

Polytrimethylene terephthalate(PTT) 가연사의 수축거동에 관한 연구

최재우¹⁾ · 장봉식²⁾

- 1) 상주대학교 섬유공학과
- 2) 한국섬유개발연구원

A Study on Shrinkage Properties of Polytrimethylene Terephthalate (PTT) Drawn Textured Yarn

Jae-Woo Choi¹⁾ and Bong-Sik Jang²⁾

- 1) Dept. of Textile Engineering, Sangju National University, Sangju, Korea
- 2) Korea Textile Development Institute, Daegu, Korea

Abstract : Shrinkage properties of drawn textured Poly(trimethylene terephthalate, PTT) yarn, which has been developed recently, were investigated to provide fundamental information for the textile industry. Shrinkage ratio characteristics on PTT yarn with six different count were investigated with tension, dry and wet thermal temperature. In non-tension, the shrinkage ratio were increased to increasing temperature at dry and wet thermal treatment, and in tension, the shrinkage ratio were increased to increasing tension at dry and wet thermal treatment.

Key words : PTT, Shrinkage ratio, dry and wet thermal, tenacity

1. 서 론

PTT 섬유는 우수한 신축성을 지니고 있으며, 내오염성이 높아 쉽게 더러워지지 않으며, 염색이 용이하여 아세테이트, 레이온 및 기타 천연섬유와 혼용할 경우에도 풍부한 염색성을 얻을 수 있다. 또한 반발력이 좋아 보행 촉감과 보행 후 회복력이 좋을 뿐만 아니라 정전기가 발생하지 않고 Polymer 제조가격이 나일론보다 저렴하다. 이러한 특징을 지니고 있어 최근에는 PTT 섬유에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

PTT 섬유는 카페트, 부직포뿐만 아니라 열가소성 수지 및 필름에 이르기까지 다양한 응용범위를 가지고 있다. PTT 고분자를 방사함으로서 필라멘트 및 스테이플사를 얻을 수 있으며, 이렇게 얻은 PTT 섬유는 PET의 안정성, 나일론의 부드러운 촉감과 더불어 우수한 신축특성을 가지고 있다(윤인선, 1997).

열에 의한 수축의 문제는 실용상 매우 중요한 문제이지만 아직 열수축에 대한 충분한 해명이 되어 있지 못한 실정이다. 열에 의해 섬유물질이 수축이 일어나는 사실에 대한 일반적인 구조적 메커니즘은 연신, 역학적 이력현상 등에 의해 질서있게 배열되었던 비결정영역의 분자체인(chain)이 랜덤코일형으로 수축

함에 기인하게 되고, 열치리시 결정체인 길이의 축소를 수반하게 되고 동시에 비결정영역의 체인은 재결정화가 일어나 결정영역으로 편입되기 때문이라고 하고 있다.

또한, 사의 제조시 공정 중에 받은 인장에 의해 각 구성섬유가 받은 인장력의 회복에 기인하는 완회수축이 발생하며, 또한 직물 제조 시에 받은 장력을 염색가공에서 이완공정을 거치면서 장력을 제거하게 된다. 특히 합섬사에서의 완회수축은 가연에 의한 벌키하고 스트레치성이 우수한 텍스처사에서 문제가 되며, 이러한 합섬필라멘트의 완회는 실의 응력-변형거동특성을 많이 변화시키기 때문에 중요한 특성이 된다(김승진·오영경, 1992).

열수축 현상은 Tg로부터 시작되는 배향된 비결정 분자 사슬의 마이크로브라운 운동에 의해 정성적으로 설명하는 경우와 불완전 결정의 재조직화력인 에너지력과 용해가 이들의 구동력으로 설명되는 경우가 있다. 일반적으로 폴리에스테르계열 섬유의 열수축 현상은 수축이 급격하게 증가하는 온도 이상의 고온 측에서의 수축 원동력은 불완전 결정의 재 조직화와 용해가 밀접하게 관계하고, 그 이하의 비교적 저온 측에서의 수축 원동력은 불완전 결정의 재 조직화와 비결정 분자 사슬의 엔트로피적인 배향 완화를 수축 원동력으로 추정하고 있다(홍성학, 2002).

습열 수축률은 섬유공정 중 가호공정과 연사 후 세팅공정에서 실의 수축정도를 예측할 수 있으며, 직물상태에서는

Corresponding author; Jae-Woo Choi
Tel. +82-54-530-5285, Fax. +82-54-530-5288
E-mail: cjw@sangju.ac.kr

scouring과 relaxation공정에서 어느 정도 수축이 발생하는가를 예측할 수 있는 중요한 물성인자 중의 하나이다. 또한 건열수축률은 실 가공시 수축이 어느 정도 발생하는가를 예측할 수 있는 값이 된다(최재우 · 이기조, 1999).

