

PET 가연공정특성이 DTY의 물성에 미치는 영향

¹이민수·김승진·박경순

영남대학교 섬유패션학부
(2003. 10. 14. 접수/2003. 12. 12. 채택)

Effect of False Twist Processing Conditions on the Physical Properties of PET DTY

¹Min Soo Lee, Seung Jin Kim and Kyung Soon Park

School of Textiles, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea
(Received October 14, 2003/Accepted December 12, 2003)

Abstract—This study surveys the effects of POY physical properties and processing conditions of belt texturing machine to the textured yarns. The various textured yarns are made with the variations of 1st heater temperature, draw ratio, velocity ratio, and the physical properties of these specimens such as yarn linear density, tenacity, breaking strain, and wet and dry thermal shrinkages are measured and analysed with the various processing conditions of texturing machine. Especially, the thermal characteristics of the textured yarns, which are affected at the fabric hands and the determination of the processing conditions in the dyeing and finishing processes, are investigated through the thermal stress analyser and DSC experiments.

Keywords : POY, textured yarn, thermal shrinkage, fabric hand, thermal stress, draw ratio, velocity ratio, 1st heater temperature

1. 서론

합섬소재인 PET원사를 사용한 직물의 Handle 을 개선을 할 목적으로 시작된 가연공정(false twist process)은 생산기계와 품질에 많은 발전^{1,2)}을 가져왔다. 그러나 생산 현장에서는 획일화된 공정으로 정번품 DTY 를 생산함으로써 기술축적 및 부가가치 창출에 많은 어려움을 가지고 있다. 텍스처링 공정조건에 따른 DTY의 물성은 pin^{3,4)}, disk⁵⁾, belt⁶⁾ 등의 가연기구에 따라서 조금씩 달라진다. 특히, 일본 Murata 에서 상용화를 한 벨트가연기는 국내 중소기업에서 90% 이상의 기업이 사용하고 있으나 공정인자 변화에 대한 DTY의 물성에 관

한 연구는 많이 발표가 되지 않고 있다. 더구나 현장의 기업에서 참고가 될 수 있는 여러 가지의 공정인자를 현장기계에서 바꾸어 주면서 絲의 물성변화를 연구한 결과는 거의 없는 실정이다. J.W.S.Hearle³⁾과 Demir⁶⁾은 연신비, 벨트교차각 히터온도 그리고 오버피드의 변화에 따른 DTY의 물성변화를 보고하였다. 연신율이 증가하면 절단강도와 초기탄성계수는 증가하며 절단신도는 감소하는 결과를 false twist 전후의 絲 장력과 관련시켜 설명하였다. 그리고 연신율 증가와 함께 염착도와 수축률은 감소하며 이를 결정화도 등의 絲 내부구조 변화로 설명하고 있다. 그리고 Lubos⁷⁾는 벨트교차각이 증가할수록 절단강도는 증가하며 수축률은 감소하며 낮은 연신비하에서는 벨트교차각이 증가하면 절단강도는 오히려 감소한다고 보고하였다. 그러나 히터온도의 증가는 염착량이 감소한다

¹Corresponding author. Tel. : +82-53-810-3890; Fax. : +82-53-812-5702 ; e-mail : 1969lms@hanmail.net

는 보고⁵⁾와 증가한다는 두 가지의 상반된 결과⁶⁾도 보이고 있다. 그리고 오버피드가 증가하면 DTY의 수축률, 절단강도 그리고 초기탄성률은 감소하며 절단신도는 증가⁷⁾한다고 보고되고 있다. 그러나 이들 연구 결과는 시료로 사용된 絲 자체가 현재 국내에서 많이 사용되고 있는 POY가 아니며 더구나 실험실의 pilot 기계에서 시료를 준비하여 실험된 결과이기 때문에 국내 현업에서 참고하여 적용하기는 많은 문제점이 있다. 그리고 이들 결과도 연구자에 따라 일부의 결과가 상반된 결과를 보이기도 한다.

따라서 본 연구에서는 국내 가연공장에서 많이 사용하고 있는 Muratec 33H(日本) 가연기에서 현장에서 많이 사용되고 있는 POY 시료를 사용하여 가연공정특성에 따른 DTY 물성을 조사하여 부가가치 직물에 응용이 가능한 가연사 제조의 최적조건 결정에 도움이 되는 물성 결과의 data-base화를 함으로써 중소기업의 제품개발에 도움을 주는 것을 연구목적으로 한다.

