

분산염료에 의한 폴리에스터 Bulky Yarn의 염색거동

The Dyeing Behavior of PET Bulky Yarn with Disperse Dyes

*Corresponding author

Bum Hoon Lee
(bhlee@shinhan.ac.kr)

이범훈*

신한대학교 섬유소재공학과

Bum Hoon Lee*

Department of Textile Materials Engineering, Shinhan University, Uijeongbu, Korea

Received_November 16, 2017
Revised_December 13, 2017
Accepted_May 21, 2018

Textile Coloration and Finishing

TCF 30-2/2018-6/70-76

©2018 The Korean Society of
Dyers and Finishers

Abstract The dyeing behaviors of poly(ethylene terephthalate)(PET) bulky yarns, DTY(draw textured yarn) and SSY(latent crimped yarn), were investigated with different energy type disperse dyes compared with those of SDY(spin draw yarn). The maximum exhaustions of E-type disperse Red 60, Blue 56 and Yellow 54 on SSY were 99%, 94% and 93%, respectively. The maximum exhaustions of S-type disperse Red 179, Blue 79 and Orange 30 on SSY were 96%, 97% and 97%, respectively. The K/S values of SSY were significantly higher than those of DTY and SDY in all energy type of disperse dyes. The knit fabric composed of SSY became bulky at the end of high temperature dyeing process because of their thermal shrinkage property due to melt viscosity difference.

Keywords *bi-component fiber, latent crimped fiber, textured yarn, dyeability, bulkiness, shrinkage*

1. 서 론

스포츠 및 레저 산업의 확대에 따라 의류산업에서 천연섬유에 비하여 취급이 용이하고 가벼운 화학섬유의 수요가 확대되고 있다. 특히 상대적으로 가격이 저렴하고 원사개질과 사가공을 통하여 기능성을 추가하기 용이한 폴리에스터 원사에 대한 소비가 증가하고 있다. 그 중에서 폴리에스터 원사의 볼륨감과 촉감을 개선하기 위하여 원사 상태에서 극세사, 복합사, 이형단면사 등에 대한 연구가 지속되고 있으며 ITY(interlace yarn), DTY(draw textured yarn), ATY(air textured yarn) 등 각종 사가공 공정¹⁾을 통하여 볼륨감과 촉감을 개선하기 위한 많은 연구가 상업화되어 적용되고 있다.

최근에는 물리적으로 볼륨감을 구현한 원사에 비하여 염색/가공 공정에서 자연스러운 볼륨감과 신축성 및 촉감이 구현되는 잠재권축사에 대한 수요가 확대되고

있기 때문에 잠재권축사의 방사 및 연신공정에 따른 물성변화에 대한 많은 연구²⁻⁶⁾가 진행되고 있다. 특히 중동지역의 차도르, 아바야 등 여성 포멀 블랙원단으로 확대 적용됨에 따라 앞으로 그 수요는 지속적으로 증가⁷⁾할 것으로 예상되기 때문에 기존에 진행된 up stream의 연구에서 보다 down stream인 염색 및 가공 부분에 대한 연구로 확대될 필요가 있다.

잠재권축사는 수축 특성이 다른 두 성분의 합성수지를 side-by-side형태나 sheath/core 형태로 복합 방사한 후 열처리를 통하여 수축율 차이에 의한 자연스러운 크림프를 발생시켜 특유의 외관 물성⁸⁾을 발현하고 있다. 이러한 잠재권축사의 상업화는 1980년대 Unittika에서 점도차이가 나는 PET/co-PET 수지를 개발하면서 시작되었으나 스판텍스 원사에 미치지 못하는 탄성으로 관심을 받지 못하였다. 그러나 염색 및 가공 공정에서 스판텍스 원사의 단점이 지속적으로 발견됨에 따라 이를 극복하기 위하여 PET와 PTT(poly (tri-

ethylene terephthalate))를 side-by-side 방식으로 복합방사한 듀폰의 T-400이 출시⁹⁾되어 현재까지 독자적인 시장을 형성하게 되었다.

