

감성소재 PET 絲의 계측방법에 따른 열수축률 변화

Thermal Shrinkage Variation to the Measuring Method of Sensory PET Filament

김승진*†

Seung-Jin Kim*†

영남대학교 섬유패션학부*

School of Textiles, Yeungnam University

Abstract : This study surveys wet and dry thermal shrinkages of PET POY manufactured by domestic seven companies and foreign companies in Japan and Taiwan. These thermal shrinkages were measured by hank method (KSK 0215) and Toray FTA-500 apparatus, and these measured data were analysed and discussed with measuring methods. The specimens prepared were PET POY 85d/72f and 120d/36f, furthermore, 250d/48f and 155d/50f PET POY were also prepared for comparison of wet and dry thermal shrinkages between Japan and domestic PET POY. And the wet and dry thermal shrinkages of each specimens were measured according to the each layer divided by 50,000m of the cake, and between and within thermal shrinkages were analysed and discussed with the domestic and foreign PET POY and measuring methods such as hank and Toray methods.

Key words : POY, hank, Toray FTA-500, thermal shrinkage, PET filament

요약 : 본 연구는 국내 7개 회사와 일본과 타이완 기업에서 만들어진 PET POY 사의 습열과 건열수축률을 연구하였다. 이들 絲의 열적수축률들은 hank 방법 (KSK 0215)과 Toray FTA-500 장치를 사용하여 측정되었으며 측정된 데이터는 측정방법에 따라 분석되고 토의되어졌다. 준비된 시료는 PET POY 85d/72f와 120d/35f이며 더구나 250d/48f와 155d/50f PET POY가 일본과 국내사 사이의 습열과 건열수축률의 비교를 위해서 역시 준비되어졌다. 그리고 각 시료들의 습열과 건열수축률들은 원사 케이크 내의 絲, 50,000m를 1개의 layer로 각각 나누어 각각의 layer 별로 측정되었으며 급내와 급간 열수축률이 측정·분석되었으며 국내와 외국 수입絲에 따른 차이를 hank와 Toray 측정방법에 따라 분석하였다.

주제어 : POY, hank, Toray FTA-500, 열수축률, PET

† 교신저자 : 김승진(영남대학교 섬유패션학부)

E-mail : sjkim@ynu.ac.kr

TEL : 053-810-2771

FAX : 053-812-5702

1. 서론

섬유를 비롯한 직물소재에 대한 물성계측방법에 대한 연구는 여러 연구자들에 의해 최근 다양하게 연구되고 있다. 조등은[9, 12, 11] 직물 마찰음을 측정하는 장치를 개발하고 이들 마찰소리특성이 감성소재의 물성에 미치는 영향을 연구하였고 김등은[6, 7, 8] 퍼지이론과 Quard 분석법 그리고 정신물리학적 방법을 이용하여 각종 소재의 감성을 평가하는 연구를 하였다. 권등은[2, 1, 3]은 인체와 소재의 접촉에 관한 모델링 및 촉감과의 관계 및 센서의 개발 등에 관한 연구를 하였다. 최근 의류용 감성소재 개발이 활성화되면서 다양한 합성소재가 개발되고 있다. 이러한 합성소재사 중에서 감성의류용도로 가장 많이 사용되고 있는 소재가 PET 소재[4, 10]로서 PET POY는 가장 소재를 다양화하기 좋은 소재로 알려져 있고 이들 POY의 열 수축률은 다양한 의류의 감성을 표출하는데 있어서 중요한 물성 인자 중에 한 가지 특성치이다. 그런데 열수축률의 계측방법은 일반적으로 습열과 건열로 나누어지고 hank 형태의 열수축 특성 계측방법이 지금까지 사용되어 오고 있으나 최근에는 일본 Toray에서 개발된 열수축 특성을 연속적으로 계측할 수 있는 FTA-500 측정 장치가 기업에 보급되어 있는 실정이다. 그러나 종래에 사용해 오던 hank 열 수축률 측정방법과 FTA-500 계측 결과와의 습·건열열수축 실험치 간의 data 상의 비교 결과가 없음으로서 감성의류용 직물개발과 직물제조공정에서의 공정조건 결정[5]에 섬유관련 기업들이 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내·외 POY 絲를 시료로 하여 KSK 방법인 hank 열수축률 측정방법과 Toray 열수축률 측정방법에 의한 감성소재 POY 絲의 열수축률을 측정하여 그 값의 차이를 분석·조사함으로써 감성직물과 의류 생산에 필요한 기초연구 자료를 기업에 제공하고자 한다. 본 연구에서는 국내 7개 기업에서 생산되고 있는 PET POY와 일본과 대만에서 생산되고 있는 PET POY 시료를 준비하여 이들