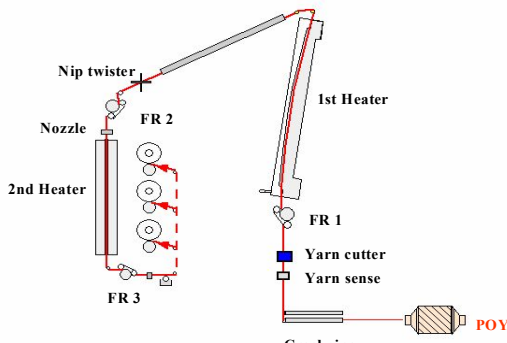


Fig. 1. Schematic diagram of false twist M/C.

2. 시 료

2.1 소재 원사 물성(PET 250d/48f)

가연사 시료 준비에 사용된 원사 물성은 Table 1에 보인다. 이들 원사를 사용하여 Fig. 1에 보이는 가연기를 사용하여 시료를 준비하였다.

Table 1. Physical properties of polyester filaments(POY)

Denier	Tenacity (gf/den.)	Breaking strain(%)	OPU	U(%)
253	2.65	125	0.40	0.25

2.2 가연기 공정조건

시료 제조를 위한 가연공정조건은 사속, 오버피드 그리고 가연기의 벨트 교차각은 고정시켰으며 DTY의 물성에 가장 큰 영향을 주는 히터온도, 연신비 그리고 사속비 등을 변화시켜 시료를 준비하였다.

- 고정 공정조건 : Yarn speed : 500m/min
1st over feed : 2.11%
2nd over feed : 3.50%
Belt cross angle : 115°
- 변화 공정조건 : 1st heater temperature(HT) : 160℃, 180℃, 200℃, 220℃
Draw ratio(DR) : 1.6, 1.7, 1.8, 1.9
Velocity ratio(VR) : 1.5, 1.6, 1.7, 1.8

2.3 가연사 물성 측정

공정조건에 따라 제조된 가연사는 다음 Table 2 조건으로 그 물성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 텍스처링 공정조건에 따른 섬도 변화

Fig. 2는 VR, 1st heater 온도, 연신비에 따른 絲 섬도 변화를 보인 것이다. Fig. 2에서 섬도는 roller의 회전속도 차에 의해 강제적으로 주어지는 연신비 증가와 함께 감소하는 현상을 보인다. 그러나 온도와 VR에는 영향이 없다. 이는 DTY의 섬도변화는 연신비에만 영향을 받는다는 여러 연구결과^{1)~7)}와 일치하는 결과를 보인다.

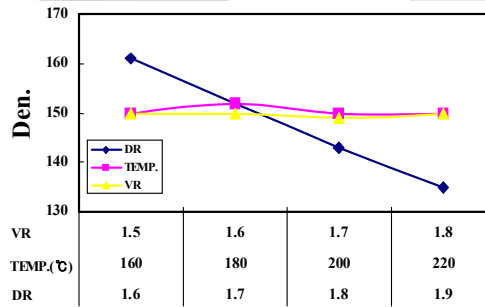


Fig. 2. Denier of yarn according to VR, HT and DR.

3.2 텍스처링 공정조건에 따른 강도 변화

Fig. 3은 연신비와 속도비에 따른 히터온도별 絲 강도 변화를 보인 것이다. Fig. 3의 (a)에서 연

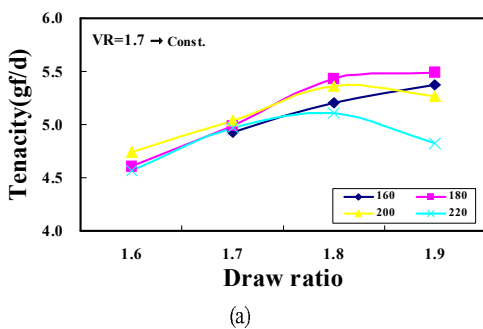
Table 2. Measurement of physical properties

물성항목	측정방법	비고
섬도	KSK 0416	
역학특성	KSK 0901	Testometric MICRO 350 Texst speed : 100mm/min Sample length : 100mm
열수축률	KSK 0215	Dry-Heat chamber (180℃, 30min) Wet-Heat chamber (100℃, 30min)
열적특성	열응력 (Kenebo Engineering LTD.) DSC (Differential Scanning Calorimeter)	열응력 Sample length : 50mm 승온속도 2.3℃/sec DSC Sample weight : 5mg 승온속도 : 10℃/min

신비의 증가에 따라 강도는 증가하나 연신비 1.8에서 peak를 보이다가 감소하는 경향을 보이며 특히 연신비 1.8과 1.9에서는 히터온도가 200℃ 이상일 경우 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 POY의 연신에 의해 결정과 비결정 영역의 배향으로 인해 강도가 증가하나 높은 온도에서 과다하게 연신을 부여하면 미세구조의 분자쇄 절단과 filament의 절단이 발생되어 강도가 감소하는 것에 기인된다. 히터온도 증가에 따라 강도는 연신비 1.7이하에서는 히터온도의 영향이 거의 보이지 않으나 연신비 1.8 이상에서는 히터온도 증가와 함께 증가하다가 감소하는 경향을 보이며 연신비 1.9에서는 급격히 감소하는 경향을 보이고 있다. Fig. 3(b)에서 보듯이 속도비는 DTY의 강도에는 영향을 미치지 못함을 볼 수 있다.