PTT 섬유의 수축률 변화는 제품의 품질에 영향을 미치는 중요한 공정중의 하나라고 할 수 있다. PTT 섬유의 수축특성은 열에 의한 수축(thermal shrinkage)과 수분에 의한 수축(hygroscopic shrinkage)으로 구분되며, 실 상태에서의 완화수축은 제품의 형태안정성 문제를 가져올 수 있고, 봉제공정에서는 의복의 크기, 착용 중 외관 불량 등의 원인이 되기도 하는데 이들 수축현상은 제품을 만드는 섬유 공정에서 공정특성에도 큰 영향을 받게 되기도 한다.

그러나 섬유산업에서 실의 수축문제는 상당히 중요성이 있음에도 불구하고 체계적인 기초연구는 물론 체계화된 기술적인 자료도 정리된 것이 없어 제품생산으로 인한 품질저하의 문제점을 야기 시키고, 경험에 크게 의존하고 있어 시간적, 재정적으로 많은 손실을 보고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 섬도와 필라멘트 수가 다른 6종류의 PTT 사에 대해서 무장력과 장력 하에서 습열과 건열온도에 따른 수축률의 변화를 조사·분석하여 현장에서 적용할 수 있는 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 시료

본 실험에서 사용한 편사는 H사의 폴리트리메틸테레프탈레이트(Polytrimethylene terephthalate, PTT) 필라멘트사 6종(75d/36f, 75d/72f, 80d/36f, 150d/72f, 150d/144f, 160d/72f)으로서 가연기(MURADA-33H)를 이용하여 사가공을 실시하였으며, 가공조건은 Table 1에, 제조된 원사의 물성을 Table 2에 나타내었다.

섬도 측정은 스트레치사의 섬도 측정방법(KS K0420)에 의

Table 1. Texturing process condition of PTT yarn

Contents	Units	Data	Contents	Unit	DATA	
yarn speed	m/min	350	EDGE	W/Angle	o	11.5
draw ratio	-	1,036	CONTROL	Ratio	%	60
O/F 2	%	2.10		Cycle	sec	10
O/F 3	%	3.89		V1/V2	%	2.5
θ	o	110		Pattern		3
V/R		1,425		T/Angle	o	15
H1 Heater	°C	150		O/Roller	r.p.m	0.6
Tension 3	g	18-20	Nozzle	φ		1.6
T direction		S/Z			kg/cm ²	1.5
C Target	g	27	D/F Time		min	450
S P1/P2	kg/cm ²	2.0/1.2			kg	3

Table 2. Characteristics of sample yarn

Yarn	Yarn(d/f)	Tenacity(gf/d)	Elongation(%)
PTT filament	75/36	3.68	43.54
	75/72	3.34	49.62
	80/36	3.21	47.46
	150/72	3.49	40.06
	150/144	3.35	43.39
	160/72	3.17	41.12

하여 섬도를 구하였으며, 인장특성은 실 인장강신도 시험방법(KS K0412)에 따라 Uster Tensorapid 4(Zellweger Uster, swiss)를 이용하여 클램프 사이의 길이 25 cm, 인장속도 30±2 cm/min의 조건으로 20회 반복 실험하였다.

2.2. 수축률

무장력 하에서 수축률 : 습열수축률 실험은 KS K0215 합성섬유 필라멘트사 시험방법에서 B법(타래수축률)을 이용하였으며, Water Bath 내에서 온도 80°C, 90°C, 100°C에서 30분간 무긴장 하에서 침지한 후 시료를 꺼내어 흡수지로 물을 제거하고 수평상태로 자연 건조시켜 다시 초하중을 걸어 타래길이(mm)를 측정하고 다음 식에 따라 습열수축률(%)을 측정하였다.

$$\text{습열수축률}(\%) = \frac{\text{침지전의길이} - \text{건조후의길이}}{\text{침지전의길이}} \times 100$$

건열수축률 실험은 온도 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C의 건조기 중에 매달고 30분간 방치 후 꺼내어 실온까지 냉각 후 다시 초하중을 걸고 타래 길이(mm)를 측정하여 아래 식에 따라 건열수축률(%)을 산출하였다.

$$\text{건열수축률}(\%) = \frac{\text{건조전의길이} - \text{건조후의길이}}{\text{건조전의길이}} \times 100$$

장력 하에서의 수축률 : 장력 하에서의 수축률 시험은 사수축시험기(Toray, FTA 500)을 이용하여 주행하는 시료를 장력이 걸려 있는 두 롤러 사이에 위치한 히터 또는 수조를 통과시킬 때 실에 대한 장력을 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13g 과 사속 10m/min 하에서, 습열수축률은 80°C, 90°C, 100°C에서 시험하였고, 건열수축률은 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C에서 실험을 실시하였다.

