

〈研究論文(學術)〉

## PET 필라멘트絲의 열응력특성과 열수축율과의 상관성연구

김영진 · 김승진 · 김태훈\* · 김경렬 · 박인동\*\*

영남대학교 공과대학 섬유공학과  
\*영남대학교 생활과학대학 의류학과  
\*\*구미전문대학 섬유과  
(1998년 3월 24일 접수)

## The Study on Relationship Between Thermal Stress Properties and Thermal Shrinkage of PET Filament Yarns

Young Jin Kim, Seung Jin Kim, Tae Hoon Kim\*,  
Kyung Lyul Kim, and In Dong Park\*\*

*School of Textile, Yeungnam University, Kyeongsan, 712-749 Korea*  
*\*Dept. of Clothing Science, Yeungnam Univ., Kyeongsan, 712-749 Korea*  
*\*\*Dept. of Textile, Kumi College, Kumi, Korea*  
(Received March 24, 1998)

**Abstract**—This study surveys relation between thermal shrinkage and thermal stress properties after process simulation of heat treatment with various PET filament yarns. For this purpose, 12 kinds of regular yarns and POY, 6 kinds of DTY and 5 kinds of composite yarns were experimented for investigating step thermal shrinkage, total thermal shrinkage and total thermal stress and maximum thermal stress temperature. Thermal stress and shrinkage of the various specimens treated with wet and dry heats were analysed and discussed with the conditions of heat treatment. Finally, relationship between thermal stress and shrinkage of the various PET filaments such as regular yarns, POY, DTY and composite yarns were investigated with the PET filament characteristics.

### 1. 서 론

폴리에스테르 섬유가 개발된 이후로 수많은 연구자들이 폴리에스테르의 특성에 관해서 연구를 해왔으나 아직까지는 미흡한 점이 많이 있다. 그 중에서도 합성섬유 방사공정에서 열처리 온도 변화에 따른 열적 특성이나 역학적 특성의 변화에 관한 연구들은

많이 되어 있지만, 이들 연구의 결과를 산업현장에 적용하기에는 아직도 실용성이 부족한 실정이다. 폴리에스테르絲는 중합단계나 방사, 연신 등의 원사제조공정의 공정조건에 의해서 물리적인 특성이 크게 변화한다. 이로 인해 각 원사 메이커에서 제조하는 폴리에스테르絲의 물리적인 특성이 현저히 차이가 나기 때문에 絲加工이나 제직, 염색 가공

공정에서 역학적 특성이나 열적 특성의 차이로 인한 시행착오나 불량률을 감수해 왔다. 따라서 본 연구에서는 국내 합섬社가 생산하고 있는 폴리에스테르絲의 열적특성인 열응력과 열수축을 측정하여 직물 제조공정에서 필연적으로 폴리에스테르絲가 받게 되는 열과 장력에 의한 열수축과 열응력 거동을 알아보고, 이들 특성이 染加工工程에서의 제조공정 특성과는 어떠한 관계를 가지게 되는가를 규명해 보며, 또한 열응력과 열수축과의 상관관계를 비교 검토하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 준비

본 실험에는 국내 합섬 메이커가 생산하고 있는 레굴리絲와 POY, DTY 그리고 국내 사가공업체가 생산하고 있는 복합사와 DTY를 사용하였다. 이 시료들은 현재 국내 제직업체들이 많이 사용하고 있는 것으로써 Table 1에 본 실험에 사용한 레굴리사, POY, DTY 그리고 복합사를 나타내었다.

### 2.2 시뮬레이션 실험 조건 및 실험방법

#### 2.2.1 사이징 시뮬레이션(Sizing simulation) 실험

원사를 검척기의 Reel에 감아 타래상태로 만든 다음 絲에 0.1g/den의 초하중을 준 상태로 열챔버(Heat chamber)에서 130℃에서 2분간 건열 처리하였다.

#### 2.2.2 스카우링 시뮬레이션(Scouring simulation) 실험

사이징 시뮬레이션 실험을 한 絲를 초하중 없이 항온수조에서 100℃에서 20분간 습열 처리하였다.

#### 2.2.3 열처리 시뮬레이션(Heat-setting simulation) 실험

스카우링 시뮬레이션 실험을 한 絲를 초하중 없이 열챔버에서 180℃에서 2분간 건열 처리하였다.