絲의 열수축 특성을 hank 실험방법과 Toray FTA-500 계측기를 사용한 실험 data를 비교 분석하므로써 최근 도입되어 사용되고 있는 Toray FTA-500 열수축률 측정계측기의 타당성을 조사하고자 한다. 본 연구를 위해 사용한 시료는 PET POY 85d/72f 그리고 120d/36f 2가지를 준비했으며 국내 합섬 maker 7개 회사별로 각각 같은 굵기의 POY 絲를 준비하였다. 그리고 국내 POY와 외국 소재로서 대만과 일본에서 생산되고 있는 POY의 열수축률 특성치를 Toray FTA-500과 hank 방법으로 비교 분석하므로써 감성의류 제조용 PET POY 絲의 국내·외 소재의 차이점을 계측기계와 계측방법에 따라 data화가 가능케 됨으로서 국내 섬유관련 기업들에게 감성의류소재 개발에 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료

본 연구에 사용된 시료를 표 1에 보인다.

2.2 수축률 측정

수축률은 건열과 습열수축률을 hank 방법과 Toray 열수축 측정기를 사용하여 측정하였다. Toray 열수축 측정 장치를 그림 1에 도시한다.

그리고 cake의 각 layer별 열수축률의 차이를 보기 위해 그림 2에 보이는 방법으로 원사 cake를 각각 50,000m씩 layer를 구분하여 각 layer별로 열수축률을 측정하였다.

표 1. 시료

시료	섬도 (d/t)	layer 구분 (50,000m)	비고
POY 1	85/72	7	국내사
POY 2	85/72	29	국내사
POY 3	85/72	22	국내사
POY 4	85/72	23	국내사
POY 5	85/72	25	국내사
POY 6*	85/72	21	국내사
POY 7	85/72	11	국내사
POY 9	120/36	21	국내사
POY 10	120/36	22	국내사
POY 11	120/36	7	국내사
POY 12	120/36	30	국내사
POY 13*	125/35	22	국내사
POY 14	115/36	18	국내사
POY 15	120/36	6	국외사
POY 16	125/72	5	국외사
POY 17	250/48	27	국내사
POY 18	155/50	13	국외사(일본분할사)

※ *표시는 layer內 습·건열수축률 비교 lot(Toray법)

표 2. 열수축률 측정 방법

구분	건열수축률	습열수축률
layer간 (급간)	· hank 실험(KSK 0215) 180℃ 3회 측정	· hank 실험(KSK 0215) 100℃ 5회 측정
	· Toray 실험 FTA-500 (Japan) 180℃ 3회 측정	· Toray 실험 FTA-500 (Japan) 100℃ 3회 측정
layer내 (급내)	· hank 실험(KSK 0215) 120℃ 100회 측정	· hank 실험(KSK 0215) 100℃ 100회 측정
	· Toray 실험 FTA-500 (Japan) 120℃, 180℃; 200회, 300회 측정	· Toray 실험 FTA-500 (Japan) 80℃, 100℃; 200회, 300회 측정

3. 결과 및 고찰

3.1 POY 85d/72f의 layer간 습·건열 수축률

그림 3은 국내 7개회사의 hank와 Toray 방법의 POY의 습열수축률을 보인다.

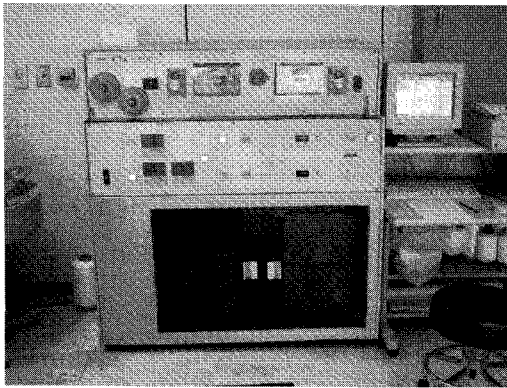


그림 1. Toray 열수축 측정 장치(FTA-500, Japan, Toray, ENG.)

