

PET/가염PP 이중 편성물의 염색 특성

장영민 · 이진아 · 박종호 · 고준석 · 정영진¹ · 김성동[†]

건국대학교 공과대학 섬유공학과, ¹부산대학교, 생명자원과학대학, 바이오소재전공

Dyeing Properties of PET/Dyeable PP Double Knit Fabric

Youngmin Chang, Jin Ah Lee, Jong Ho Park, Joonseok Koh, Young Jin Jung¹
and Sung Dong Kim[†]

Department of Textile Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701 Korea

¹Dept. of Biomaterials Engineering, College of Natural Resource & Life Science, Pusan
National University, Miryang, 627-706 Republic of Korea

(Received: March 14, 2008/Revised: April 14, 2008/Accepted: April 21, 2008)

Abstract— New dyeable PP fiber and several products from it has been developed through dispersing polyester copolymer into PP resin by a Korean synthetic fiber manufacturer and its colleagues. The dyeing properties of PET/dyeable PP double knit fabric were examined with three different types of disperse dye in this study. It was found that the disperse dye, exhausted on dyeable PP at early stage of dyeing, migrated to PET at elevated dyeing temperature when two fibers were dyed in the same dye bath. The ratios of dye distribution between two substrates dyed at 120°C and 130°C showed no difference. S type disperse dyes showed good build-up properties and acceptable color fastness while high light fastness type exhibited the lowest amounts of exhaustion but excellent color fastness. It might be concluded that the most appropriate dye for PET/dyeable PP double knit fabric was S type, and that some color difference between PET side and dyeable PP side was unavoidable.

Keywords: dyeable polypropylene, PET, double knit fabric, disperse dyes, dyeing property

1. 서 론

1950년대 중반에는 isotactic 구조의 폴리프로필렌 합성에 성공하여 높은 결정성과 섬유 형성능력을 갖게 되었으나, 열 안정성과 광 안정성 등 여러 가지 결점이 있었기 때문에 타 폴리머에 비해 주목을 받지 못하였다¹⁾. 그러나 열 안정제와 UV 안정제 등 각종 첨가제가 개발되면서 이러한 결점들은 더 이상 문제가 되지 않게 되었고 1980년 이후 그 용도 전개가 점차 확대되었다²⁾. PP 섬유는 PET나 나일론에 비해 값이 싸고 비중이 작으며, 수분율이 낮아 오염이 잘 되지 않고 박테리아의 서식이 되지 않아 위생성이 뛰어나다. 또한 속건성이 있으며, 낮은 열전도로 인해 보온성이 좋기 때문에 PP 섬유

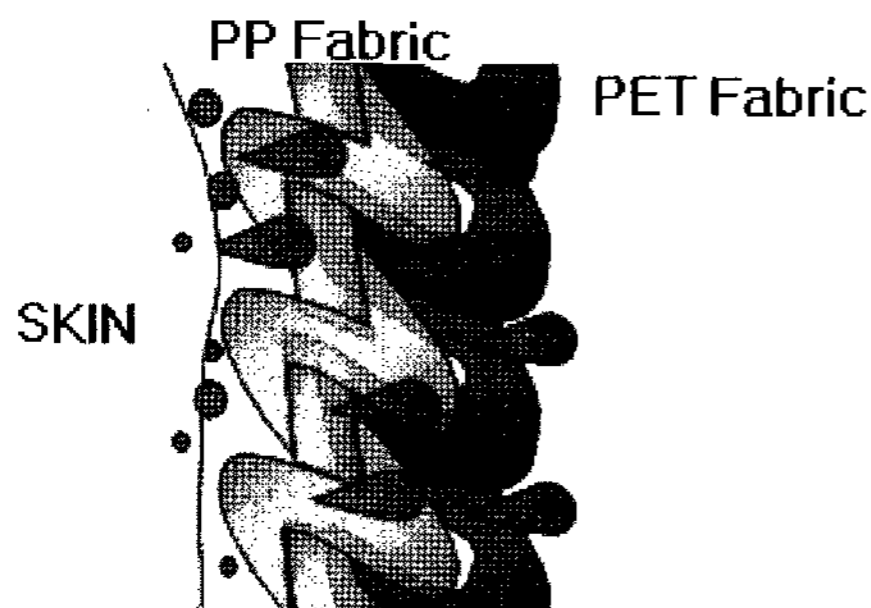
는 스포츠레저용 아웃웨어나 담요용 원단으로 사용하기에 매우 적합한 특징을 가지고 있다. 특히 경량성은 항공용이나 등산용 등 이동을 필요로 하는 경우에 매우 중요한 역할을 하며, 발수성과 방오성은 세탁 횟수를 줄일 수 있다.