2.3. 열응력 측정

Kanebo Engineering, LTD(KE-2)의 열응력 측정기를 사용하여 시료의 길이가 50 mm가 되도록 hook 상태로 만들어, 승온속도 2.3°C/sec 하에서 초하중 0.1 g/d를 주고 3회 반복실험하여 Peak 점에서 응력과 온도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 무장력 하에서의 수축특성

Fig. 1은 PTT 사를 무장력 하에서 30분 동안 습·건열 처리 및 건조 후 처리 전과 처리 후의 길이 변화를 측정하여 수축률을 나타낸 것으로 습열수축률과 건열수축률은 처리온도가 증가함에 따라서 수축률이 증가함을 볼 수 있다. 이는 높은 온도에서 처리된 실일수록 비결정영역의 분자쇄가 완화되려는 경향이 커지는 것에 의한 것으로 사료된다.

그리고 습열 및 건열 수축률에서 같은 섬도내에 필라멘트 수가 많을수록 처리온도에 관계없이 수축률이 낮은 것은 필라멘트 수가 많음으로 다른 시료에 비해 수축이 억제됨과 동시에 열에 의한 잠재수축률이 감소하게 됨으로서 수축률이 낮은 것으로 보인다.

또한, 습열과 건열수축률을 비교하면 실의 굵기에 관계없이 습열수축률이 높게 나타나고 있으며, 본 실험 범위내의 결과를 볼 때 건열처리 온도가 습열처리 온도보다 약 20°C정도 높아

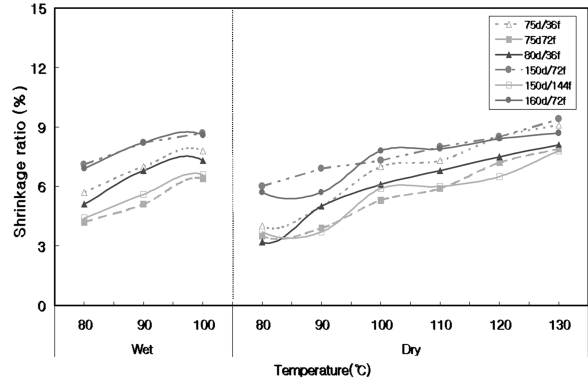


Fig. 1. Wet and dry shrinkage ratio of sample on the temperature.

저야만 비슷한 수축률을 나타내고 있다. 이것은 일반적으로 습열수축률이 건열수축률보다 크게 나타난다는 보고와 유사한 결과를 얻었다.