### 2.3 열응력 측정

원사 및 시뮬레이션 실험 후 열응력 측정기에 의해 絲의 열응력을 측정하였다. 열응력 측정에 사용한

Table 1. Specimens of PET filament yarn

Regular Yarn			
Maker	Model	Denier/filament	Remark
RA	RA50	50d/36f	SD
	RA75	75d/36f	DSD
	RA150	150d/96f	
RB	RB50	50d/36f	SD
	RB75	75d/36f	SD
	RB150	150d/96f	SD
RC	RC50	50d/36f	
	RC75	75d/36f	
	RC150	150d/96f	
RD	RD50	50d/36f	
	RD75	75d/36f	
	RD150	150d/96f	
POY			
Maker	Model	Denier/filament	Remark
PA	PA80	85d/36f	
	PA123	123d/36f	
	PA252	252d/48f	
PD	PD82	82d/36f	SD
	PD118	118d/36f	SD
	PD248	248d/48f	
PE	PE80	80d/36f	SD
	PE120	120d/36f	
	PE245	245d/48f	SD
PF	PF85	85d/36f	SD
	PF148	148d/36f	SD
	PF255	255d/48f	SD
DTY			
Maker	Model	Denier/filament	Remark
DC	DC75	75d/36f	DTY
	DC150	150d/36f	DTY
DH	DH75	75d/36f	DTY
	DH150	150d/36f	DTY
DI	DI75	75d/36f	DTY
	DI150	150d/36f	DTY
Composite Yarn			
Maker	Model	Denier/filament	Remark
CI	CI120	120d/72f	High shrinkage + POY
	CI135-1	135d/60f	POY85/36 + PDD50/24
	CI135-2	135d/108f	POY85/72 + SDI50/36
	CI165-1	165d/48f	POY85/36 + SDY80/12
	CI165-2	165d/60f	

기기는 Kanebo ENGINEERING LTD.(Osaka, Japan)이다.

승은 속도를 최대 300℃까지 2분동안 승은시켰으며, 표준 조건하에서 실험하였다. 이 때 시료는 絲의 길이가 50mm가 되도록 후크(hook) 상태로 만든 후 실험하였으며, 초하중은 0.1g/den로 하였다. 각각의 시료에 대하여 3회 실험하였으며, 열응력 측정기의 개요도를 Fig. 1에 나타내었다.

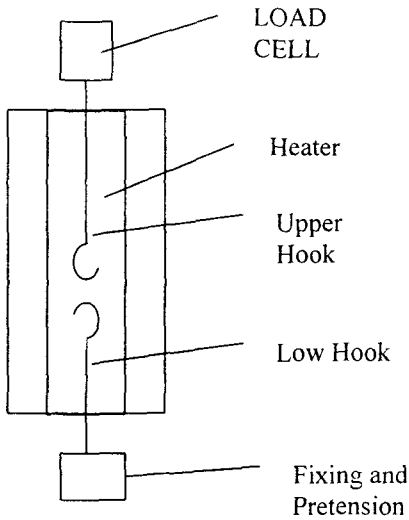


Fig. 1 Schematic diagram of the thermal stress analyzer.

2.4 열수축율 측정

열수축율의 측정은 원사를 검척기의 릴(reel)에 권취하여 후크형태로 만든 후, 먼저 0.1g/den의 초하중을 준 상태에서 길이를 측정하고, 사이징 시물레이션(S-1) 실험 후, 스카우링 시물레이션(S-2) 실험 그리고 열처리 시물레이션(S-3) 실험 후 각각의 絲를 상온에서 1일간 방치한 후 0.1g/den의 초하중을 준 상태에서 길이를 측정하였다. 수축율은 식 (1)에 의해서 계산하였다.

$$Shrinkage(\%) = \frac{l_0 - l}{l_0} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

여기에서  $l_0$  : 열처리 전 시료의 길이  
 $l$  : 열처리 후 시료의 길이

Table 2는 직물 제조 공정 시물레이션에서의 각각의 열수축율의 계산과 전체 열수축율의 계산법을 나타낸 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 PET 필라멘트 絲의 열응력 특성

3.1.1 레귤러絲와 POY의 직물제조공정 시물레이션 후의 열응력 변화

Fig. 2는 직물제조 공정 시물레이션을 거치면서 POY와 레귤러絲의 최대 열응력과 최대 열응력 온도의 평균값을 도시한 것이다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 POY의 열응력과 레귤러絲와의 열응력 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다. POY를 사용하여 직물을 제조할 경우 POY의 고유 물성을 유지시키기 위해서 레귤러絲와 같은 공정장력과 열로서 처리한다면 POY의 고유물성이 상실되어 레귤러絲로 제조한 직물과 유사한 직물이 생산될 수 있음을 추측할 수 있다. 또한 직물제조공정 시물레이션을 거침에 따라 POY나 레귤러絲 모두 최대 열응력 발현온도는 높아지나, POY는 열처리 공정을 거친 후 최대 열응력 발현온도가 다시 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 직물의 용도에 따라 다르긴 하나, 염·가공공정에서 수축이 많이 되어야 하는 직물인 경우 POY가 레귤러絲보다 열처리공정의 온도를 낮추어야만 열처리

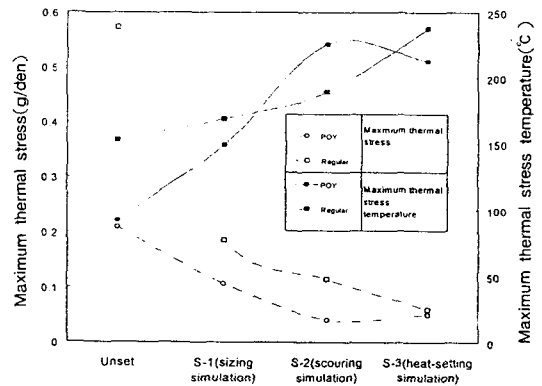


Fig. 2 Relation between average value of maximum thermal stress and maximum thermal stress temperature of POY and regular yarn after heat treat simulation.