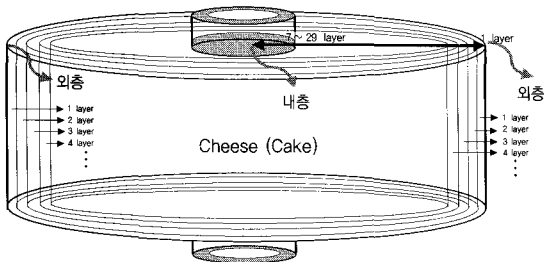
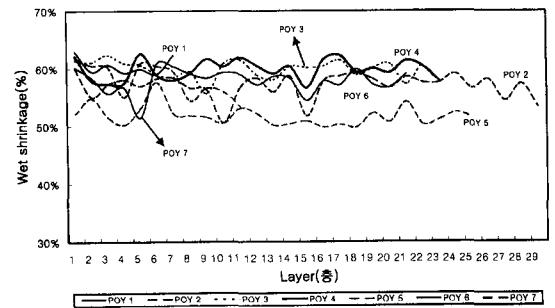
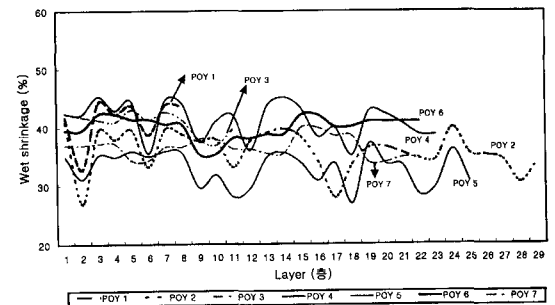


그림 2. Layer 구별 방법



(a) Hank법



(b) Toray법

각 시료별 측정횟수와 측정방법을 표 2에 나타낸다.

그림 3. 회사별, layer별 습열수축률

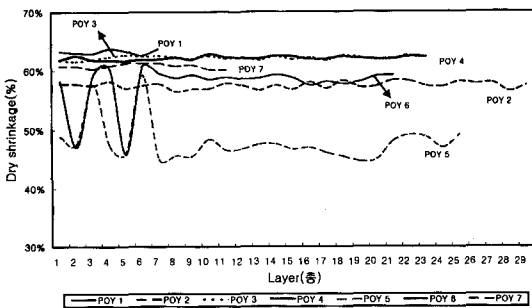
그림 3(a)는 hank 방법에 의한 POY의 습열수축률을 나타낸 것으로 POY 1은 59~63%, POY 3, 4, 6, 7번 시료는 51~62% 그리고 POY 2, 5는 49~59%의 습열수축률을 보인다. 그러나 (b)의 Toray법에 의한 습열수축률은 hank 습열수축률 data 보다 약 20% 정도 낮은 값인 27~45% 범위의 습열수축률을 나타낸다. 특히 POY 5는 27~37%의 낮은 습열수축률 값을 보인다. Toray법에서는 초기장력이 0.01 gr/den 정도 주어지는 상태에서 연속적으로 絲를 feeding 시키면서 습열수축률을 측정하므로써 hank 상태보다 낮은 열 수축률을 보이는 것으로 사료된다. 국내 7개 회사의 전체 layer간의 hank와 Toray 방법에 의한 습열수축률의 편차는 hank법이 4~9%, Toray법이 6~12%로 Toray법이 2~3% 정도 더 큰 편차를 갖는다.

그림 4는 국내 7개회사의 hank와 Toray 방법의 POY의 건열수축률을 보인다. 그림 4(a)의 hank법에 의한 건열수축률은 POY 1은 64%, POY 3, 4, 7번

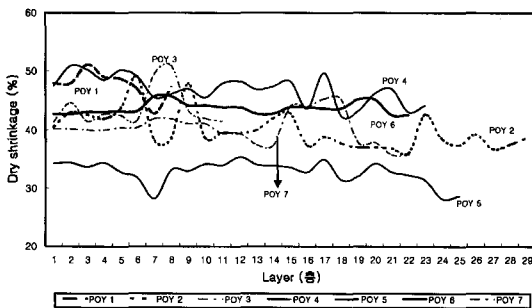
시료는 60~63%, POY 2는 54~58%, POY 5와 6은 45~60%의 건열수축률을 나타낸다. (b)의 Toray법에 의한 건열수축률 값은 hank법 보다 10~20% 정도 낮은 값을 보인다. POY 5번 시료의 경우 hank법에 비해 Toray법이 16~24% 정도로 더 낮은 건열수축률을 보인다.

건열수축률에서도 두 측정방법에 의한 전체 layer간 열수축률의 편차는 hank법이 1~3%, Toray법이 4~13%를 나타낸다. 습·건열수축률의 편차는 습열수축률이 건열수축률에 비해 다소 높은 편차를 나타낸다. 이러한 layer간 편차가 클 경우 감성의류 소재 생산시 많은 문제점을 유발시킬 수 있다. hank법과 Toray법에 의한 POY의 습·건열수축률은 hank법이 더 높은 열수축률을 가지는 것을 볼 수 있다.