3.3 텍스처링 공정조건에 따른 신도 변화

Fig. 4는 연신비와 속도비에 따른 히터온도별



絲의 절단신도 변화를 보인 것이다. Fig. 4의 (a)에서 연신비의 증가에 따라 신도는 감소하는 경향을 보이고, 히터온도의 증가에 따라서도 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 연신비가 증가함에 따라 결정 및 비결정의 배향성이 증가하여 엔트로피가 높은 상태가 되고 내부 분자쇄가 무질서 상태로 돌아가려 함이 발생되기 때문에 신도가 감소하는 현상을 보인다. 한편 히터온도가 증가할수록 섬유 내부의 결정영역이 형성되면서 비결정영역은 감소하게 되고 또한 비결정영역의 무질서한 상태도 증가하게 되어 220℃와 같이 높은 온도에서 절단신도는 특히 낮은 값을 보이고 있다. Fig. 4(b)에서 보듯이 속도비의 변화는 역시 DTY의 절단신도에 영향을 미치지 못함을 볼 수 있다.

3.4 텍스처링 공정조건에 따른 습·건열수축률 변화

Fig. 5는 연신비와 속도비에 따른 히터온도별

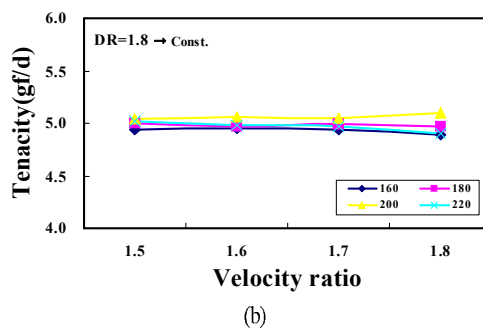


Fig. 3. Tenacity of yarn according to VR, HT and DR.

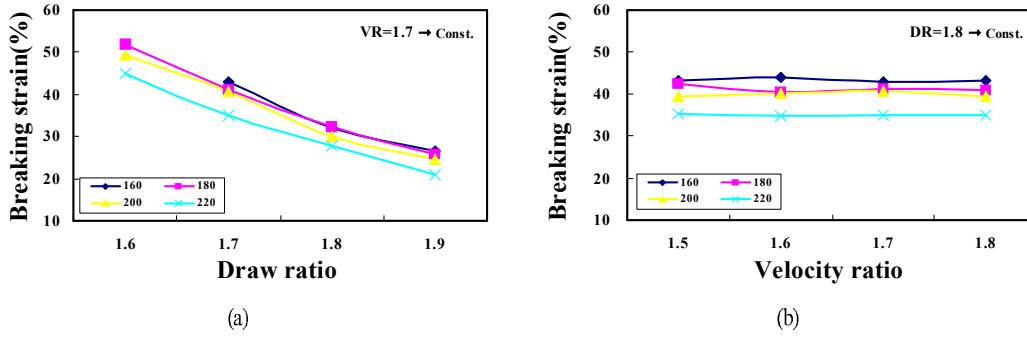


Fig. 4. Breaking strain of yarn according to VR, HT and DR.

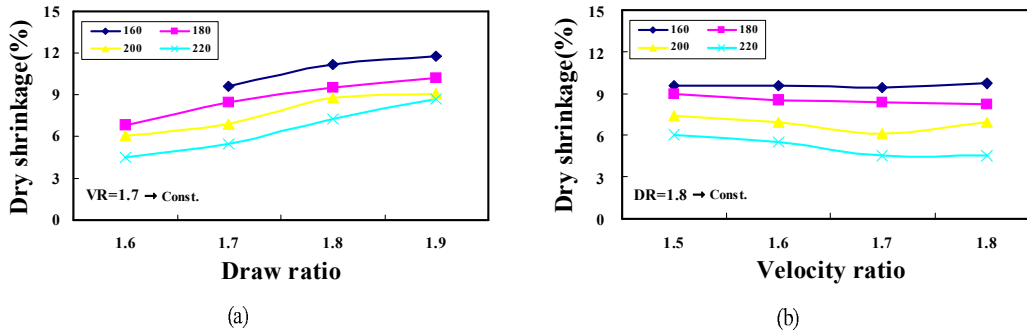


Fig. 5. Dry shrinkage of yarn according to VR, HT and DR.