그러나 PP 섬유는 염료와 반응할 수 있는 염착 좌석이 없기 때문에 일반적인 염색이 불가능하다. 이것은 PP가 신소재로서의 충분한 가치가 있음에도 불구하고 동 섬유를 이용한 상품 개발을 제한하는 요인이 되어왔으며, 이를 개선하고자 많은 연구가 진행되어 왔다³⁾. 염색성 개선에 관한 연구는 크게 방사 전에 폴리머를 안료와 혼합하는 선염공정과 PP용 염료의 합성^{4,6)}, 그리고 PP 섬유의 개질 등 세 가지 방법으로 분류할 수 있다.

[†]Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3511; Fax.: +82-2-457-8895; e-mail: ssdokim@konkuk.ac.kr

선염공정은 주로 일광견뢰도가 우수하고 친환경적인 장점이 있으나 공정이 복잡하고 색상이 제한되어 있어 카펫과 가구 이외의 용도로 이용하는 데에는 한계가 있다. 또한 PP용 염료의 합성은 개발에 성공한 예가 드물기 때문에, 현재 많은 연구가 PP의 개질에 집중되고 있다. 개질 방법을 세분하면 표면을 물리·화학적으로 처리하는 방법⁷⁾과 공중합에 의한 방법⁸⁻¹⁰⁾, 그리고 다른 고분자화합물과 블렌딩하는 방법¹¹⁻¹³⁾ 등으로 나뉜다. 그러나 현재까지 섬유 물성의 저하, 낮은 재현성과 높은 비용, 양산화의 실패 등의 문제점으로 인해 실용화에는 이르지 못하고 있다. 최근 국내 H사에서 분산염료의 receptive site로 작용할 수 있는 폴리에스테르계 공중합체를 PP resin에 미세하게 분산시켜 방사함으로써 분산염료로 염색이 가능한 가염형 PP를 개발하고 방사공정을 개선하여 상용화의 단계에 이르렀다. 전보에서 H사에서 개발한 가염 PP로 제조한 담요원단을 S 타입, 고세탁견뢰형, 고일광견뢰형의 분산염료로 염색시의 염색성과 견뢰도 특성을 파악하였다¹⁴⁾.

100% 가염 PP로 제편하여도 보온성, 통기성 및 발수성이 우수한 스포츠웨어 니트의 제작이 가능하다. 가염 PP를 사용한 편물 원단의 땀 배출 능력을 더욱 향상시키는 방법은 Scheme 1에 나타낸 것처럼 흡한속건 기능이 있는 PET사를 제편시 원단의 바깥 쪽에 위치시켜 이중 편성물을 만드는 것이다. 제조된 이중구조의 원단은 피부와 닿는 면은 PP, 섬유가 바깥 면은 흡한속건 PET사로 구성되어 있다. PP 섬유는 수분을 거의 흡수하지 않고 바깥 쪽으로 배수성 기능을 가져 피부 쪽의 수분을 흡한속건 기능이 있는 PET 쪽



Scheme 1. Structure of PET/Dyeable PP double knit fabric.