최근까지 잠재권축사에 대한 연구는 주로 두 성분의 조합과 방사조건에 따른 수축특성에 대한 연구가 대부분이었고 상대적으로 염색 특성에 대한 연구는 미진했다. 그 이유는 대부분의 잠재권축사가 단독으로 사용되기 보다는 다른 섬유와 복합하여 적용되기 때문에 전반적으로 폴리에스터가 갖는 염색 특성과 유사하다고 판단하고 있기 때문이다. 그러나 PET/PTT계 잠재권축사 상업화 제품이나 혼합비를 변경한 연구¹⁰⁻¹²⁾에 의하면 염색 온도, 시간 뿐만 아니라 사용하는 분산염료의 에너지 레벨에 따라 상이한 특성이 나타나는 것으로 보고되었으나 PET/co-PET계 잠재권축사에 대한 염색 특성은 거의 보고되지 않고 있다. IV 차이에 의하여 수축특성이 서로 다른 PET의 경우 배향도 및 결정화도가 상이하여 염색 거동이 차이가 예상되므로 다양한 응용범위가 확대되고 특히 블랙 제품에 대한 요구가 증가하는 시장 환경에서 고급제품을 제조하기 위해서는 잠재권축사에 대한 분산염료의 염색 특성을 확인할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 PET/co-PET계 잠재권축사(SSY)의 염색 특성을 물리적으로 볼륨감을 갖는 DTY와 복합사의 주 소재로 사용되는 SDY와 비교하여 분석함으로써 의류 제품 설계에 활용할 수 있는 기초 정보

를 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

시료는 국내 H사의 draw textured yarn(DTY, 75/36), spin draw yarn(SDY, 75/36) 및 PET와 NPG(nepentyl glycol)로 side-by-side 복합 방사된 잠재권축사(SSY, 100/24)를 사용하였고 기본 물성은 Table 1에 나타내었다. 각 원사는 실험실용 튜브닝기(25게이지)에서 싱글 조직으로 각각 제조하여 사용하였다.

실험에 사용한 분산염료는 균염성이 우수하여 담색에 주로 적용하는 승화에너지에 낮은 E-type과 균염성은 다소 미약하나 승화에너지가 높아 주로 농색에 적용하는 S-type을 사용하여 에너지 타입이 다른 분산염료의 염색성을 확인하였다. 사용한 염료는 정제없이 시판염료를 그대로 사용하였으며 Table 2에 나타내었다. 기타 acetic acid, sodium hydroxide, sodium hydrosulfite 등은 1급 시약을 사용하였다.

2.2 염색

염료의 농도를 2%owf로 고정하고 40℃부터 2.0℃/min의 속도로 130℃까지 승온시키고 130℃에

Table 1. Properties of yarns

Sample	Yarn count (denier)	Tenacity (g/denier)	Strain (%)	Intrinsic viscosity (dL/g)
SDY(75/36)	74.7	4.79	33.7	0.64
DTY(75/36)	72.6	5.1	22.9	0.64
SSY(100/24)	101.2	3.25	20.6	0.55/0.77

Table 2. List of disperse dyes

Sample	Commercial name	C.I. No.
E type	Suncron Red FB 200%	C.I. Disperse Red 60(DR-60)
	Suncron Blue FBL	C.I. Disperse Blue 56(DB-56)
	Suncron Yellow 3GE 200%	C.I. Disperse Yellow 54(DY-54)
S type	Suncron Rubbine 2GFL 150%	C.I. Disperse Red 167(DR-167)
	Suncron Navy Blue 2GLS 220%	C.I. Disperse Blue 79(DB-79)
	Suncron Y/Brown S-2RFL 150%	C.I. Disperse Orange 30(DO-30)

서 40분간 유지하면서 5분 간격으로 Dye-O-meter (ATI Unicam UV/VIS Spectrometer)를 사용하여 실시간으로 염욕을 측정하여 DTY, SDY 및 SSY 시료에 대하여 염료의 반염색시간(half-dyeing time) 및 최대흡진율(max. exhaustion)을 확인하였다.