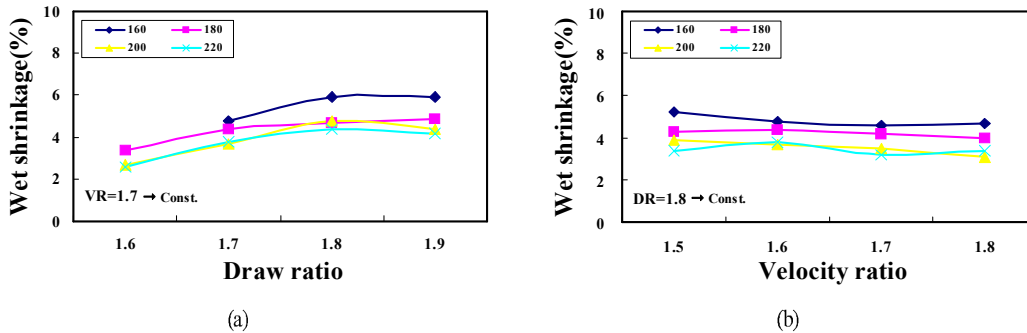


Fig. 6. Wet shrinkage of yarn according to VR, HT and DR.

絲의 건열수축률 변화를 보인 것이다. Fig. 5(a)에서 연신비의 증가에 따라 건열수축률은 증가하는 경향을 보이고 히터온도의 증가에 따라서는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이 결과는 J.W.S. Hearle⁹⁾의 결과와는 상반되는 결과를 보인다. 그는 연신비가 증가될 때 분자내의 비결정영역이 결정영역으로 바뀌면서 수축률이 감소한다고 보고하였다. 그러나 히터온도가 증가하면 絲의 크립프

contraction이 증가하면서 열수축률은 증가하는 것으로 보여진다. 히터온도 증가에 따라서는 비결정영역이 감소하면서 비결정영역의 배향도도 동시에 감소하여 분자쇄의 움직임이 에너지가 더 안정한 상태로 되어 열수축률이 감소하는 것으로 사료된다. Fig. 5(b)에서 보듯이 속도비는 건열수축률에 큰 영향을 미치지 못한다.

Fig. 6은 연신비와 속도비에 따른 히터온도별

습열수축률 변화를 보인 것이다. 연신비와 속도비의 증가와 히터온도 증가에 따라 습열수축률은 건열수축률과 같은 경향을 보인다.

3.5 텍스처링 공정조건에 따른 열적 특성 변화

특히 가연사의 수축특성은 염·가공공정에서 습·건열을 받을 때 직물의 수축특성에 영향을 미치게 되고 따라서 수축력과 수축률이 작은 값을 가질수록 직물의 볼륨감은 더 좋게 된다. 따라서 연신비와 히터 열처리 온도에 따른 열응력을 측정하였다. Fig. 7은 1st heater 온도 200℃에서 연신비에 따른 Thermal Stress Graph를 보이고 있다 여기서 DR 1.9, 1.8에서와는 달리 DR 1.7에서는 160℃ 부근에서 2차 변곡점을 보이고 있다. 이는 외부에서 주어지는 온도가 160℃까지는 매우 안정적인 형태를 보이고 있다는 특성을 나타내고 있다. 즉 제직후 염색·가공에서 DR 1.9, 1.8과는 달리 DR 1.7에서는 열수축이 매우 안정적인 경향을 보일 것으로 예상된다.

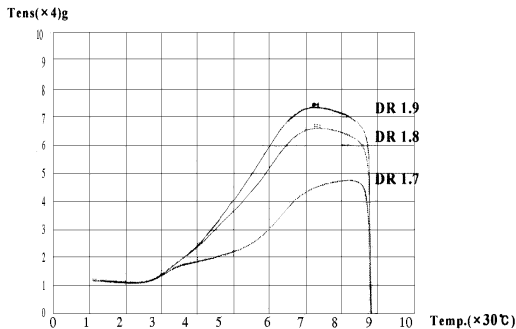


Fig. 7. Thermal stress graph of yarn according to DR on heater temperature of 200℃.