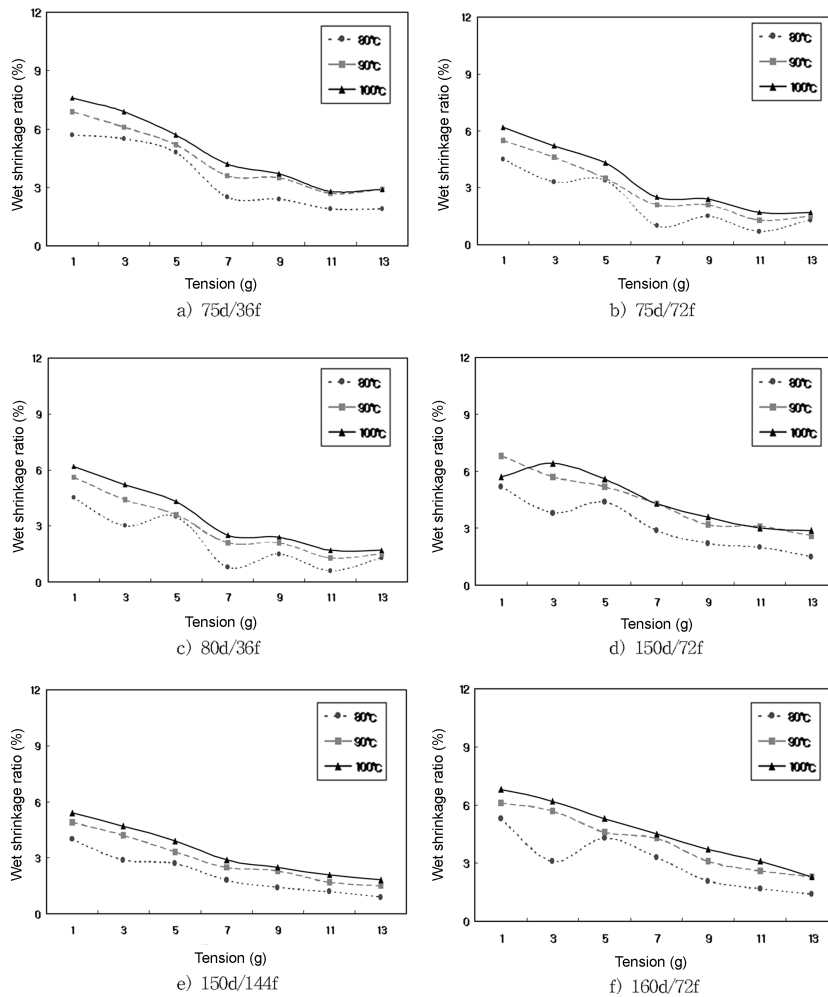


Fig. 2. Wet shrinkage ratio of PTT yarn on the tension.

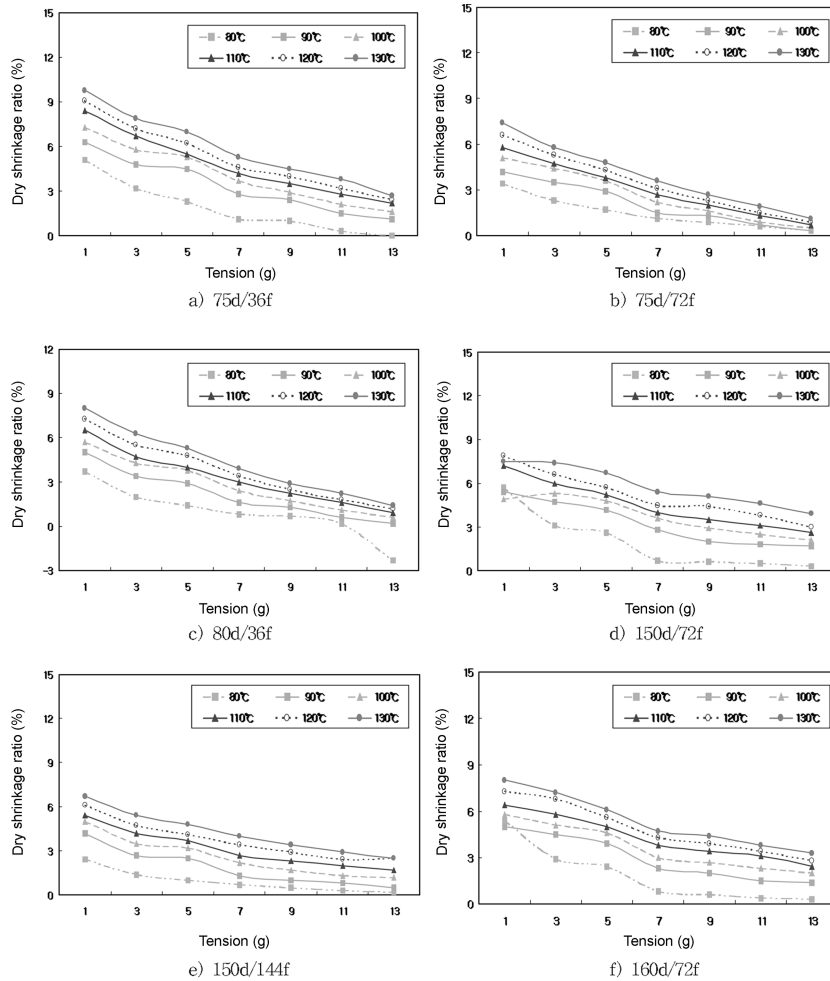


Fig. 3. Dry shrinkage ratio of PTT yarn on the tension.

3.2. 장력 하에서의 수축특성

습열수축률에 따른 변화 : Fig. 2는 습열온도 80, 90, 100°C 에서 장력 1~13 g 까지 부여하여 사속 10 m/min에 따른 수축률을 나타낸 것으로 실의 굵기에 관계없이 장력이 증가할수록 수축률은 대체로 감소함을 나타내고 있으며, 온도가 증가하면 수축률이 증가하는 것으로 나타나고 있다.

