

# PET 가연공정 특성에 따른 DTY의 염색성 분석 연구

정기진, 강지만, 홍상기, 박경순, 김승진

영남대학교 섬유패션학부

## 1. 서 론

선진국에 비해 국내 많은 섬유 기업들은 임가공 생산방식으로 기술축적 및 개발능력에 한계를 가지고 있다. 특히 폴리에스테르와 나일론 직물생산은 사가공, 제직 및 제직준비, 염·가공 공정 등의 middle 및 down stream으로 나누어져 있고 선진 섬유생산국에 비하여 기술이 미약한 실정이다. 이에 원사가 다양화되고 가공기술 또한 복잡해짐에 따라 각 공정에서 발생하는 여러 가지 문제점을 분석하고 그에 따른 絲의 물성 변화에 관한 기초연구 [1-2]가 수행되어져 왔다. 그러나 고부가가치의 소재를 생산한다고 할지라도 최종 염·가공 공정에서 그 소재의 특성을 충분히 살릴 수 있는 기술력은 미흡한 상태이다. 최근 의류용으로 가장 많이 쓰이는 PET 섬유는 신합섬 소재의 개발과 함께, 차별화된 PET 원사 개발을 위해 up-stream 공정에서 염색·가공 공정의 down-stream 공정에 이르기까지 기술의 연계성[3-4]을 가지는 많은 연구가 수행되고 있다.

본 연구에서는 국내 4개 化纖 社에서 제조된 6가지의 PET 원사로부터 가연공정조건을 변화시켜 생산된 DTY의 습·건열수축률 변화를 비교·분석함과 동시에 습·건열수축률과 염색성의 관계를 확인 할 목적으로 K/S 값을 측정 조사하였다. 원사 POY 특성과 사가공 공정 특성이 염색성에 미치는 영향을 분석하기 위해 기초물성 Data-base를 구축함은 물론 사가공, 염색·가공 공정 조건 설정 등에 참고자료를 제공하고 또한 국내 원사 품질개선 및 발전에 도움이 되는 기초자료를 업계에 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료

Table 1에 본 연구에서 사용된 시료를 보인다.

Table 1. The physical properties of PET POY 250d/48f

구분	Denier(d)	Initial modulus(g/d)	Tenacity(g/d)	Breaking strain(%)	Shrinkage(%)	
					Dry shrinkage	Wet shrinkage
POY A	250.9	0.98	2.50	219.2	68.3	55.1
POY B1	254.9	1.80	2.73	134.2	65.5	57.9
POY B2	244.1	0.99	2.50	218.8	68.5	55.2
POY C1	250.0	1.86	2.74	131.0	65.2	58.7
POY C2	252.6	1.78	2.73	136.7	65.1	57.3
POY D	246.5	1.19	2.68	194.9	62.5	58.0

## 2.2. 사가공 공정조건

Table 1의 원사시료는 다음 Table 2의 조건으로 가연공정조건을 변화시켜 Muratec 33H (日本)의 Belt type 가연기구를 사용하여 DTY 시료를 제조하였다.

Table 2. False twist processing conditions

고정공정조건		변화공정조건	
Yarn speed(m/min)	500	1st heater temperature(°C)	160, 180, 200, 220
1st over feed(%)	2.11	Draw ratio(DR)	1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9
2nd over feed(%)	3.50	Velocity ratio(VR)	1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8
Belt cross angle(°)	115		
총 시료		100개	

## 2.3. 니트의 제조

Table 2에 보인 사가공 시료를 사용하여 이들의 염색성을 측정하기 위해 Tube knitting 機로 원통상으로 니트를 제조하였다.

## 2.4. 실험방법

Table 3의 방법으로 그 물성을 실험하였다.