Fig. 8은 연신비 1.8에서 온도에 따른 Thermal Stress Graph를 보이고 있다. 여기서 히터온도 180, 200℃와는 달리 220℃ 처리한 시료에서 열응력 시험기에서의 온도 180℃ 부근에서 2차 변곡점이 보이고 있다. 즉 히터 열처리온도 220℃에서 가연된 시료가 Fig. 3과 4의 결과에서도 볼 수 있듯이 습·건열수축률도 작고 Fig. 8에서 보듯이 열응력도 낮은 값을 보인다는 것은 직물 염·가공공정에서의 열처리 온도가 180℃일 때 특히 열응력이 낮아지는 결과(Fig. 8의 변곡점)를 보임으로서 더욱 볼륨감이 있는 직물 촉감을 가질 수 있다는 것을 보여준다.

Fig. 9는 연신비 1.8에서 온도에 따른 DSC

thermogram을 보이고 있다. 결정역역 peak가 히터처리 온도 180℃ 가연사에서 강하게 보이고 있다 그러나 히터온도가 200℃에서 220℃로 증가함에 따라 히터처리 온도가 결정 부분 용해 및 용접에 가까워짐에 따른 비결정 분자쇄의 folding에 따라 감소하는 경향을 보이고 있다.

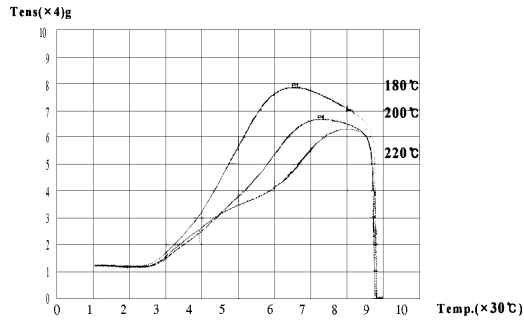


Fig. 8. Thermal stress graph of yarn according to temp. on draw ratio of DR 1.8.

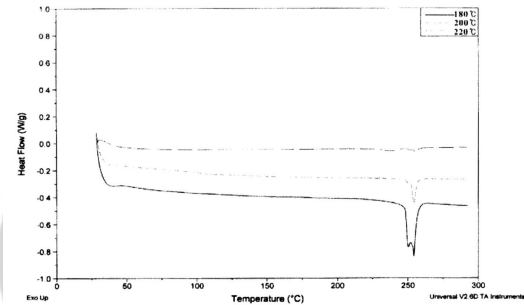


Fig. 9. DSC graph of yarn according to temp. of processing condition at DR 1.8.

4. 결 론

Murata 벨트가연기에서 연신비, 히터온도, 속도비 등의 가연공정인자 변화에 따른 DTY의 물성변화를 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DTY의 섬도는 연신비 증가에 따라 감소하고 히터온도와 속도비는 영향을 주지 않는다.
2. DTY의 강도는 연신비 증가와 함께 증가하나 고연신비에 속하는 1.9의 연신비에서는 200℃ 이상의 높은 히터온도 처리 조건에서는 강도는 약간 감소한다. 그리고 히터온도에 대한 영향은 연신비 1.8과 1.9에서 히터온도가 증가할 때 절단강도는 증가하다가 200℃이상에서 감소하는 현상을 보인다. 속도비 증가는

절단강도에 큰 영향을 미치지 못한다.

3. DTY 절단신도는 연신비 히터온도 증가와 함께 모두 감소한다. 그리고 속도비는 큰 영향을 미치지 않는다.
4. DTY의 습·건열수축률은 연신비 증가와 함께 증가하며 히터온도의 증가에 따라 감소하는 현상을 보인다. 또한 염·가공공정에서의 직물수축에 영향을 미치고 열응력은 연신비 1.7과 히터온도 220℃에서 처리한 DTY의 2차 열응력 전이점이 나타나므로서 더욱 촉감이 좋은 직물 가공이 될 수 있는 조건으로 보여진다. 그리고 속도비는 습·건열수축률에 큰 영향을 미치지 않는다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 김승진 “사가공 공정기술”, RRC 기술자료, 8(1996).
2. 김승진 “복합사 제조공정기술”, RRC 기술자료, 9(1997).
3. 김승진 “폴리에스테르와 나일론 加工絲의 물성과 제조기술(I)”, RRC 기술자료, 9(1998).
4. 김승진 “폴리에스테르와 나일론 加工絲의 물성과 제조기술(II)”, RRC 기술자료, 9(1998).
5. J.W.S.Hearle, L.Hollick and D.K.Wilson, “Yarn texturing technology”, Woodhead Publishing Ltd., 2001.
6. Ali Demir and Hassan Mohamed Behery, “Synthetic Filament Yarn : Texturing Technology”, Prentice Hall, 1997.
7. Lubos Hes and Petr Ursing, “Yarn Texturing Technology”, Eurotex, 1994.

K C I