겉보기 염착 특성을 확인하기 위하여 다음과 같이 IR 염색기(DL-6000, DAEKIM STARLET CO., LTD, Korea)를 사용하여 step-dyeing을 실시하였다. 염료의 농도를 2%owf, 액비 1:10으로 고정하고 40℃부터 2.0℃/min의 속도로 90℃까지 승온시킨 후 1.5℃/min의 속도로 130℃까지 승온시키고 130℃에서 40분간 유지하고 이후 냉각 하였다. 분산염료의 염착이 실제 이루어지는 90℃이후부터 10분 간격으로 피염물을 꺼내어 측색기(X-rite, Premier 8200, Korea)를 사용하여 K/S값을 측정하였다.

빌드업 특성은 step-dyeing과 같은 염색조건으로 염료의 농도를 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0%owf로 증가시켜 염색하였고, 80℃에서 20분간 sodium hydroxide 1g/L, sodium hydrosulfite 1g/L로 환원 세정하여 수세 건조한 후 측색기를 사용하여 K/S값을 측정하여 비교하였다.

2.3 수축특성

수축성이 상이한 DTY, SDY 및 SSY 원사를 염색과정 중 수축상태를 확인하기 위하여 염색과정 중 40℃부터 130℃까지 10℃ 간격으로 피염물을 꺼내어 수세 건조한 후 실온에서 장력 없이 자연스러운 상태에서 코스방향과 웨일방향의 길이를 측정하였다. 염색전의 길이를 L_i , 특정 시간에서의 길이를 L_t 로 하여 코스방향과 웨일방향의 수축율을 아래의 식(1)을 이용하여 계산하였으며, 전체 수축율은 코스방향의 수축과 웨일방향의 수축을 평균하였다. 또한 상온, 염색이 진행되고 있는 90℃ 및 130℃에서 염색이 완료된 시료의 표면을 전자현미경(Hitach, S-3000N/EMAX, Japan)을 통하여 확인하였다.

$$\text{Shrinkage} = \frac{L_i - L_t}{L_i} \times 100(\%) \quad \dots\dots\dots (1)$$

where,

L_i : Length of knit fabric before dyeing

L_t : Length of knit fabric at dyeing time t

3. 결과 및 고찰

3.1 염색성

DTY, SDY 및 SSY 시료에 대하여 염료의 반염색시간 및 최대흡진율을 확인한 결과를 Figure 1에 나타내었다.

본 연구에서 수행한 폴리에스터 DTY, SDY 및 SSY에 대한 염료의 최대 흡진율 및 반염색시간을 비교한 결과 E-type인 DR-60에서는 DTY가 93%, SDY가 98%, SSY가 99%로 나타났으며 DB-56에서는 DTY가 92%, SDY가 93%, SSY가 94%로, DY-54에서는 DTY가 95%, SDY가 92%, SSY가 93%로 DR-60에서만 DTY에 비하여 SDY와 SSY가 높은 흡진율 차이를 보이고 있으며 DB-56 및 DY-54에서는 유사한 최대흡진율을 나타내었다.

