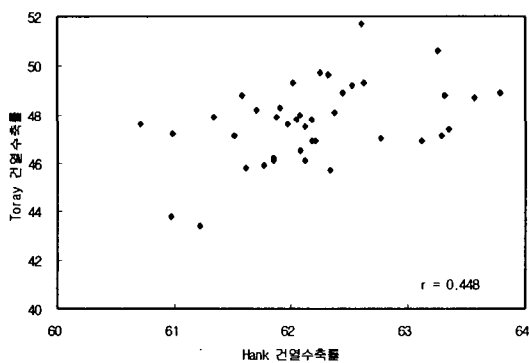


Fig. 7 건열수축률 산점도

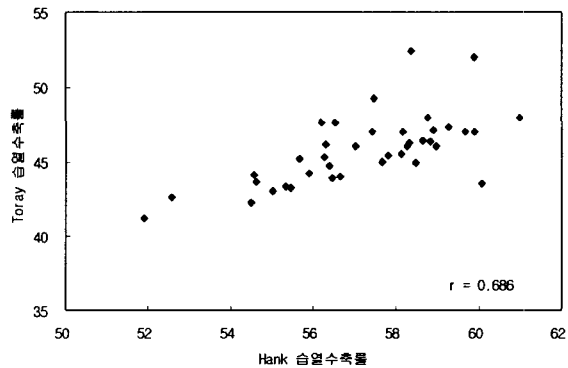


Fig. 8. 습열수축률 산점도

PET 120d/36f POY의 경우 Toray와 hank 실험방법간의 건열수축률의 상관계수는 0.448이고, 습열수축률의 상관계수는 0.686을 보이므로서 건열수축률보다 습열수축률이 약간 더 높은 상관성을 보인다. 이는 건열수축률의 hank 실험방법과 Toray 실험방법간의 layer간 편차의 정도가 습열수축률보다는 큰 경향이 보인 결과에 기인된 것으로 사료된다.

3. 결 론

maker별 PET 120d/72f POY 원사의 cake layer별 열수축률과 열응력에 관한 편차를 조사, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 건열수축률의 layer간 편차는 대체적으로 양호한 경향을 보이고 특히 POY 11, 13번 시료가 가장 안정된 경향을 보인다. 그러나 상대적으로 POY 9, 12번 시료의 특정 layer부근에서 3~4%정도의 다소 큰 편차를 보인다. 또 각 회사마다 건열수축률의 차이가 보인다. Toray 실험방법의 건열수축률은 hank 건열수축률보다 10~15% 정도 적은 값인 40~50% 범위의 값을 보이고, Toray 실험방법이 hank 실험방법보다 더 큰 layer간 편차를 보인다.
2. 습열수축률의 layer간 편차는 건열수축률의 편차보다 더 큰 경향이 보이고 POY 10, 11번 시료에 비해 POY 9, 12, 13, 14번 시료가 더 큰 layer간, 內 편차를 보인다. Toray 실험방법의 건열수축률은 hank 건열수축률보다 15~20%정도 적은 값을 보인다.
3. layer간 최대 열응력 편차는 POY 11, 14번 시료의 경우 상대적으로 다소 양호한 경향을 보이거나 타 시료의 경우 0.01~0.02g/d 정도의 layer간 편차를 보이고 layer별 최대 열응력 온도 편차는 열응력에서 상대적으로 layer간 편차가 다소 심한 lot의 온도 편차도 다소 큰 경향을 보인다. 최대 열응력 분포는 0.08~0.1g/d, 최대 열응력 온도의 분포는 83~87℃ 정도이다. 그리고 건열수축률과 열응력간의 상관성은 없음을 알 수 있었다.
4. Toray와 hank 실험방법간의 열수축률 상관성은 습열수축률은 0.628, 건열수축률은 0.448의 상관계수를 보였다.
5. 위와 같은 현상은 열처리를 받는 공정에서의 열처리에 따른 layer간 수축률 편차에 의한 사물성 불안정을 유발시킬 수 있으며, 특히 열수축에 대한 data를 바탕으로 각 회사별 수축특성에 맞는 공정조건 결정은 직물 결점을 최소화할 수 있을 것으로 사료된다.

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) 박경순 외 4명, “학술발표회 논문집”, p.165, 성균관대학교, 2001.
- 6) 서봉기 외 4명, “학술발표회 논문집”, p.169, 성균관대학교, 200
- 7) 김연숙 외 4명, “학술발표회 논문집”, p.173, 성균관대학교, 2001.
- 8) 심승범 외 3명, “학술발표회 논문집”, p.177, 성균관대학교, 2001.
- 9) 김승진 외 9명, “학술발표회 논문집”, p.181, 성균관대학교, 2001.
- 10) 김승진 외 10명, “춘계학술발표회 논문집”, p.208, 건국대학교, 2001.
- 11) 김승진 외 4명, “춘계학술발표회 논문집”, p.214, 건국대학교, 2001.
- 12) 조광신, 김상용 *J. Korean Fiber Soc.*, **34**(7)(1997).

감사의 글 : 본 연구 결과는 영남대학교 RRC와 영남대학교 연구조교 지원사업의 연구과제 결과의 일부로서 관계기관에 감사드립니다.