Table 3 Details of the Experiment

		Measuring equipment	conditions of measurement	remark
1. Thermal shrinkage	wet	water bath heating chamber	100°C×30min.	KS K 0215
	dry		180°C×30min.	KS K 0215
2. Dye-affinity		Computer Color Matching (Color Eye 3100, Macbeth, USA)	· Scouring : NAOH 2g/l Non-surfactant : 2g/l → 1% o.w.f Bath ratio(BR) : 20:1 Rasing temp. : 20°C/min. Dyeing : 130°C, 40min. → C.I. Disperse Red 60 · Korea science co., LTD. Model : KSL-24 PERFECT	

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 가연사 공정조건에 따른 습·건열수축률의 변화

Fig. 1은 연신비와 사속비가 1.7일 때 1st heater 온도에 따른 DTY의 습열수축률 변화를 나타낸 그림이다. 1st heater 온도가 증가함에 따라 습열수축률의 값이 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 1st heater 온도가 180, 200℃에서 원사 POY의 종류에 따라 수축률의 차이가 크다는 것을 볼 수 있다. 이는 POY 원사 수축률의 물성이 가연공정시에도 그대로 발현되는 것으로 사료된다. C1, C2社의 경우, 같은 업체에서 생산된 POY 원사로부터 DTY를 제조하였지만 수축률의 편차가 다소 나타나는 것을 알 수 있다. Fig. 2는 1st heater 온도 180℃, 사속비 1.7일 때 연신비에 따른 DTY의 습열수축률 변화를 나타낸 그림이다. 연신비(1.5, 1.6)가 낮은 구간에서는 각 POY간의 수축률의 증·감의 변화가 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 각 공정조건 설정시 絲물성의 data를 기초로 가연공정시 연신비를 어떻게 설정할 것인가 하는 것이 중요할 것으로 사료된다. 연신비 1.7 이상 일 때 전체적으로 연신비 증가에 따라 수축률의 값이 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 연신비 1.7에서는 다른 연신 조건에 비해 상대적으로 각 원사 POY들간의 수축률의 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 연신비와 사속비가 1.7일 때 1st heater 온도에 따른 DTY의 건열수축률 변화를 나타낸 그림이다. 1st heater 온도 증가에 따라 건열수축률의 값이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 heater 온도가 증가함에 따라 비결정영역이 감소하면서 비결정영역의 배향도도 동시에 감소하여 분자쇄의 움직임이 에너지가 더 안정한 상태로 되어 열수축률이 감소하는 것으로 사료된다. C1社의 경우, 다른 社에 비해서 수축률의 값이 크게 나타나고 D社가 가장 낮은 값을 가지는 것을 볼 수 있다. 1st heater 온도 180~200℃의 구간에서 각 POY들간의 수축률의 편차가 2~6% 정도의 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다. 전체적으로 건열수축률의 값이 습열수축률보다 높은 값을 가지는 것을 알 수 있다. Fig. 4는 1st heater 온도 220℃, 사속비 1.7일 때 연신비에 따른 DTY의 건열수축률 변화를 나타낸 그림이다. 낮은 연신비 1.5, 1.6에서 POY C1, D를 제외한 다른 POY의 경우, 연신비 증가에 따라 수축률이 감소하며 연신비 1.6이상에서는 연신비 증가에 따라 건열수축률이 증가하는 현상을 보인다. 이는 연신비가 증가될 때 분자내의 비결정영역이 결정영역으로 바뀌면서 수축률이 감소하다가 연신비가 계속 증가하면 당겨진 분자쇄의 회복력의 작용으로 인해 수축률이 증가하는 것으로 사료된다.

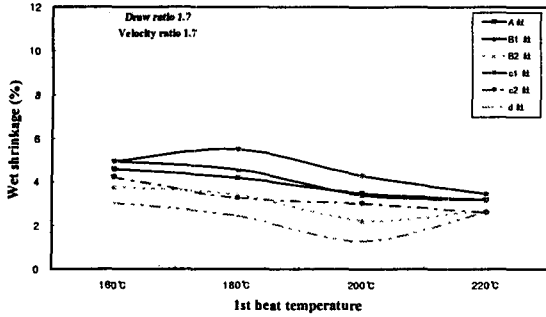


Fig. 1 Wet shrinkage of DTY according to 1st heater temp. (at fixed draw ratio 1.7, velocity ratio 1.7)