그러나 반염색시간에서는 DR-60이 36분으로 동일하였으나 DB-56에서는 DTY에 비하여 SDY와 SSY가 5분 정도 빨랐으며 DY-54에서는 DTY, SDY에 비하여 SSY가 5분정도 빠른 것을 확인할 수 있었다. E-type의 염료에서는 전반적으로 SSY가 DTY 및 SDY에 비하여 흡진율이 높고 반염색시간도 다소 빠른 것으로 확인되었다. 이러한 현상은 S-type의 염료에서도 다음과 같이 유사하게 관찰되었으며 DR-179에서는 DTY가 92%, SDY가 95%, SSY가 96%로 나타났으며 DB-79에서는 DTY가 91%, SDY가 95%, SSY가 97%로, DO-30에서는 DTY가 86%, SDY가 94%, SSY가 97%로 나타났으며 반염색시간도 SSY가 타 섬유에 비하여 5분정도 빠른 것으로 확인되었다. 이러한 현상은 E-type에 비하여 S-type의 염료군에서 더 큰 차이를 보이고 있었다. 이는 상대적으로 연신비와 속도가 느리게 제조되는 SSY의 특성상 결정화도와 배향도가 DTY 및 SDY에 떨어져서 나타나는 현상이라고 판단된다. SSY의 경우 염료의 에너지 레벨에 관계없이 97% 이상의 높은 흡진율을 보이고 있으며 5분정도 빠른 반염색시간을 갖게 되므로 염색공정에서 불균염이 발생할 가능성이 높으므로 염색속도를 낮추고, 충분한 레벨링 시간을 필요로 하는 것으로 판단된다.

염색과정 중 겉보기 염착특성을 확인하기 위하여 90℃이후부터 10분 간격으로 피염물을 꺼내어 측색기를 사용하여 K/S값을 측정하였고, 그 결과를 Figure 2에 나타내었다.

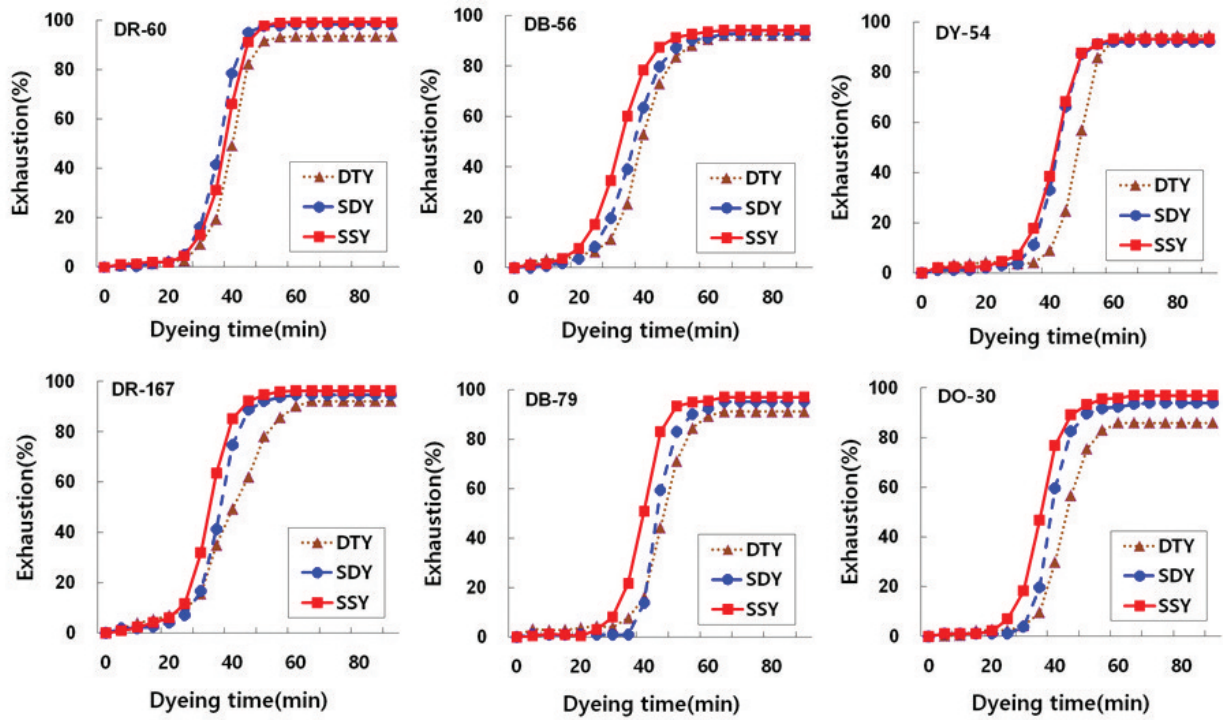


Figure 1. Exhaustion curves of different energy type disperse dyes on DTY, SDY and SSY.