으로 빠르게 전이시켜 항상 청결하고 땀에 의해 의복이 인체에 달라붙지 않는 상태를 유지시켜 줄 수 있다. 본 연구의 목적은 흡한속건 PET사와 가염 PP로 만든 이중 편성물의 염색성과 견뢰도를 고찰하고 염색조건을 검토하려는 것이다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

흡한속건 PET사 (Coolever, DTY 75d/72f)와 가염 PP (DTY 60/24)를 3:7의 중량비로 제편한 이중 편성물, 각 구성사의 염색성을 개별적으로 고찰하기 위하여 100% 흡한속건 PET사와 가염 PP사로 만든 편성물을 피염물로 사용하였다. 사용된 분산염료는 S 타입, 고세탁견뢰형(HW) 및 고일광견뢰형(HL) 등 세 가지 타입의 시판용 분산염료 삼원색을 정제없이 사용하였으며, 염료들의 상품명은 Table 1에 나타내었다. 염색 및 세정에 필요한 초산, 초산나트륨, 수산화나트륨, sodium hydrosulphite 등은 1급 시약을 사용하였으며 soaping제는 CS-940(고급 알콜 인산 에스테르염, 대영화학)을 사용하였다.

2.2 염색

2.2.1 가염 PP와 PET의 동욕염색

PET/가염 PP 이중 편성물에 있어 염료의 분배 거동을 살펴보기 위하여 100% PET 편성물과 100% 가염 PP 편성물을 3:7의 중량비로 한 염색포트에 넣고 염색을 수행하면서 염색시간에 따른 섬유별 염착량을 측정하였다. 염색은 IR 시험염색기 (Starlet DL-6000, 대림)를 사용하여 수행하였고, 욕비 1:20, pH 4~4.5, 염색개시온도 40°C, 1°C/분의 속도로 승온하여 최고염색온도에서 60분간 유지하는 일반적인 고온고압염색법에 준하여 수행하였다. 염료는 Foron Rubine S-2GFL을 사용하였고 최고염색온도를 120°C와 130°C로 염색하여 비교하였다. 환원세정은 80°C에서 NaOH 2g/L, Na₂S₂O₄ 2g/L, 욕비 1:20의 조건으로 20분간 행하였고, 130°C에서 60초 동안 열처리하였다. 염착량은, 염색개시 후 10분 간격으로 시료를 꺼내어 Spectrophotometer(Color-

Table 1. Commercial name for the disperse dyes used in this study

Dye	Yellow	Red	Blue
S type	Foron Yellow Brown S-2RFL	Foron Rubine S-2GFL	Foron Blue S-PLN
High washing fastness type	Foron Golden Yellow S-WF	Foron Rubine S-WF	Foron Navy S-WF
High light fastness type	Foron Yellow AS-3L	Foron Red AS-3L	Foron Blue AS-3L

Eye 3100, Macbeth)를 이용하여 시료들의 분광반사율을 측정하고 Kubelka-Munk 식에 따라 산출한 K/S값으로 산출하였고, 이를 이용하여 승온염착곡선을 작성하였다.

2.2.2 가염 PP와 PET의 단독염색

120°C에서의 PET와 가염 PP에 대한 S 타입 삼원색 염료들의 빌드업성을 비교하기 위하여 0.5, 1, 2, 4% owf의 네 가지 농도로 IR 시험염색기에서 염색한 후 K/S값을 측정하였다. 염색한 PET 피염물에 대하여는 환원세정(NaOH 2g/L, Na₂S₂O₄ 2g/L, 욕비 1:20, 80°C에서 20분 처리)을 한 후 180°C에서 60초 동안 열처리를 하였고, 가염 PP는 전보에서 확립한 조건(CS940 1g/L, 욕비 1:20, 80°C에서 20분 처리)으로 소평을 한 후 130°C에서 60초 동안 열처리하였다.