그림 5는 hank법과 Toray법에 의한 84개(POY 7가지 시료×12개) 시료의 습·건열수축률 각각의 散点圖를 보인 것이다. 그림 5(a)의 습열수축률은 0.619, (b)의 건열수축률은 0.848의 상관계수를 가

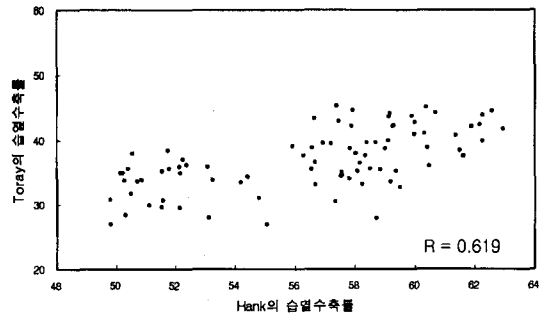


(a) Hank법

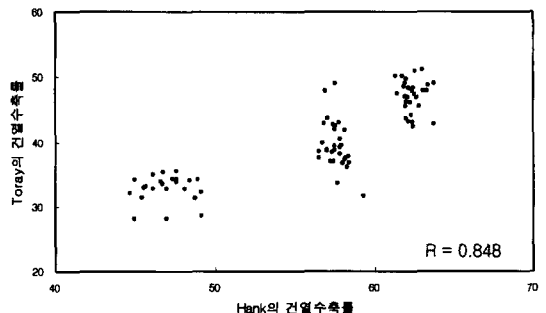


(b) Toray법

그림 4. 회사별, layer별 건열수축률



(a) 습열수축률



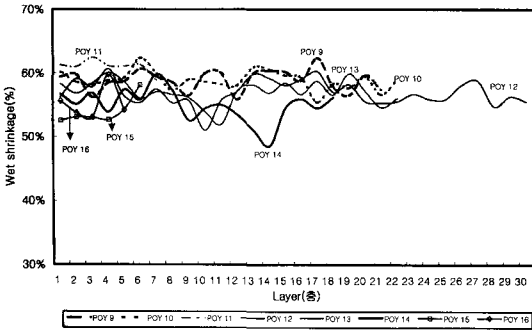
(b) 건열수축률

그림 5. Hank법과 Toray법의 산점도

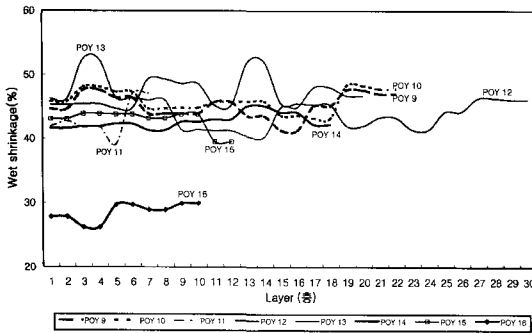
지며 습열보다 건열수축률이 더 높은 상관성을 보인다.

3.2 POY 120d/36f의 layer간 습·건열수축률

그림 6은 국내 6개社와 국외 2개社의 hank와 Toray 방법의 POY의 습열수축률을 보인다.



(a) Hank법



(b) Toray법

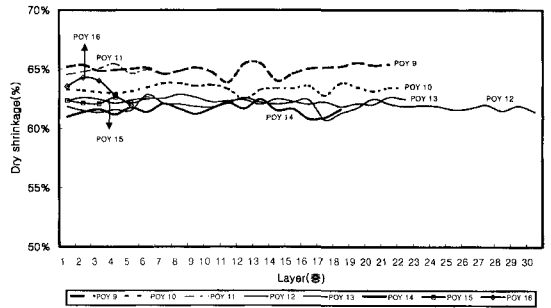
그림 6. 회사별, layer별 습열수축률

그림 6(a)는 hank법에 의한 POY 120d/36f의 습열수축률을 나타낸 것으로 POY 11은 59~63%, POY 9와 10은 55~62%, POY 12, 13, 14번 시료는 49~60% 그리고 POY 15, 16은 52~60%의 습열수축률을 보인다. (b)는 Toray법에 의한 습열수축률로 약 40~50%의 열수축률의 범위를 보이고, hank법에 비해 15~20% 정도의 낮은 열수축률 값을 나타낸다. POY 16번 시료의 경우 hank법에 비해 Toray법이 17~30% 정도 더 낮은 값을 보인다.