E-type과 S-type의 염료 모두 DTY와 SDY의 경우 90℃ 이후 40분이 지난 120℃부터 급격한 상승을 나타내고 있었으며 평형상태에서의 K/S의 차이는 크게 나지 않는 것으로 확인되었으나 SSY의 K/S값은 상

대적으로 유의차가 높은 것이 확인되었으며 급격한 염착도 상대적으로 10℃정도 낮은 110℃부터 진행되는 것을 확인할 수 있었다.

동일한 원사는 아니지만 PET/PTT를 side-by-

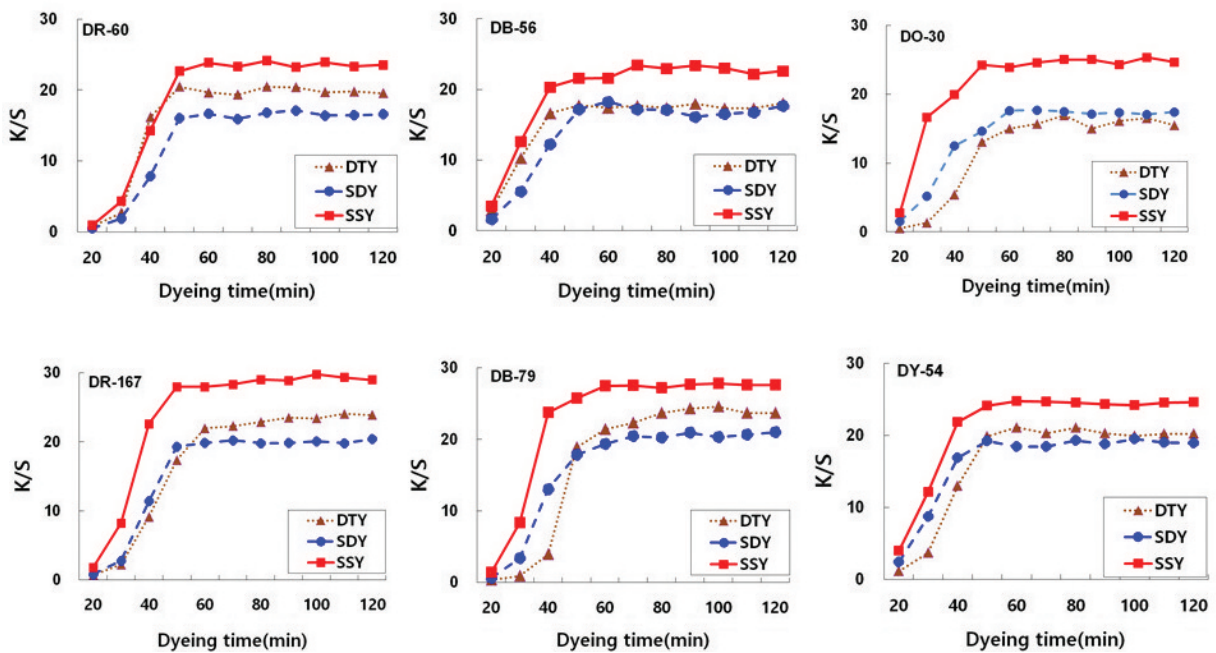


Figure 2. Dyeing profiles of different energy type disperse dyes on DTY, SDY and SSY.