2.2.3 PET/가염 PP 이중 편성물의 염색

가염 PP와 PET를 7:3의 중량비로 혼용하여 편성한 이중 편성물을 세 타입의 분산염료 삼원색으로 2% owf의 농도로 120°C에서 60분 동안 염색하였다. 염색 후 환원세정(NaOH 2g/L, Na₂S₂O₄ 2g/L, 욕비 1:20, 80°C에서 20분 처리)을 한 후 130°C에서 60초 동안 열처리하였다. 이면이 되는 가염 PP 성분의 K/S 값을 측정하여 상호 비교하였다.

2.3 견뢰도

각 농도로 염색된 시료를 세정과 열처리 과정을 거친 후 세탁견뢰도는 ISO 105-C06 A2S, 마찰견뢰도는 ISO 105-X12, 일광견뢰도는 ISO 105-B02:1994 법에 의하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가염PP와 PET의 동욕염색

가염 PP와 PET를 이중직의 중량비와 동일하게 7:3으로 준비하여 동욕에서 Foron Rubine S-2GFL로 염색하면서 염색시간과 최고염색온도에 따른 염색성을 측정한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 먼저 130°C에서의 염색결과를 분석하면, 가염 PP 섬유는 온도가 120°C에 도달하였을 때 가장 진하게 염색되었다가 계속 염색이 진행되면서 피염물의 색상이 열어지는 경향을 나타내었고, PET 섬유는 염색시간이 경과함에 따라 피염물의 색상이 꾸준히 증가하였다. 즉, 가염 PP와 PET를 동욕에서 염색시 염색초기에 두 피염물의 색상이 비슷한 정도로 진행하다가 일정한 온도에 도달하면 가염 PP 섬유는 분