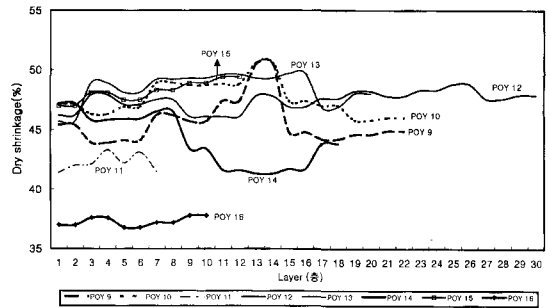
layer별로 hank와 Toray 두 방법 간의 습열수축률

의 편차는 hank법은 3~11%, Toray법은 4~12%의 편차를 보이므로 두 방법에 의한 습열수축률의 편차는 큰 차이를 나타내지 않는다.

그림 7은 국내 6개社와 국외 2개社의 hank와 Toray 방법의 POY의 건열수축률을 보인다.



(a) Hank법



(b) Toray법

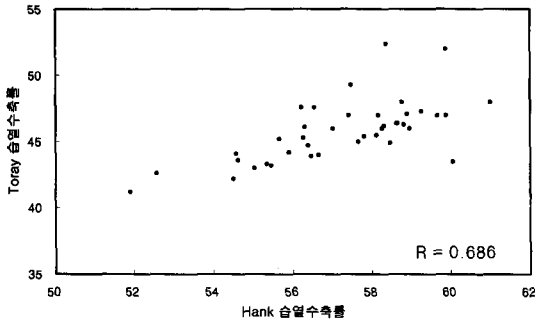
그림 7. 회사별, layer별 건열수축률

그림 7(a)는 hank법에 의한 건열수축률을 나타낸 것으로 각 회사별 8개의 시료가 60~65% 정도의 비교적 양호한 건열수축률 값을 보인다. (b)는 Toray법에 의한 건열수축률을 나타낸 것으로 hank법에 비해 각 회사별로 건열수축률이 많은 차이를 나타내며 열수축률의 값도 hank법에 비해 약 15~28% 정도 낮은 값을 나타낸다. POY 9, 10은 43~51%, POY 12, 13, 14, 15는 41~50%, POY 11은 41~43% 그리고 POY 16은 37%의 건열수축률 값을 나타낸다. layer별 두 측정방법에 의한 건열수축률 값의 편차는 hank법이 1~3%, Toray법이 1~7%의 편차를 보인다.

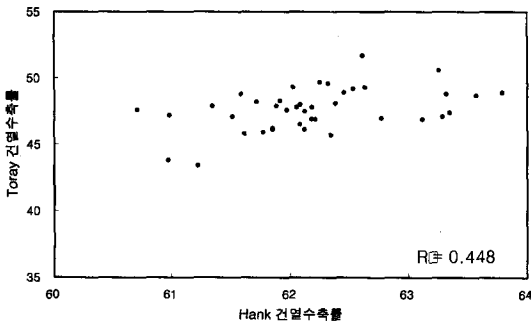
POY 120d/36f의 경우도 hank와 Toray법에 의한

POY의 습·건열수축률은 hank법이 더 높은 열수축률을 가지는 것을 볼 수 있다.

그림 8은 hank법과 Toray법에 의한 64개 시료(8社×8개)의 습·건열수축률 각각의 散点圖를 나타낸 것이다. 그림 8(a)의 습열수축률은 0.686, (b)의 건열수축률은 0.448의 상관계수를 가지며 습열이 건열수축률보다 더 좋은 상관성을 보인다.