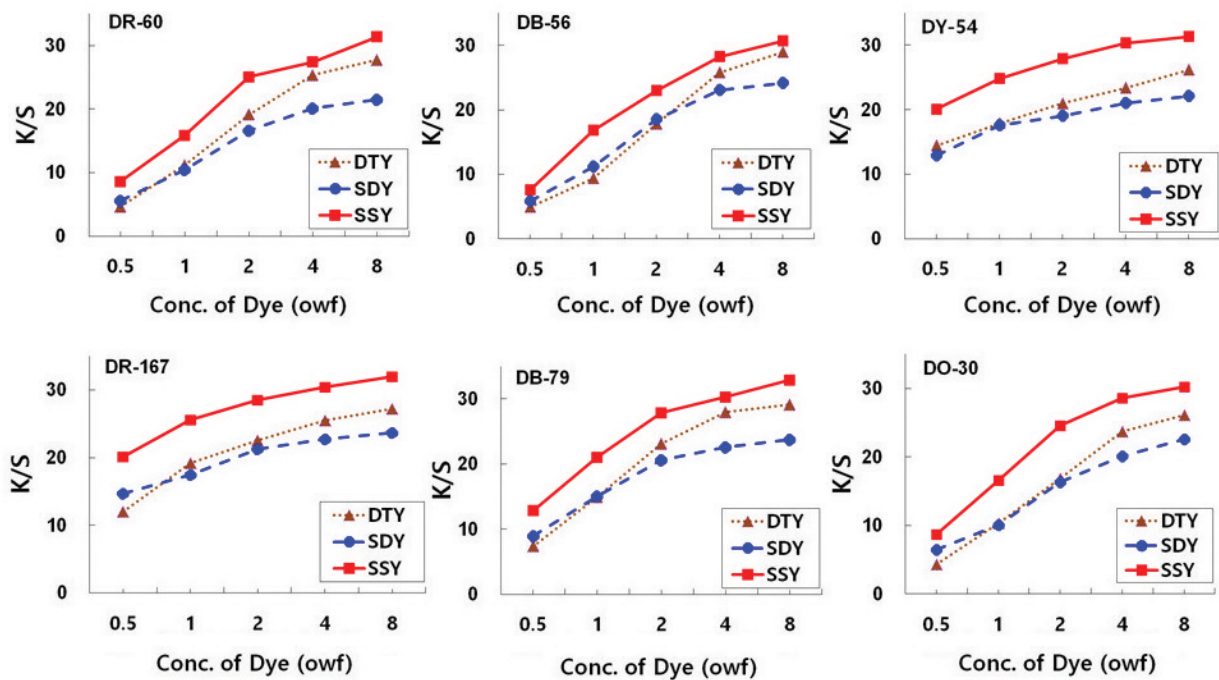


Figure 3. Build up properties of different energy type disperse dyes on DTY, SDY and SSY.

side로 복합방사하여 분산염료에 의한 염색특성을 실험한 결과 일반 PET에 비하여 PET/PTT계 잠재권축사의 K/S값이 높게 확인된 M. Klančnik 등¹²⁾의 연구결과와 유사한 현상이 확인되었다. PET/PTT의 혼합비에 따른 크립프 특성을 연구한 Xiao 등⁶⁾의 결정화도와 크립프 특성을 연구한 결과에서도 PTT의 함량이 증가할수록 크립프 특성은 증가하나 결정화도가 감소하는 특성이 발견되었고 Oh⁵⁾의 PET/co-PET side-by-side 복합방사를 통한 잠재권축사의 방사 및 연신 연구결과에 따르면 잠재권축사의 결정영역의 volume fraction이 같은 조건으로 실험한 일반적인 PET에 비하여 10%정도 낮은 것으로 확인된 것으로 보아 본 연구에서 사용한 SSY의 결정영역이 DTY나 SDY에 비하여 상대적으로 결정화도가 낮아 발생한 것으로 판단된다.