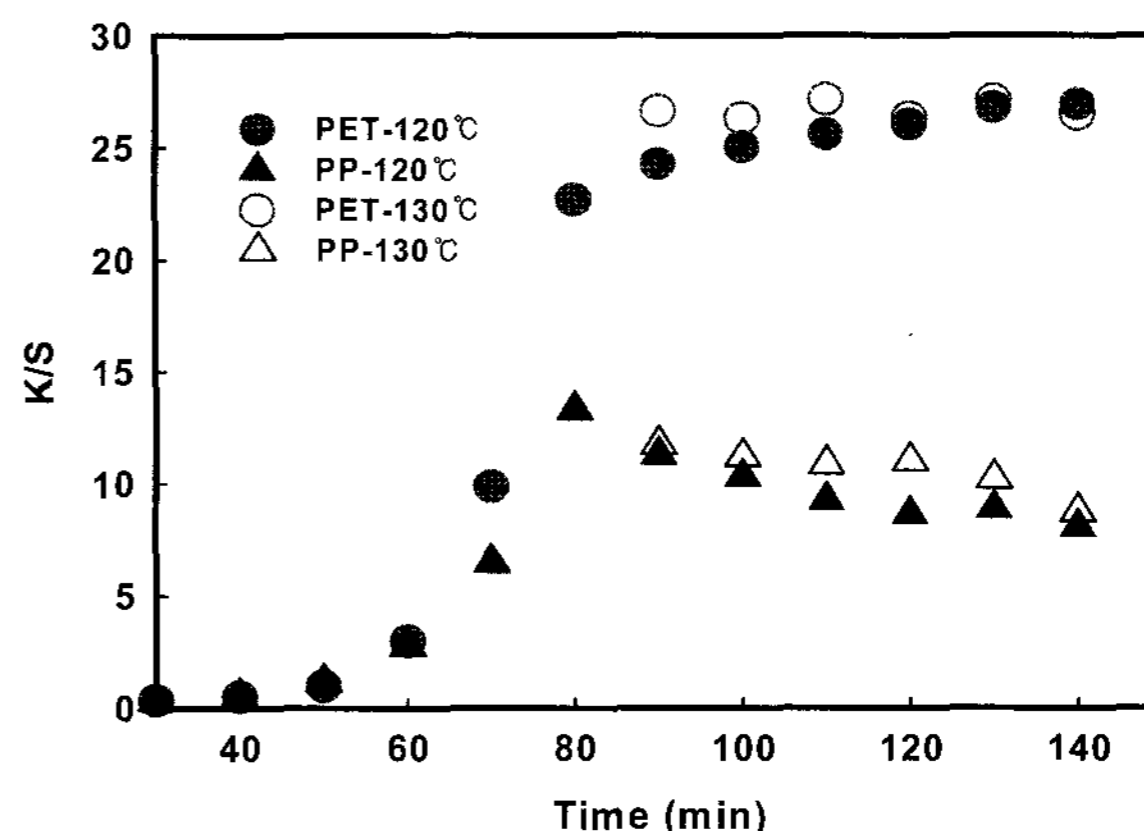


Fig. 1. K/S values of dyeable PP and PET dyed at 120°C and 130°C with dyeing time.

산염료의 탈착하는 속도가 염착하는 속도보다 빨라지면서, 탈착한 분산염료가 PET 섬유로 이행하는 것으로 보여진다. 이는 가염 PP의 염착좌석은 한정되어 있는 반면 PET의 염색속도는 고온에서 급격히 증가하기 때문이다. 최고 염색온도를 120°C로 하여 동욕염색한 결과도 130°C에서의 염색결과와 유사하게 나타났다.

PET와 가염 PP를 3:7의 중량비로 동욕 염색한 결과를 분석하면, PET에의 염착량이 가염 PP보다 상당히 많은 것과 최고염색온도 10°C 차이에 따른 두 섬유에의 분산염료의 분배는 그다지 변화가 없는 것을 알 수 있다. 이로부터 두 섬유를 동시에 염색하면 두 섬유간의 동색성을 얻기는 어려울 것이며 또한 가염 PP 섬유는 내열성이 우수한 편이 아니므로 고온보다는 저온인 120°C에서 염색하는 공정이 더 유리할 것으로 판단된다.

3.2 가염 PP와 PET의 빌드업성

전보에서 염색실험시 적용한 최고염색온도는 130°C였다. PET와 가염 PP의 동욕염색실험결과로부터 최고염색온도를 10°C 낮추어도 염색효과는 동일함을 알았다. 그래서, 전보와는 다른 최고염색온도를 적용하기 때문에 120°C에서의 두 섬유의 염색성을 고찰할 필요가 있다. PET와 가염 PP의 빌드업성을 비교해보기 위해 S 타입 염료를 이용하여 두 섬유를 0.5, 1.0, 2.0, 4.0% owf의 농도로 120°C에서 단독염색하고 그 결과를 Fig. 2와 3에 나타내었다. PET의 경우 삼원색 염료 모두 염색농도에 따라 피염물의 색상이 짙어지는 경향을 나타내므로 빌드업성이 우수하다고 판단되나 가염 PP의 경우 Foron Yellow brown S-2RFL과 Foron Rubine S-2GFL로 염색시 4% owf의 농도로 염색한 피염물의 색의 짙