Table 2. Calculation method of thermal shrinkage after process simulation

	Length	Step shrinkage(%)	Total shrinkage(%)
Original filament yarn	$L_0$		
Sizing simulation yarn(S-1)	$L_1$	$((L_0-L_1)/L_0) \times 100$	$((L_0-L_1)/L_0) \times 100$
Scouring simulation yarn(S-2)	$L_2$	$((L_1-L_2)/L_1) \times 100$	$((L_0-L_2)/L_0) \times 100$
Heat-setting simulation yarn(S-3)	$L_3$	$((L_2-L_3)/L_2) \times 100$	$((L_0-L_3)/L_0) \times 100$

에서 열수축이 많이 발생할 것이다. 앞에서도 언급을 했지만, 직물상태의 열수축은 경사와 위사의 열수축이 동시에 발생하고 직물의 구조에 따라 경사와 위사가 서로 구속하는 정도가 달라 絲상태의 열수축율과는 차이가 있다. 그러나 직물을 구성하는 原絲가 가지는 기본 물성이 직물의 물성을 주도함으로 絲상태의 고정 시뮬레이션으로 직물의 수축율을 예측할 수는 있다.

3.1.2 DTY와 복합사의 직물제조공정 시뮬레이션 후의 열응력 변화

Fig. 3에 DTY의 직물 제조 공정 시뮬레이션 실험 후의 최대 열응력과 최대 열응력 발현온도를 도시하였다. 미처리 DTY(그림 3에서 unset)의 최대 열응력은 레귤러絲와 POY의 중간쯤에 위치하고 있다. DTY는 일반적으로 POY를 사용하여 연신가면 한다<sup>21)</sup>. 그러므로 DTY의 배향도는 POY와 레귤러絲의 중간쯤에 위치하고 있고, 결정화도는 레귤러絲보다도 높다. 왜냐하면 결정화도와 밀접한 관계가 있는 최대 열응력 발현온도가 레귤러絲보다 높기 때문이다. Gupta<sup>22)</sup> 등은 假撚絲는 레귤러絲에 비해서 결정화도는 높고 미결정은 크며 결정의 배향과 비결정의 배향은 감소한다고 보고하고 있다.

미처리 DTY의 최대 열응력 발현온도는 레귤러絲나 POY에 비해서 매우 높은 값을 보이고 있고, 직물제조공정 시뮬레이션 실험 후의 최대 열응력 발현온도 또한 미처리 DTY와 비슷하거나 조금 높다. 이것은 DTY 제조時 히터에서 높은 온도로 열처리된 결과로 생각된다.

Fig. 4는 복합사의 직물제조 공정 시뮬레이션 실험 후의 최대 열응력과 최대 열응력 발현온도를 나타낸 것이다. 또 복합사를 구성하고 있는 構成絲 각각의

직물 제조 공정 시뮬레이션 실험 후의 최대 열응력 평균값을 Fig. 5에 도시하였다.

미처리 복합사에서 스카우링 시뮬레이션 실험까지의 열응력은 POY와 레귤러絲의 열응력 사이에 존재하고 열처리 시뮬레이션 실험 후에는 絲간의 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 그러므로 복합사를 구성하고 있는 POY와 레귤러絲는 서로 상호작용을 하지만 열응력이 큰 레귤러絲가 열응력을 주도하는 것을 알 수 있다. 하지만 열처리 시뮬레이션 실험에서는 POY와 레귤러絲 및 복합사의 열응력의 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 그리고 레귤러絲와

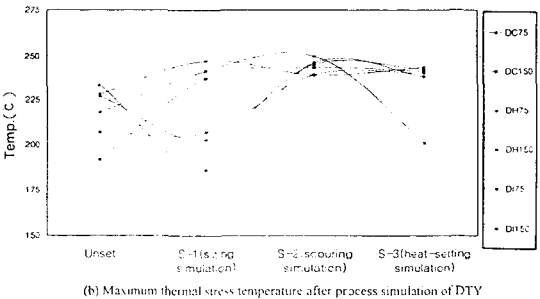
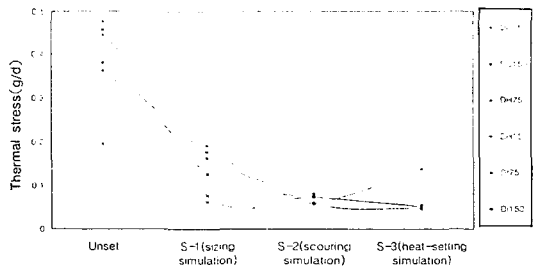
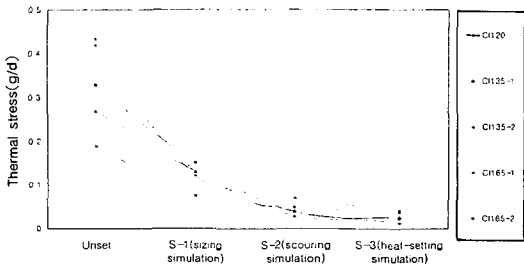
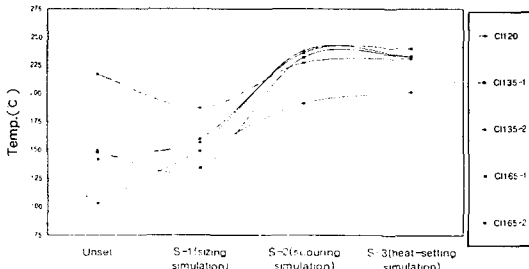


Fig. 3 Maximum thermal stress and maximum thermal stress temperature after process simulation of DTY.