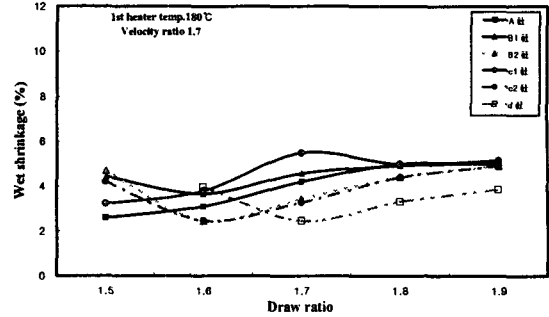


Fig. 2 Wet shrinkage of DTY according to draw ratio (at fixed 1st heater temp. 180°C, velocity ratio 1.7)

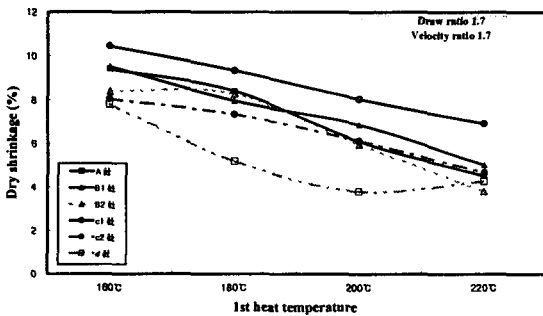


Fig. 3 Dry shrinkage of DTY according to 1st heater temp. (at fixed draw ratio 1.7, velocity ratio 1.7)

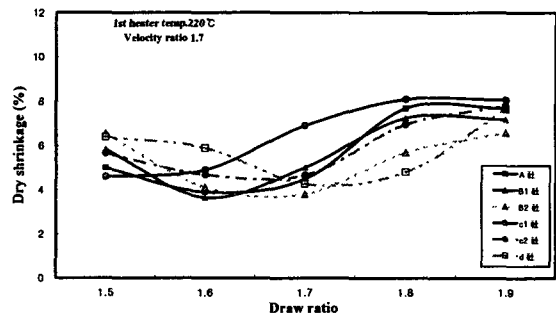


Fig. 4 Dry shrinkage of DTY according to draw ratio (at fixed 1st heater temp. 220°C, velocity ratio 1.7)

### 3.2. 가연사 공정조건에 따른 염색성의 변화

Fig. 5에서 Fig. 10까지는 연신비와 1st heater 온도에 따른 6개 시료 DTY의 K/S 값의 변화를 나타낸 그림이다. 전체적으로 각 회사들간의 6개 시료들의 K/S 값의 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 1st heater 온도 180°C인 경우, 같은 회사에서 제조된 絲일지라도 B1社의 K/S 값이 가장 높고 B2社의 K/S 값이 가장 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 DTY의 수축률의 편차가 그대로 발현되어 염색성의 차이를 나타내는 것으로 사료된다. A와 C1社의 Fig. 5와 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 1st heater 온도가 180°C에서 200°C로 증가함에 따라 염색성은 증가하다가 220°C에서 감소함을 보이며 B1, B2社 그리고 C2社인 Fig. 6, 7 그리고 9에서 볼 수 있듯이 1st heater 온도가 180°C에서 200°C로 증가함에 따라 염색성은 감소하다가 220°C에서 다시 증가하는 현상을 보임으로서 서로 상반된 결과를 보인다.

Fig. 10은 D社의 경우로서 다른 社들에 비해 전반적으로 높은 K/S 값을 가지는 것을 볼 수 있다. 그리고 B1, C2社의 경우, 1st heater 온도 180~200°C 구간에서는 K/S 값이 감소

하고 200~220℃ 구간에서는 증가하는 현상은 온도가 180℃에서 200℃로 증가함에 따라 섬유 구조내의 결정부분이 형성되고 비결정부분의 감소로 인해 염료분자의 침투영역이 적어지고 이로 인해 염착량이 감소하지만 다시 200℃까지 온도를 높이면 비결정영역의 배향성이 감소하면서 segmental motion이 증가하고 chain segment가 염료분자 침투공간의 확보를 위해 이동하고 이로 인해 염료분자의 침투가 용이해짐에 따라 염색성이 증가하는 것으로 사료된다. 그리고 회사마다 서로 다른 결과를 보이는 것은 원사 POY의 특성이 다른것에 기인한다고 보여지며 물성의 불안정성이 각 회사마다 다름을 보여주는 결과라고 보여진다.