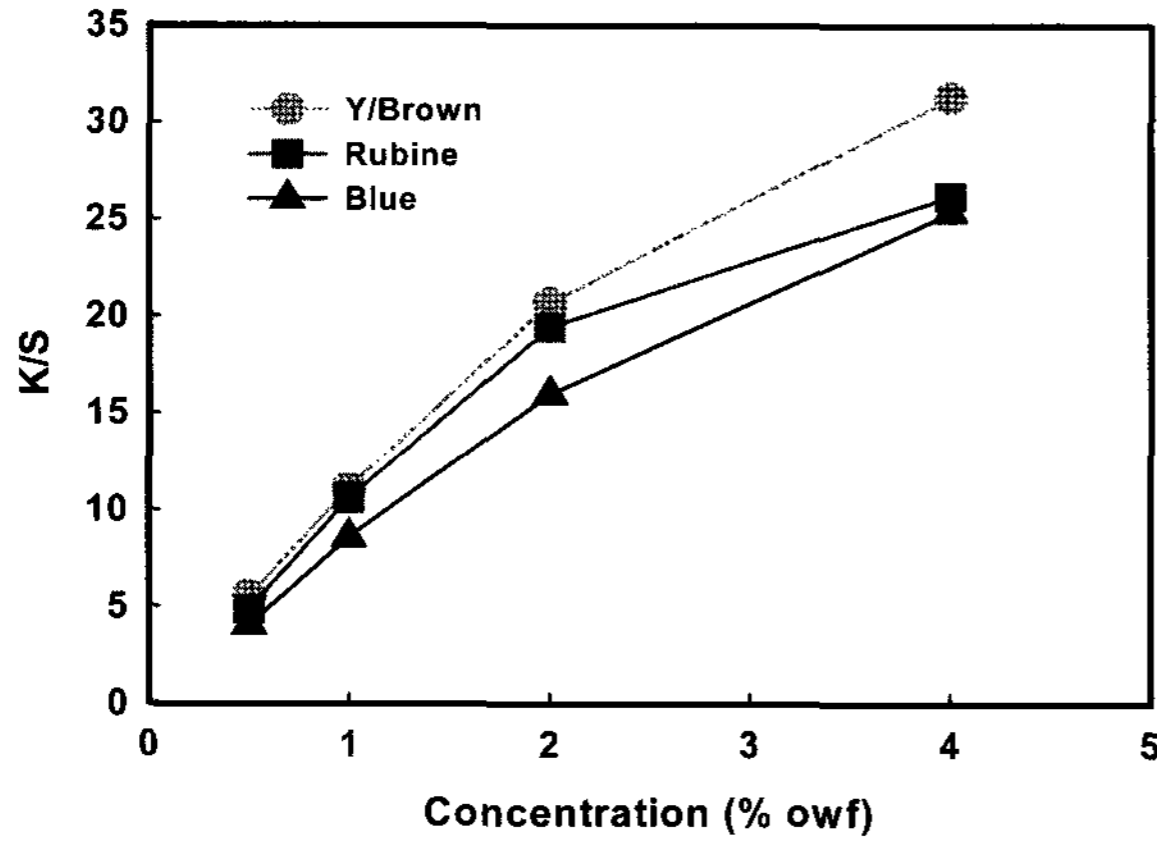


Fig. 2. Build-up properties of PET dyed with S type disperse dye at 120°C.