(a) Maximum thermal stress after process simulation of composite yarn



(b) Maximum thermal stress temperature after process simulation of composite yarn

Fig. 4 Maximum thermal stress and maximum thermal stress temperature after process simulation of composite yarn.

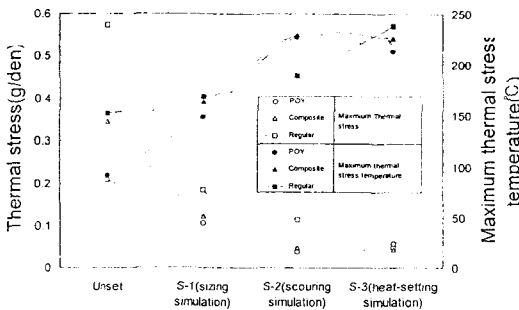


Fig. 5 Average thermal stress after simulation process of PET filament yarns.

유사하게 사이징열처리 후 복합사는 가장 큰 열응력이 발생함을 알 수 있다.

미처리 및 사이징 시뮬레이션 실험 후의 복합사의 최대 열응력 발현온도는 레귤러絲와 유사하나, 스카우링 시뮬레이션 공정과 열처리 시뮬레이션 공정 후에는 최대 열응력 발현온도가 POY와 유사한 경향을 보인다. 그러므로 공정관리에 있어서도 이점을 고려하여 공정관리를 하여야 할 것이다.

### 3.2 직물제조공정 시뮬레이션 이후의 PET 필라멘트사의 열수축 특성

#### 3.2.1 레귤러絲의 시뮬레이션 실험 후의 수축율 변화

레귤러絲라 하면 방사속도가 4000~6000m/min인 FOY나, POY를 다시 열 연신한 PET絲를 일컫는다<sup>1)</sup>. 즉 레귤러絲는 연신과 배향이 많이 되어진絲를 말하고, 외부에서 가해지는 에너지에 의해서 분자의 배열상태가 안정화 되려는 잠재력을 가지고 있다.

Fig. 6은 레귤러絲의 직물제조 공정 시뮬레이션 실험 후의 수축율 변화를 도시 한 것이다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 레귤러絲는 사이징 시뮬레이션 이후 0.7~3.8%의 수축을 하였다. 그 이유는 사이징 시뮬레이션은 130°C에서 초하중 0.1g/den인 긴장 건열 처리이므로 PET絲의 Tg보다 높은 온도에서 이루어지기 때문에 비결정의 유동이 수축을 주도한 결과로 생각된다. 그러므로 0.7~3.8%의 수축의 원인은 비결정의 disorientation이라 할 수 있다.

스카우링 시뮬레이션 실험에서는 습열 무긴장 열처리로, 열처리 온도가 100°C에서 20분간絲를 무긴장 상태에서 처리하였다. 사이징 시뮬레이션 실험을 한 후의絲이기 때문에 사이징 시뮬레이션 실험을 하기 전보다 배향이 더 되어 있다고 가정할 수 있다. 무긴장 습열처리이고, 비결정부의 유동에 영향을 미칠 수 있는 온도(100°C)로 열처리하였으므로, 스카우링 시뮬레이션 실험 조건으로 처리한絲 또한 비결정부의 수축이絲 전체의 수축을 주도하였다고 생각된다.

사이징 시뮬레이션 실험에서는 장력을 가한 상태이기 때문에 이 장력이 비결정부의 수축을 방해하는 요소로 작용하여 수축이 어느 정도 밖에 발생하지 않았다고 가정한다면, 스카우링 시뮬레이션 실험시의 수축은, 사이징 시뮬레이션 실험에서 발생되지 못한 비결정부의 잔존 수축과 사이징 시뮬레이션 실험에 의한 결정부의 변형이 원인이 되어 수축이 일어난 것이라 생각된다.

열처리 시뮬레이션 실험은 180°C에서 무긴장 상태로 2분간 건열 처리를 하였다. 열처리 시뮬레이션 실험 전의絲는 100°C에 20분간 스카우링 시뮬레이션 실험에서 충분히 비결정부가 완화되었고, 결정부

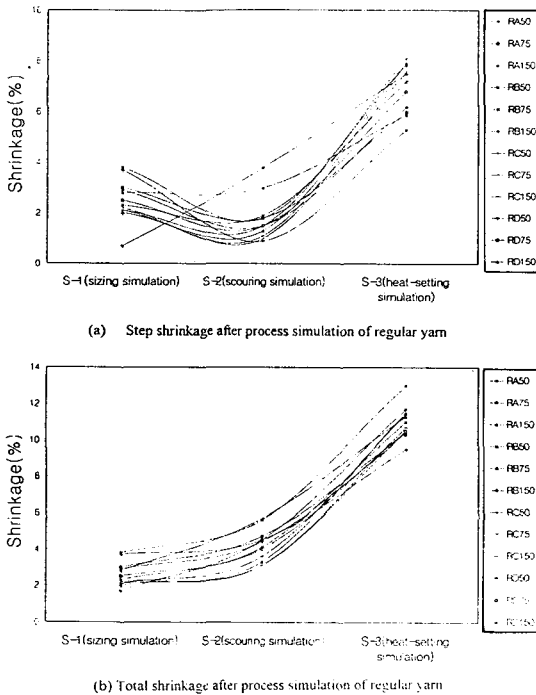


Fig. 6 Total shrinkage and step shrinkage after process simulation of regular yarn.