(a) 습열수축률



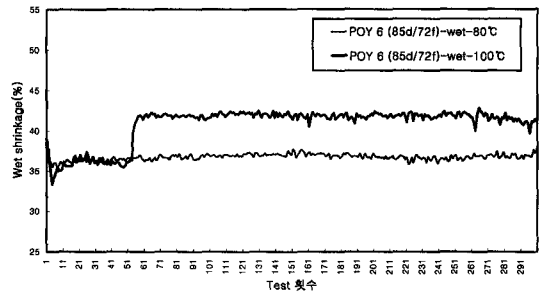
(b) 건열수축률

그림 8. Hank법과 Toray법의 산점도

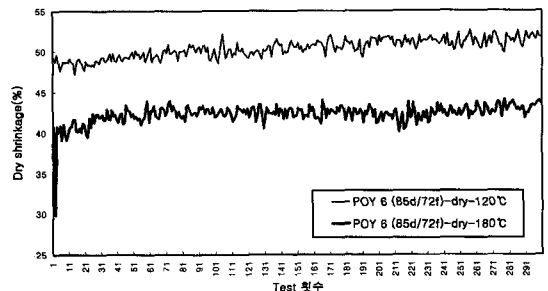
3.3 Toray 시험법의 layer내 습·건열 수축률 변동

그림 9는 85d/72f POY 6번 시료의 외층에서 7번째 layer의 絲를 300회 (10m/회×300회 = 3,000m) 시험한 Toray의 습·건열수축률 data를 보인 것이다. (a)는 습열수축률의 layer내 변동을 나타낸 것으로 열처리 온도에 따른 POY 6번 시료의 layer내 습열수축률 값은 80℃일 때 36~38%, 100℃일 때 33~43%의 값을 갖는다. 습열열처리 온도 100℃일 때 급내

구간 1~500m 사이에서는 80℃일 때와 비슷한 35% 정도의 낮은 습열수축률 값을 보이다가 600m이상에서는 43%까지 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. (b)는 layer내 건열수축률의 변동을 나타낸 것으로 120℃의 건열 열처리 온도에서 47~53%의 건열수축률 값을 나타낸다. 0~1,000m까지는 47~50%, 2,000~3,000m에서는 50~53%의 건열수축률로 layer내 건열 수축률이 증가함을 보인다. 180℃에서는 30~44%의 열수축률 값을 보이며 0~10m일 때 30~35%의 낮은 수축률 값을 보이나, 이후 3,000m까지 layer내 열수축률의 편차가 2~3% 정도 낮은 값을 보이며 비교적 안정된 수축특성을 보이고 있다. 한편 180℃보다 120℃의 건열 열처리 온도에서 약 10% 정도의 높은 열수축률을 보이며 이는 PET 사의 열적거동이 제2차 열전이온도인 80℃에서 120℃ 구간에서 내부분자쇄의 유동이 많이 일어나기 때문에 열수축률이 180℃ 경우보다 큰 값을 보인다고 사료된다. 85d/72f의 POY 6번 시료의 layer내 습·건열수축률 값의 편차를 layer간 편차와 비교해 볼 때 습



(a) 습열수축률

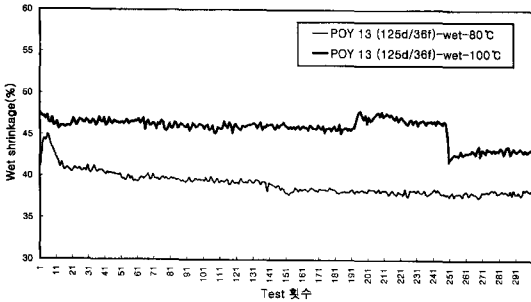


(b) 건열수축률

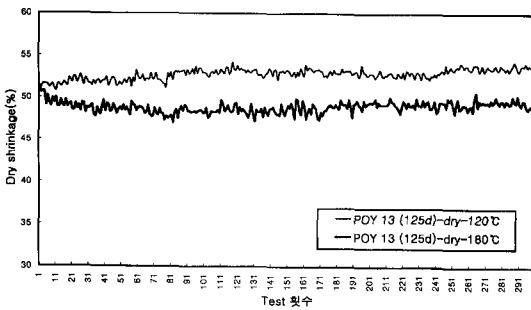
그림 9. 85d/72f POY 6번 시료의 Toray 습·건열 열수축률

열의 경우 layer내 편차가 1~2%내외로 layer간 편차인 7%보다 훨씬 작은 값을 보이고, 건열의 경우 layer내 편차는 3% 내외이며, layer간 편차는 4%로 layer간 편차가 다소 큼을 알 수 있다.

그림 10은 125d/36f POY 13번 시료의 최외곽층 layer의 絲를 300회 시험한 Toray의 습·건열수축률 data를 보인 것이다.



(a) 습열수축률



(b) 건열수축률

그림 10. 125d/36f POY 13번 시료의 Toray 습·건열 열수축률

(a)는 layer내 습열수축률의 변동을 나타내는 것으로 80°C에서 38~45%, 100°C에서는 42~47%의 열수축률 값을 나타낸다. 80°C의 습열 열처리 온도일 때 0~10m에서는 41~45%의 습열수축률을 보이고 1,500m까지는 수축률이 점차 감소하며 그 후로는 약 38%로 비교적 안정된 열수축률 값을 보인다. 100°C일 때는 0~2,500m 사이에서는 45~47%의 습열수축률 값을 보이다가 이후로는 42~44%로 습열수축률 값이 급격히 감소한다. (b)의 건열 수축률의 layer내 변동은 습열수축률 보다 편차가 심한 것을 볼 수 있다.