Figure 3은 염료의 농도를 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0%owf로 증가시켜 염색하고 환원 세정한 피염물의 K/S값을 측정하여 확인한 DTY, SDY 및 SSY에 대한 빌드업성 결과이다. Step-dyeing에서 나타난 결과와 유사하게 SSY의 경우 DTY 및 SDY에 비하여 상대적으로 높은 K/S값을 가지는 것을 확인할 수 있었으며 SDY에 비하여 DTY의 경우 염료의 농도가 증가함에 따라 K/S값이 증가하는 기울기가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 동일한 염색물의 경우에도 필라멘트의

별키성에 따라서 색차^{13,14)}가 발생할 수 있다는 연구결과를 감안하더라도 SSY의 경우 DTY 및 SDY에 비하여 절대적으로 높은 K/S값을 가지는 것으로 확인되었으며 이 결과 역시 전술한 바와 같이 결정영역이 상대적으로 낮기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 수축 특성

Figure 4는 염색 공정 중 온도에 따른 수축율의 변화를 확인한 것이다. SDY의 경우 염색 초기에서 확인할 수 있는 바와 같이 염색 온도가 증가함에 따라 수축 현상이 크게 발생하지 않는 것으로 확인되었다. DTY의 경우 90~100°C구간에서 수축율 증가가 확인되었으며 SSY의 경우 100~110°C이후 수축율이 크게 증가하는 것으로 확인되었다. 전반적으로 코스 방향에 비하여 웨일방향의 수축이 심한 것으로 나타났다.

Table 3에는 코스방향과 웨일방향의 수축율을 평균한 평균 수축율을 나타낸 것이다. 동일한 편환밀도로 편직된 경우에도 원사의 물리적 특성상 별키성을 가지고 있는 DTY의 경우 20% 내외의 수축을 보였으며 SDY의 경우 염색 초기에는 수축율이 음의 값을 보일 정도로 형태가 불안정하였고 염색이 진행되는 과정에서 10%의 내외의 수축이 발생하였다. SSY의 경우 염색공정 초기인 90°C까지는 크게 수축이 발생하지 않음

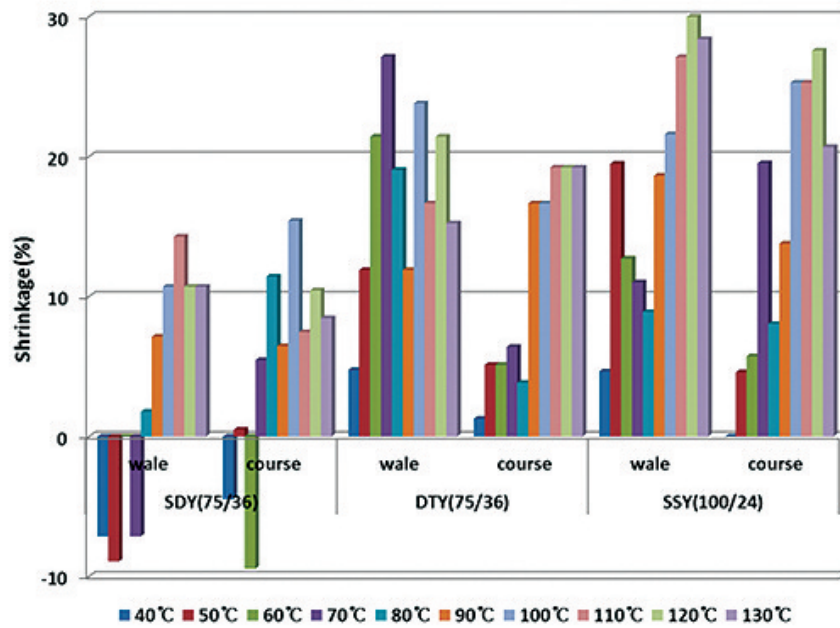


Figure 4. Shrinkage difference as a function of temperature.

나 염색이 끝난 후 25%이상 수축되는 현상이 발생하여 볼륨감과 촉감이 DTY와 유사하게 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

볼륨성이 상이한 폴리에스터 draw textured yarn (DTY, 75/36), spin draw yarn(SDY, 75/36) 및 잠재권축사(SSY, 100/24)의 염색특성을 에너지 타입이 다른 분산염료 6종을 사용하여 실시간 흡진율과 염착율을 확인하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

에너지 타입에 상관없이 SSY가 DTY나 SDY에 비하여 염료가 빠르게 흡진되는 것으로 확인되었으며 E-type의 경우는 최고 흡진율이 93~99%로 색상별 편차가 있었으나 S-type의 경우 96~97%로 염료의 색상에 상관없이 비교적 균일하게 나타났다. 또한 step-dyeing 및 빌드업 특성을 통하여 표면염색농도인 K/S

값이 DTY나 SDY에 비하여 1.5배정도 유의한 수준으로 높은 것으로 확인되어 SSY의 염색에는 S-type의 염료가 적합한 것으로 나타났다.