또한 미미하나마 어느 정도 완화가 된 상태일 것이다. 이런 상태의 絲를 180°C에서 2분간 무긴장 상태에서 열처리하였기 때문에 수축은 정형부의 disorientation과 불안정한 결정의 용해 및 재결정화가 원인이 되어 수축을 주도하였을 것이다<sup>3)</sup>. 직물상태에서 벌키성이 있는 직물이 될려면 염·가공 공정의 스카우링과 열처리에서 열수축이 많이 일어나야 할 것이다. 따라서 사이징에서의 수축을 어떻게 최적의 상태로 유지시키는가 하는 것이 직물생산에 중요하다.

Fig. 7은 직물제조공정 시뮬레이션 실험후의 레귤러絲의 제조 메이커들의 열수축율의 평균값을 도시한 것이다.

Fig. 7에서 볼 수 있듯이 레귤러絲의 제조 메이커별로 직물제조공정 시뮬레이션에서의 열수축율의 차이가 2% 이하이므로 레귤러絲는 제조 메이커간의 열수축을 편차가 거의 없다고 할 수 있다. 이것은 레귤러絲가 가지는 물성이 제조 메이커들간에 평균화가 되어 있음을 나타낸다.

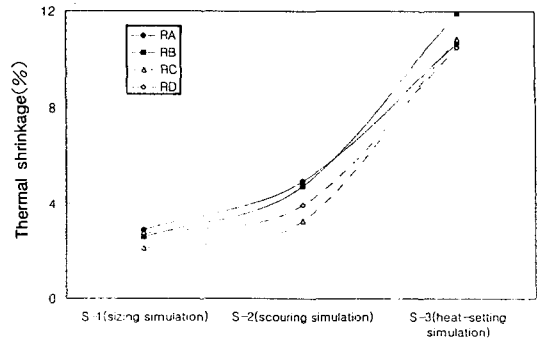


Fig. 7 Total shrinkage after process simulation of regular yarn.

### 3.2.2 POY의 시뮬레이션 실험 후의 수축율 변화

Fig. 8은 POY의 직물 제조 공정 시뮬레이션 수축율을 나타낸 것이다. POY는 방사 속도가 2500~4000m/min의 속도로 방사된 絲를 말하며, 분자의 배향상태가 불안정하고 불균일하다<sup>1)</sup>. 즉 부분 연신된 PET 필라멘트를 말한다.

레귤러絲는 사이징 시뮬레이션 실험 후 수축을 하였으나, POY는 수축율 값이 음의 값을 보임으로써 9~54.1%의 신장을 보였다. POY는 레귤러絲에 비해서 130°C에서의 열응력이 작고, 또한 사이징 시뮬레이션 실험 時 가한 장력(0.1g/den) 보다도 POY의 열응력은 작게 나타났다. Table 3에 미처리 POY의 130°C에서의 열응력 값을 나타내었다.

Table 3. Thermal stress at 130°C of untreated POY

Yarn type	Thermal stress at 130°C(g/den)	Yarn type	Thermal stress at 130°C(g/den)
PA80	0.06	PE80	0.08
PA123	0.073	PE120	0.06
PA252	0.066	PE245	0.093
PD82	0.08	PE85	0.076
PD118	0.076	PE148	0.06
PD248	0.058	PE255	0.063

Fig. 8에 나타난 21.9~54.1%의 신장은 POY의 내부구조가 mobile 구조이므로 130°C에서는 자발신장이 일어남을 알 수 있다.

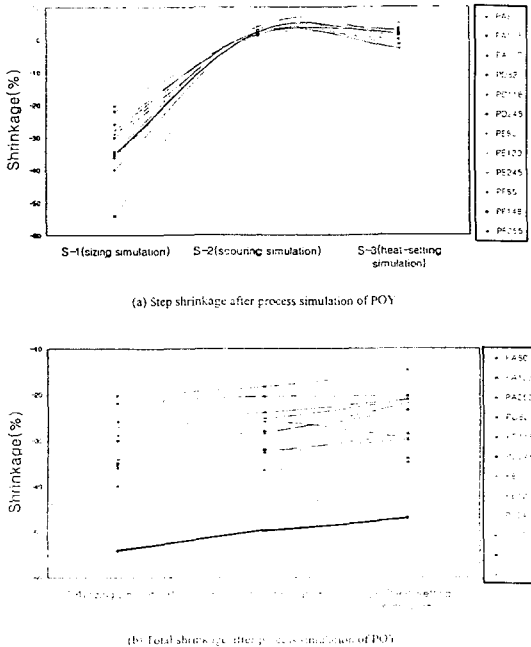


Fig. 8 Total shrinkage and step shrinkage after process simulation of POY.