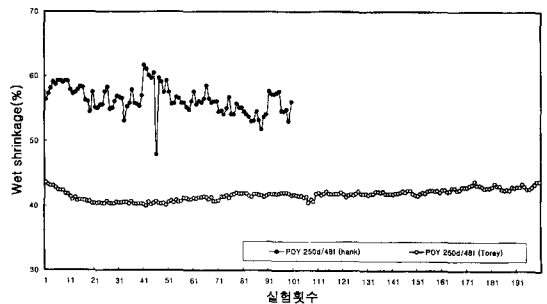
120°C와 180°C의 건열 열처리 온도에서 0~300m까지는 2~3%의 편차를 가지며, 500~3,000m에서는 5~7%로 편차가 증가하는 경향을 보인다.

POY 120d/36f의 급간·급내의 열수축률 값은 습열의 경우 급간은 12%, 급내는 4% 내외의 열수축률 값의 편차를 나타내나, 건열의 경우 급간은 4%, 급내는 1~2%로 건열수축률 값은 급내 편차가 작은 값을 보인다.

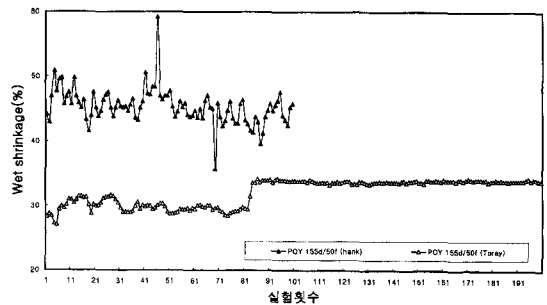
3.4 Hank와 Toray 방법의 layer내 습·건열수축률 변동

그림 11은 국내에서 생산된 POY 250d/48f와 日本에서 생산된 POY 155d/50f(분할사)의 최외곽층 layer의 絲로 hank와 Toray 방법으로 시험한 습열수축률 data를 보인 것이다.

(a)에서 hank법은 약 48~61%의 습열수축률 값을 가지며 layer내 편차도 심한 결과를 보이는 반면



(a) 250d/48f POY 사의 습열수축률(국내사)

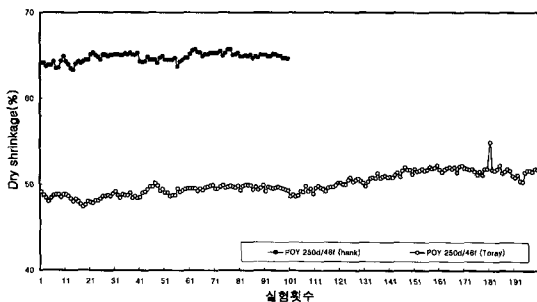


(b) 155d/50f POY 사의 습열수축률(일본사)

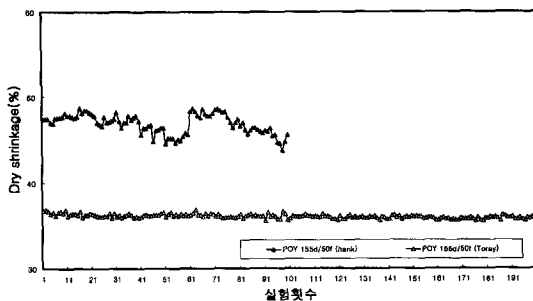
그림 11. Hank와 Toray 방법에 의한 습열수축률의 layer내변동

Toray법은 40~44% 정도의 습열수축률 값을 가지며 hank법에 비해 습열수축률 값은 적으나 비교적 편차가 작은 양호한 열수축률 값을 보인다. (b)는 POY 155d/50f의 일본 분할사로 hank와 Toray 방법에 의해 습열수축률을 측정된 것으로 열 수축률의 편차가 큼을 볼 수 있다. hank법은 약 35~59%, Toray법은 27~34%의 습열수축률을 나타내며 hank법에 의한 습열수축률의 layer내 변동이 더 큰 것을 볼 수 있다. Toray법에 의한 경우도 0~900m까지는 2~3% 정도의 편차를 가지나 이후로는 습열수축률 값이 35%로 비교적 양호한 값을 가진다.

그림 12는 그림 11과 같은 絲를 이용하여 hank와 Toray 방법으로 실험한 건열수축률 data를 보인 것이다.