염색공정 중 DTY, SDY의 경우 10%내외 수축이 발생하는 것을 제외하고 볼륨이나 촉감의 변화가 거의 없었으나 SSY는 25% 내외로 수축하여 초기 SDY와 유사했던 볼륨과 촉감이 DTY와 유사하게 변하는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 논문은 2018년도 신한대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

References

1. KTDI, The Technology of Yarn Finishing Process,

Table 3. Average shrinkage(%) of SDY, DTY and SSY on dyeing process

Temp.(°C)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
SDY	-5.8	-4.2	-4.7	-0.8	6.6	6.8	13.1	10.9	10.6	9.6
DTY	3.0	8.5	13.3	16.8	11.4	14.3	20.2	17.9	20.3	17.2
SSY	2.3	12.0	9.2	15.3	8.5	16.2	23.4	26.2	28.8	24.5

- Korea Textile Development Insitute, Daegu, 2007.
2. M. S. Park, The Mechanical Properties of New Worsted Wool-like Fabrics Using Latent Yarns, *Textile Coloration and Finishing*, **23**(4), 233(2011).
 3. B. H. Kang, M. H. Kim, and W. H. Park, Preparation and Characterization of New Hand Value Wool-like PET Yarn with Excellent Volume and Stretchability by Differently Shrinkable Mixed Process, *Textile Science and Engineering*, **53**, 1(2016).
 4. M. S. Park, The Physical Properties of Super Bulky Yarn According to Textured Condition, *J. Kor. Soc. Cloth. Ind.*, **12**(4), 500(2010).
 5. T. H. Oh, Melt Spinning and Drawing Process of PET Side-by-Side Bicomponent Fibers, *J. App. Polym. Sci.*, **101**(3), 1362(2005).
 6. H. Xiao, M. Shi, L. Liu, and G. Dai, The Crystallinity and Orientation Structure and Crimp Properties of PET/PTT Bicomponent Filament, *Adv. Mat. Res.*, **627**, 110(2012).
 7. <http://pdf.itnk.co.kr/1085/108503.pdf>, 2017.9.27.
 8. S. P. Rwei, Y. T. Lin, and Y. Y. Su, Study of Self-Crimp Polyester Fibers, *Polym. Eng. Sci.*, **45**, 838(2005).
 9. KTDI, The Development of Latent Crimped Fibers, Korea Textile Development Insitute, Daegu, 2012.
 10. Z. Yang and F. Wang, Dyeing and Finishing Performance of Different PTT/PET Bi-component Filament Fabrics, *Indian J. of Fiber and Textile Research*, **41**, 411 (2016).
 11. M. D. Těli, R. D. Kale, and L. Bhatt, Low Temperature Dyeing of PET/PTT Blend Fibers, *Adv. Appl. Sci. Res.*, **7**(3), 13(2016).
 12. M. Klancnik, Dyeability of New Polyester, *Color. Technol.*, **122**, 334(2006).
 13. A. B. Talele, M. V. S. Rao, and R. S. Gandhi, Dye Non-Uniformity in Textured Yarn Fabrics, *Indian J. of Textile Research*, **13**, 128(1988).
 14. M. A. Tehran, B. Azimi, and M. R. M. Mojtahedi, Investigating the Effect of False Twist Texturing Process on the Color Coordinates Variation of Spun-dyed Polyester Filament Yarns, *J. of Engineered Fibers and Fabrics*, **6**(4), 54(2011).