### 3.2.3 DTY의 시뮬레이션 실험 후의 수축율 변화

Fig. 9는 DTY의 직물제조공정 시뮬레이션에 따른 열수축율의 변화이다. DTY의 사이징 시뮬레이션 실험 후의 수축율은 5~6.2%의 변화를 보인다. 레귤러絲의 사이징 시뮬레이션 후의 수축율인 0.7~3.8% 보다는 다소 높은 값을 보이고 있다. 일반적으로 가연사는 레귤러絲에 비해 결정화도는 높고 배향도는 낮다고 보고되고 있다. 열수축은 비결정부의 배향도와 밀접한 관계가 있는데, Gupta 등<sup>2)</sup>에 의하면 레귤러絲에 비해서 假燃絲는 결정화도와 결정의 크기는 크나, 결정의 배향과 비결정부의 배향은 낮게 나타난다고 보고하고 있다. 이는 직물제조공정을 모두 거친 후 전체 수축율이 레귤러絲보다 작은 이유이다. 사이징 공정의 수축율이 스카우링 공정까지는 유지되고 열처리 공정에서 다시 수축이 발생

한다. 이러한 DTY의 직물제조 공정에서 열수축 특성을 고려하여 염·가공 공정설계를 하여야만 DTY의 絲상태의 물성이 살아 있는 벌키하고 신축성이 있는 직물을 생산할 수 있을 것이다.

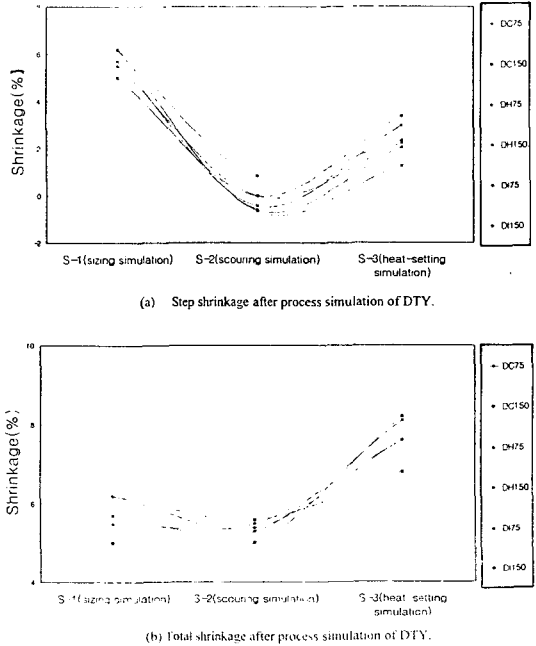


Fig. 9 Total shrinkage and step shrinkage after process simulation of DTY.

### 3.2.4 복합사의 시뮬레이션 실험 후의 수축율 변화

Fig. 10은 복합사의 시뮬레이션 열수축율을 나타내고 있다. 한 종류의 絲가 나타내는 물성보다는 다양한 값을 나타내고 있다. 사이징 시뮬레이션 실험 후의 열수축율은 2.5~13.6%를 나타내고 있으며, 이들 絲의 스카우링 시뮬레이션 실험 후의 열수축율은 -0.62~0.69%를 보인다. 그리고 열처리 시뮬레이션 실험 후에는 2.33~9.31%를 보이고 있다. 본 실험에서 사용한 복합사는 고수축사와 POY, 레귤러絲와 POY로 구성된 복합사이다. 이들 이수축혼섬사의 열수축율은 고수축사가 수축율을 주도한다. 그러므로 본 실험의 사이징 시뮬레이션 실험 후의 수축율은 고수축사나 레귤러絲의 수축율이라 볼 수 있다. 한편 스카우링 시뮬레이션 실험 후에 복합사의

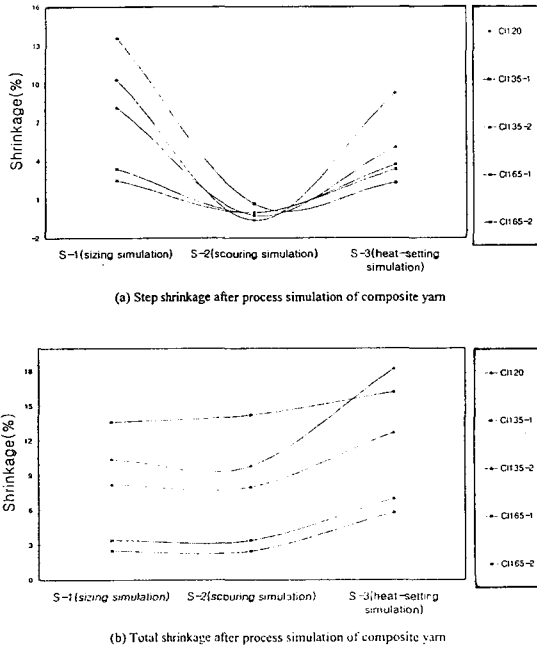


Fig. 10 Total shrinkage and step shrinkage after process simulation of composite yarn.