Fig. 5에서 10까지 그림에서 연신비에 따른 K/S 값의 변화를 보면 Fig. 9의 C2社の 경우가 K/S 값이 가장 낮는데 위의 Fig. 2에서 보인 수축률의 값에서는 POY D가 가장 낮은 값을 가지는 것과는 다른 결과를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 연신비가 증가함에 따라 염착성이 감소하는 경향을 보이는 시료는 Fig. 5와 6에 보이는 POY A와 POY B1이며 POY C1의 경우는 연신비 1.7에서 1.9까지 증가함에 따라 염색성의 감소 경향을 보인다. 다른 시료들은 수축특성과 POY 물성의 불안정으로 일정한 경향성을 보이지 않음을 알 수 있다. 그리고 연신비 1.7에서는 각 社들간의 K/S 값이 다소 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 낮은 연신비 1.5의 경우, POY A가 K/S 값이 상당히 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 A社の 경우, 연신비 1.5~1.7 구간에서 연신비 증가에 따라 K/S 값이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 위에서 보인 Fig. 2의 같은 조건에서 수축률이 증가하므로써 비결정영역의 감소로 인해 K/S value 값이 감소하는 것으로 사료된다. 그리고 Fig. 5에서 10까지를 보면 연신비 변화에 따른 각 社들간의 K/S 값의 편차가 나타나는 것을 볼 수 있다. 특히, Fig. 6에서 연신비 1.6에서는 B1絲의 K/S 값이 가장 높지만 연신비 1.7에서는 같은 회사에서 제조된 Fig. 7의 B2絲가 가장 높은 값을 가지는 것을 볼 수 있다. Fig. 9와 10의 C2와 D社の 경우, 연신비 1.5~1.6 구간에서 연신비 증가에 따라 K/S 값이 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 연신비 1.7 이상인 경우, Fig. 6과 8의 B1과 C1社들에서는 연신비 증가에 따라 K/S 값이 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 DTY가 연신됨에 따라 결정화도의 증가와 수축률의 증가에 기인하는 것으로 사료된다.

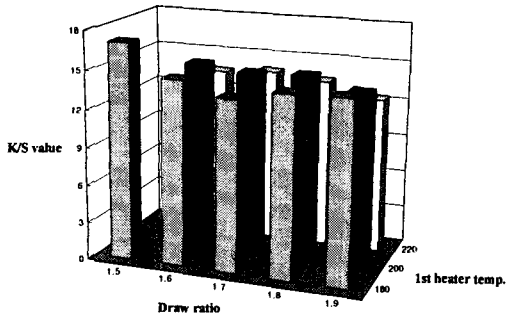


Fig. 5 K/S value of DTY according to draw ratio and 1st heater temperature (A社)

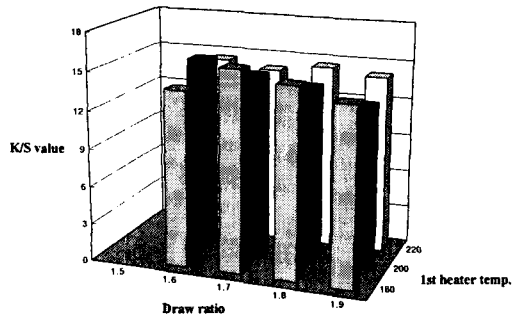


Fig. 6 K/S value of DTY according to draw ratio and 1st heater temperature (B1社)

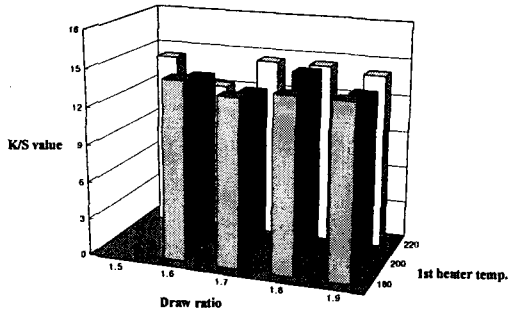


Fig. 7 K/S value of DTY according to draw ratio and 1st heater temperature (B2社)