이것은 습열 수조를 지날 때 장력이 약하면 분자쇄의 구속이 저하되어 수축할 수 있는 조건이 많기 때문인 것으로 보이며, 온도가 낮을수록 수축률이 감소하는 것은 일반적으로 연신된 섬유는 비결정영역의 분자사슬이 열에 의해 랜덤코일 상태로 되돌아오려는 성질을 나타내게 되어 수축이 일어나기 때문에 온도가 증가하면 수축이 증가하는 것으로 생각된다.

또한 무장력하에서의 습열수축률 값과 비교하면 전반적으로 온도와 관계없이 장력 1g 일 경우에는 유사한 수축률을 보이고 있지만, 장력 7g 일 경우에는 약 50%정도 감소하고, 13g 일 경우에는 약 70% 정도로 감소함을 나타내고 있다.

건열수축률에 따른 변화 : 각 시료별 일정한 사속(10m/min)

하에서 온도(80°C~130°C)와 장력(1~13 g)에 따른 건열수축률의 변화를 Fig. 3에 나타내었다.

그림에서 보는데와 같이 시료에 관계없이 장력이 증가할수록 수축률은 감소하였으며, 온도가 증가함에 따라 수축률은 증가하였다. 이것은 습열수축률과 같은 현상을 보여주고 있다. 그리고 무장력하에서의 건열수축률 값의 변화와 비슷한 현상을 나타내고 있다.

따라서 전체적으로 보아 수축률은 장력이 증가할수록 감소하고, 온도가 높을수록 증가함으로서 염색가공 공정시 온도변화와 장력에 대한 세심한 주의가 필요하다고 하겠다.

3.3. 열응력 특성

열응력 특성은 열에 의해 발생하는 힘의 변화를 말하는 것으로 일반적으로 시료가 열을 받으면 물리적 변화와 형태의 변화를 수반하게 된다. 이러한 열응력(Thermal stress)은 미지섬유 및 염색·가공 공정에서의 열처리 조건 예측 등 여러 정보를 제공한다.

Table 3. Maxmum thermal stress and temperature

Yarn (d/f)	Thermal stress (g/d)	Temperature (°C)
75/36	31.29	185.3
75/72	22.40	189.9
80/36	23.97	189.2
150/72	42.96	199.2
150/144	41.72	200.2
160/72	42.87	205.1

Table 3은 PTT사의 최대 열응력과 최대 열응력 온도를 나타내었다. 일반적으로 배향이 높은 결정성 고분자의 경우에는 Tg 온도 범위를 지나는 동안에는 열수축 응력이 생기지 않다가 Tm 부근에서 Peak를 이룬 후 결정이 용융되면서 열수축 응력이 사라진다.

최대 열응력 온도에는 시료에 관계없이 비슷한 값이 나왔으나 응력에서 세테니어가 테테니에 비해 응력 값이 적게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에 사용한 PTT 필라멘트사 6종에 대하여 무장력 및 장력 하에서 여러 가지 온도 변화에 따른 실의 습열 및 건열 수축률에 대하여 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 무장력 하에서 습열수축률과 건열수축률은 온도가 증가함

에 따라서 수축률이 증가하였으며, 장력 하에서의 수축률은 장력이 증가할수록 수축률은 감소하고 온도가 증가함에 따라서 수축률은 증가하였다.

2. 본 실험 범위내의 결과를 볼 때 건열처리 온도가 습열처리 온도보다 약 20°C 정도 높아져야만 비슷한 수축률을 나타내었다.

3. 무장력하에서의 습열수축률은 전반적으로 온도와 관계없이 장력 1 g 일 경우에는 변화가 없으나, 장력 7 g 일 경우에는 약 50%정도 감소하고, 13 g 일 경우에는 약 70% 정도로 감소하였다. 또한 열응력은 세테니어가 테테니에 비해 값이 적게 나타났다.

참고문헌

김승진 · 오애경 (1992) 섬유집합체의 수축특성. *한국섬유공학회지*, 29(4) 218-224.
 김승진 · 오애경 (1992) 섬유집합체의 수축특성. *한국섬유공학회지*, 29(5) 289-300.
 윤인선 (1997) 차세대 섬유 후보로서의 PTT. *한국섬유공학회 추계세미나*, 109-115.
 최재우 · 이기조 (1999) 폴리에스테르 복합사의 수축에 관한 연구. *산업과학기술연구논총*, 6, 67-75.
 홍성학 (2002) 연속순간 평판열처리에 의한 Poly(trimethylene terephthalate)섬유의 미세구조 및 물성. *전남대학교 대학원 박사학위논문*.

(2004년 2월 5일 접수)