수축은 거의 발생하지 않았다. 그 이유는 사이징 시뮬레이션 온도 130°C에서 이미 수축이 일어났으므로 그 이하 온도인 100°C에서 스카우링 시뮬레이션 하였으므로 수축이 거의 미세하게 일어난 것으로 생각된다. 또한 Kitazawa<sup>11)</sup> 등은 미소 하중의 건열처리 후 필라멘트絲를 가열 수축시키면 POY가 자발신장을 하며, 자발신장의 정도는 선열처리의 온도와 하중부과의 정도에 따라 달라진다고 보고한 결과를 생각하면 사이징 시뮬레이션 실험 때 POY는 수축을 하지 않았거나 미소하게 신장을 하였을 것이다. 그러나 레귤러絲의 스카우링 시뮬레이션 실험 후의 수축율이 1.3~3.8%를 나타내고 있으므로, 복합사의 스카우링 시뮬레이션 실험 때의 수축은 POY의 자발신장과 레귤러絲의 수축이 함께 발생하지는 않은 것으로 생각된다. 열처리 시뮬레이션 실험 후의 수축은 레귤러絲의 열처리 시뮬레이션 실험에서 수축율이 5.3~8.1%임을 감안한다면 복합사의 열처리 시뮬레이션 실험에서 2.3~9.31%의 수축은 레귤러絲나 고수축사의 수축이 복합사의 수축을 지

배한 것으로 생각된다.

### 3.3 열응력과 열수축과의 상관성

열응력과 열수축은 비결정의 형상이 주도를 하는데<sup>12)</sup> 비결정부의 섬유축 방향의 길이는 열수축과 밀접한 관계가 있고, 비결정부의 섬유축과 수직인 방향의 길이는 열응력과 밀접한 관계가 있다. 그러므로 비결정의 형상만으로는 열응력과 열수축이 상반된 관계일 것이지만, 배향성과 결정의 형상 등도 열응력과 열수축에 관계가 있기 때문에 열응력과 열수축의 상관관계를 규명하기에는 어려움이 많다. 그러나 열응력과 열수축 현상의 결과만을 가지고 상관성을 알아 보기 위해 본 실험에서의 데이터에 의해 열수축과 열응력의 상관성을 비교 하였다. 총 열응력의 상대 비교값들을 알기 위해서 총 열응력의 크기를 무계로 환산한 값을 사용하였다.

Table 4는 직물제조공정에서 발생하는 열수축율과 총열응력의 상관계수들의 평균값을 나타내고 있다.

상관계수( $\gamma$ )는 다음의 식 (2)을 이용하여 계산<sup>15)</sup> 하였다.

$$\gamma = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{((n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2))^{\frac{1}{2}}} \dots (2)$$

Table 4. Average of coefficient of correlation ( $\gamma$ ) between total thermal stress(g) and thermal shrinkage(%) after process simulation with PET filaments

	Regular yarn	POY	DTY	Composite yarn
$\gamma$	-0.96	-0.85	-0.40	-0.65

레귤러絲와 POY의 총열응력과 열수축율은 음의 상관성을 보이며 상관계수치는 높은 값을 보인다. DTY도 음의 상관성을 보이나 상관계수는 낮은 값을 보인다. 복합사는 역시 음의 상관성을 보이며 비교적 좋은 상관계수치를 보인다. 그러므로 PET 필라멘트의 총열응력과 열수축율의 상관관계는 음의 상관관계가 있다고 할 수 있다.



Table 4에서 볼 수 있듯이 직물제조공정 시물레이션을 거치면서 레귤러絲의 총 열응력과 열수축율은 높은 음의 상관관계를 가지는 것을 볼 수 있다. POY는 제조 메이커별로 그 물성의 편차가 크기 때문에 레귤러絲보다도 상관성이 다소 낮은 것으로 생각된다. 그러나 DTY는 총 열응력과 열수축율의 상관성이 적은 것을 볼 수 있다. 복합사의 총 열응력과 열수축과의 상관은 복합사의 특성인 레귤러絲와 POY의 물성이 혼재한 물성특성을 보이는 것과 같이 상관성 또한 레귤러絲와 POY의 중간값에 해당하는 상관관계를 보인다.

Table 5는 Table 1에 보인 합섬 메이커별로 직물제조공정에서 발생하는 열수축율과 총 열응력의 상관계수를 나타내었다.