(a) 250d/48f POY사의 건열수축률(국내사)



(b) 155d/50f POY 사의 건열수축률(일본사)

그림 12. Hank와 Toray 방법에 의한 건열수축률의 급변동

(a)는 hank와 Toray 방법에 의한 POY 250d/48f의 layer내 건열수축률을 측정된 것으로 hank법은 63~65%, Toray법은 47~55%의 건열수축률 값을 가지나

layer내 변동은 Toray법이 hank법에 비해 약간 큰 것을 볼 수 있다. (b)는 POY 155d/50f의 일본 분할사로 hank와 Toray 방법에 의해 건열수축률을 측정된 것으로 hank법은 44~49%, Toray법은 약 36%로 hank법에 비해 layer내 변동이 양호한 것을 볼 수 있다.

4. 결론

국내·외 PET POY 絲를 시료로 하여 hank법과 Toray법에 의한 습·건열수축률을 측정하고 그 값의 차이를 분석·조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) POY 85d/72f의 layer간 습열수축률은 hank법에 의해서는 약 60%정도의 값을 보이고, Toray법은 hank법보다 약 20%정도 낮은 값을 나타낸다. 건열수축률의 경우도 hank법은 약 60%정도의 값을 나타내는 반면, Toray법은 hank법보다 10~20%정도 낮은 값을 갖는다. layer간 편차는 Toray법이 hank법보다, 습열수축률이 건열수축률보다 더 크다.
- 2) POY 120d/36f의 layer간 습열수축률은 hank법은 50~60%정도의 값을 보이고, Toray법은 40~50%의 열수축률 범위를 보인다. 건열 수축률은 hank법의 경우 60~65%로 양호한 값을 가지는 반면 Toray법은 hank법에 비해 15~28% 정도 낮은 값을 나타낸다.
- 3) Toray법에 의한 layer내 습·건열수축률은 layer내 편차가 건열수축률이 습열수축률보다 높은 편차를 보이며 hank법과는 반대의 현상을 나타낸다.
- 4) hank와 Toray 방법에 의한 layer내 습·건열수축률도 hank법이 Toray법에 비해 layer내 편차가 큰 값을 보인다.
- 5) 감성의류용 PET 사의 계측방법에 따른 열수축률 차이는 사가공공정에서의 공정조건설정과

감성의류 제조과정 중 프레스공정과 의류착용 과정에서의 세탁수축특성의 예측에 중요한 기초자료가 될 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] 권영하 (1998). 인간의 촉감 메카니즘과 촉감센서, 한국섬유공학회지, 2(4), 479-484.
- [2] 권영하, 한은경, 강재식, 이수민, 박연규, 강대임 (1999). 손끝 접촉반응의 모델링과 응용, 한국감성과학회지, 2(1), 27-33.
- [3] 권영하, 장성호 (2001). Hertzian 이론을 이용한 손끝 접촉변위 해석, 한국섬유공학회지, 38(6), 302-308.
- [4] 김승진, 오애경, 박정환 (1992), 직물역학특성과 의류봉제성능 - KES - F System과 FAST System의 응용방향 -, 한국섬유공학회지, 29(8), 537-558.
- [5] 김승진, 오애경, 서문호, 조대현, 김태훈, 장동호 (1992), 실크와 신타섬 직물의 Hand 특성, 한국섬유공학회지, 29(9), 621-635.
- [6] 김주용, 이지현 (2004). 퍼지 - 다속성 모델을 이용한 의류품질의 감성공학적 평가, 한국감성과학회지, 7(2), 149-155.
- [7] 김주용 (2004). Quad 분석법을 이용한 스포츠웨어 소재의 촉감 평가법 개발, 한국섬유공학회지, 41(5), 312-316.
- [8] 김주용, 구지은 (2004). 정신물리학적 방법을 이용한 스포츠 웨어용 직물의 흡한 속건성 평가, 한국섬유공학회지, 41(5), 317-321.
- [9] 김준정, 조길수 (2006). 왕복운동에 의한 직물마찰음발생장치의 개발 및 이를 이용한 직물소리 평가, 한국감성과학회지, 9(2), 133-140.
- [10] 이재곤, 김승진 (1983), 천의 태와 공정조건, 한국섬유공학회지, 20(6), 489-500.
- [11] 정혜진, 김춘정, 조길수 (2003). 스포츠웨어용 직물의 소리특성이 근전도와 주관적 감각·감성에 미치는 영향, 한국감성과학회지, 6(1), 27-32.
- [12] 조수민, 조길수, 이은주 (2006). 유사 음압 전통 견 직물의 소리 감각에 영향을 미치는 물리적 요인, 한국감성과학회지, 9(1), 39-48.

원고접수 : 07.01.23

수정접수 : 07.03.13

게재확정 : 07.03.15