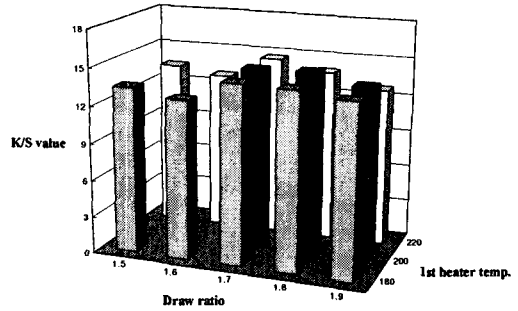


Fig. 8 K/S value of DTY according to draw ratio and 1st heater temperature (C1社)

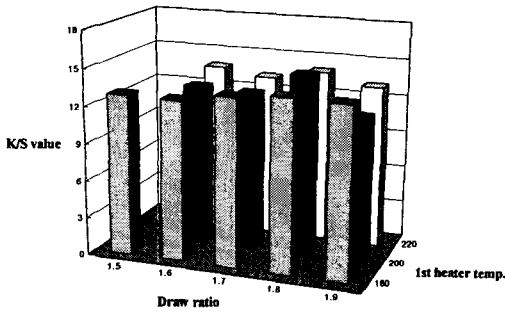


Fig. 9 K/S value of DTY according to draw ratio and 1st heater temperature (C2社)

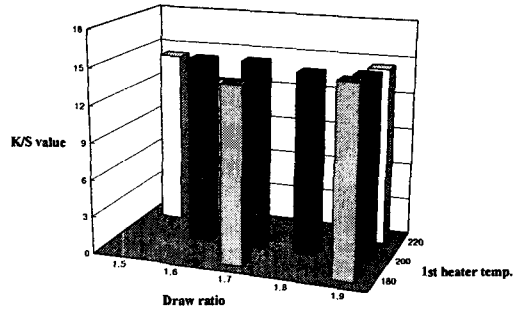


Fig. 10 K/S value of DTY according to draw ratio and 1st heater temperature (D社)

#### 4. 결 론

국내 4개 원사 Maker에서 제조된 6개 PET POY 원사로부터 가연공정조건에 따라 생산된 DTY의 습·건열수축률과 K/S 염착특성 값에 관한 분석에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 같은 회사에서 제조된 DTY라 할지라도 습·건열수축률 변화가 다르게 나타나는데 이런 수축특성이 직물의 형태안정성에 영향을 미칠 수 있고 염색·가공에서 염색성 불량을 유발하는 요인이 되므로 보다 정확한 공정조건의 설계에 의한 Data-base 구축이 이루어져야 할 것으로 사료된다.
- 2) K/S 값의 변화 역시 수축률의 변화와 마찬가지로 같은 회사에서 제조된 絲일지라도 K/S 값 차이가 나타나는 것을 보았고 열수축특성이 K/S 값의 변화에 영향을 주는 것을 볼 수 있었다.
- 3) A, C1社는 1st heater 온도가 180에서 200℃로 증가함에 따라 K/S값이 증가하지만 B1, B2 그리고 C2社의 경우에는 같은 온도조건에서 감소하는 현상을 보임으로서 서로 상반된 결과를 보였다. 연신비에 따른 K/S값은 전체적으로 C2社가 가장 낮고 연신비 1.5에서는 A社가 상당히 높은 K/S값을 가졌고 연신비 1.7인 경우, 각 회사들간의 K/S 값이 다소 차이가 나타나는 것을 보았다.

## 5. 참고문헌

- 1) 김승진, "폴리에스테르 원사물성 Data集", RRC 기술자료, 1997.
- 2) 김승진, "복합사 제조공정 기술", RRC 기술자료, 1997.
- 3) 박태준 외 2명, "폴리에스테르 섬유의 구조와 염색성(I)", 섬유공학회지, vol.35, no.12, 1998.
- 4) 조성훈 외 1명, "폴리에스테르 섬유의 구조와 염색성(II)", 섬유공학회지, vol.35, no.12, 1998.

감사의 글 : 본 연구 결과는 RRC 연구과제 (과제명: 의류용 및 생활 산자소재 가연기술 및 섬유제품 개발) 결과의 일부로서 관계기관에 감사 드린다.