레귤러絲의 제조 메이커별로 상관계수의 차이가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 이것은 레귤러絲의 물성이 메이커별로 총 열응력과 열수축율 사이의 물성이 평균화 되어 있다는 것을 나타내고 있다. 그러나 POY의 경우에는 메이커간의 상관계수의 편차가 레귤러絲보다는 크다. 이것은 앞의 최대 열응력과 열수축율에서도 언급이 되었듯이 POY의 물성이 직물제조공정을 거치면서 물성의 변화가 크고 그 변화하는 양상도 레귤러絲보다는 다양하게 나타나기 때문이다. 이와 같은 결과로 볼때 POY의 공정조건 설계時 레귤러絲와는 다르게 설계를 하여야 하고, 각 메이커간의 편차가 레귤러絲보다는 크므로 사가공 공정에서 같은 섬도의 絲일지라도 메이커가 다른 공정조건도 바뀌어야 한다는 것을 보여 주는 것이다. DTY의 경우 메이커간에 가장 큰 상관계수의 차이를 볼 수 있다. 이것은 앞서서도 언급했듯이 DTY의 소재로 주로 사용 되는 POY의 물성이 메이커간에 차이가 크고, DTY는 레귤러絲와는 달리 제조 방식에 있어서 열처리 방식과 조건이 다양하고, 원사 메이

커의 자체생산이나, 혹은 사가공업체에서 원사 메이커로부터 POY를 구입하여 직접 생산하는 등 생산하는 방식이 다양하므로 해서 DTY를 사용할 때는 공정관리 및 공정조건의 결정에 있어서 각각의 DTY가 가지는 특성을 미리 파악함으로써 고부가 가치 직물생산이 가능할 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

직물제조공정에서 열응력 특성과 열수축율과의 상관성을 확인하기 위하여 국내에서 생산되고 있고 많이 사용되고 있는 PET 필라멘트 絲를 현장에서 직접 사용하고 있는 열처리 공정조건으로 직물제조공정 시물레이션 실험을 하였다. 각각의 공정실험 후 絲의 최대 열응력과 열수축율을 측정하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 직물제조공정 시물레이션을 거치면서 레귤러絲의 경우 최대 열응력은 감소하고, 최대 열응력 발현 온도는 증가하였다. 또한 열수축율도 증가하는 현상을 보였다. POY는 레귤러絲 보다는 직물제조공정의 초기 단계에서는 최대 열응력과 열수축율이 현저히 낮으나 공정을 거치면서 레귤러絲와 유사한 물성을 보였다.
2. DTY는 레귤러絲와 POY보다는 공정의 초기 단계인 사이징 공정 시물레이션 후 높은 열수축율을 보이며, 공정초기단계의 최대 열응력 발현온도가 공정이 끝날 때까지 유지 되는 현상을 보였다.
3. 직물제조공정 시물레이션을 거치면서 열응력과 열수축율과의 상관성은 레귤러絲와 POY는 음의 상관으로 상관성이 우수하고, 복합사와 DTY는 음의 상관성을 보이나 상관계수는 비교적 낮은 값을 보였다.

Table 5. Average coefficient of correlation( $\gamma$ ) between total thermal stress(g) and thermal shrinkage(%) after process simulation with PET filaments

Maker	Regular yarn			POY					DTY		
	RA	RB	RC	RD	PA	PD	PE	PF	DC	DH	DI
$\gamma$	-0.95	-0.95	-0.96	-0.98	-0.97	-0.97	-0.54	-0.96	-0.64	-0.4	-0.17

## 감사의 글

본 연구는 RRC의 연구비로 연구된 결과의 일부이며 관계자에게 감사를 드린다(과제번호: 96A-10-02-02-3).

## 참고문헌

1. A. Demir and H. M. Behery, *Texturing Technology*, Prentice-Hall, 22(1997).
2. V. B. Gupta and M. Kumar, *Text. Res. J.*, 45, 382(1975).
3. 조 대현, 습 · 건열처리공정이 폴리에스테르 직물의 물성에 미치는 영향, 영남대학교 박사학위논문(1996).
4. T. Kitazawa and E. Hashi, *SEN-I GAKKAISHI*, 32, 359(1976).
5. V. B. Gupta and S. Kumar, *Polymer*, 19, 953(1978).
6. 송 주화, PET 이수축혼섬사 직물의 수축 거동에 관한 연구.
7. V. B. Gupta and S. Kumar, *J of App. Polymer Science*, 26, 1877(1981).
8. V. B. Gupta and S. Kumar, *J of App. Polymer Science*, 26, 1885(1981).
9. V. B. Gupta and S. Kumar, *J of App. Polymer Science*, 26, 1897(1981).
10. D. R. Buchanan and G. L. Hardegree, *Text. Res. J.*, 47, 732(1977).
11. M. Trznadel and M. Kryszewski, *Polymer*, 29, 418(1988).
12. 林茂山, 金純一, 金相溶, *한국섬유공학회지*, 17, 16(1980).
13. W. E. Morton and J. W. S. Hearle, *Physical Properties of Textile Fibres*, 585(1993).
14. Kanebo TSA Instruction Manual(Kaneboengi Osaka).
15. 김 노수, 김 상용, 섬유계측과 분석, 문운당, 13(1995).
16. 송 민규, *한국섬유공학회지*, 34, 412(1997).
17. P. B. RIM and C. J. NELSON, *J. of App. Polymer Science*, 42, 1807(1991).
18. R. Huisman and H. M. Heuvel, *J. App. Polymer Science*, 37, 595(1989).
19. V. B. Gupta, J. Radharishnan and S. K. Sett, *Polymer*, 35, 3814(1993).
20. A. Ziabicki and H. Kawai, *High-speed fiber Spinning*, 312(1985).
21. R. Huisman and H. M. Heuvel, *J. App. Polymer Science*, 22, 2229(1978).