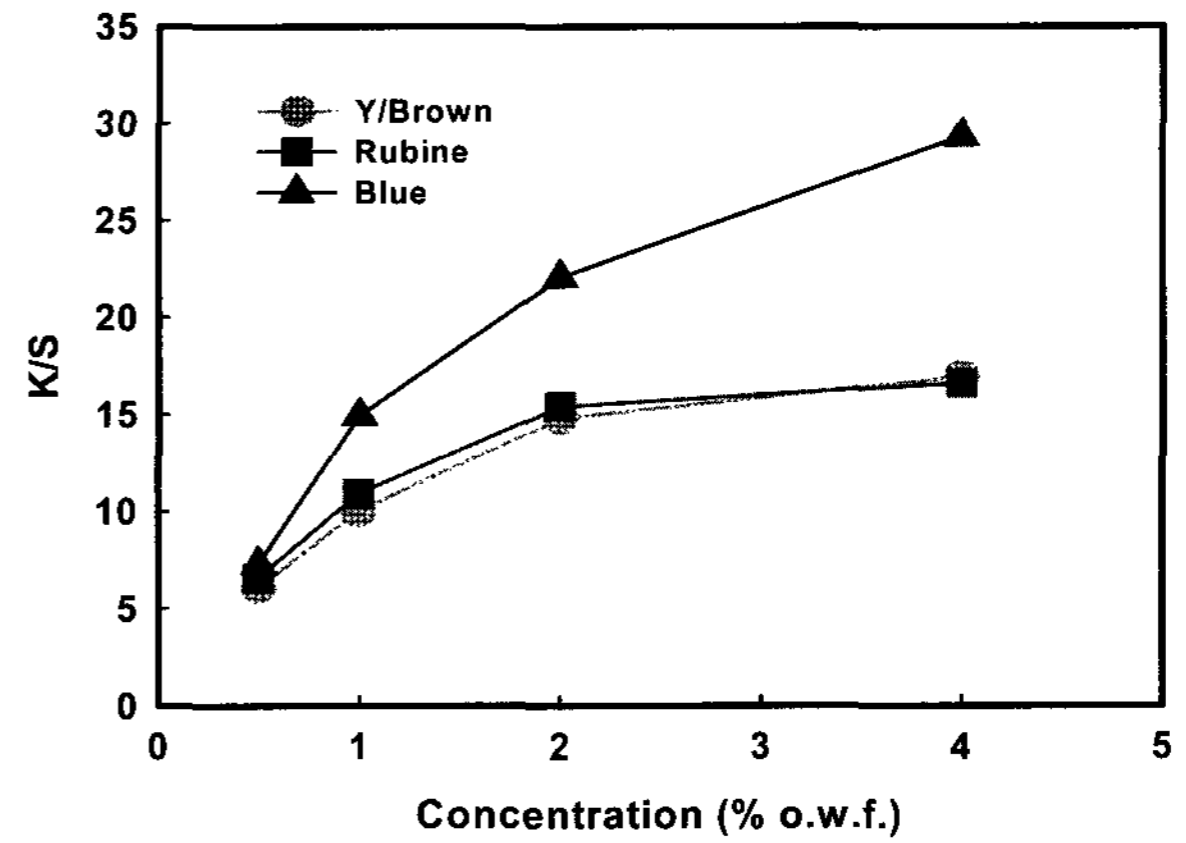


Fig. 3. Build-up properties of dyeable PP dyed with S type disperse dye at 120°C.

Table 2. Washing fastness of dyeable PP and PET dyed with S type disperse dyes

Dye & conc.	Staining											
	Wool		Acryl		PET		Nylon		Cotton		Acetate	
	PP	PET	PP	PET	PP	PET	PP	PET	PP	PET	PP	PET
S-Y 0.5	4	5	4-5	5	4	5	4	5	5	5	3-4	5
S-Y 1.0	3-4	5	4	5	3	5	3	5	4	5	3	5
S-Y 2.0	2-3	5	3	5	2	4-5	2	4	2	5	2	4
S-Y 4.0	2-3	4	3	4-5	2	4	2	4	2	5	1-2	3-4
S-R 0.5	4	5	4	5	3	5	3-4	4-5	4	5	2-3	5
S-R 1.0	3	5	3-4	5	2-3	4-5	2-3	4	3-4	5	2-3	4-5
S-R 2.0	2-3	5	3	5	2-3	4	2-3	4	3	4-5	2-3	4
S-R 4.0	2	4	2-3	4	2	3	2	3-4	2	4	1-2	2-3
S-B 0.5	4	5	4	5	3	4-5	3	4-5	3-4	5	3	5
S-B 1.0	3	5	3	5	2-3	4-5	2-3	4-5	3	5	2-3	4-5
S-B 2.0	2-3	4-5	3	4-5	2	3-4	2	3-4	3	4	2	3-4
S-B 4.0	2	4	2-3	4	1-2	3	1-2	3	2	3-4	1-2	3

Table 3. Light fastness of dyeable PP and PET dyed with S type disperse dyes

Dye & conc.	Fading	
	PP	PET
S-Y 0.5	4	4
S-Y 1.0	4	4
S-Y 2.0	4	4
S-Y 4.0	4	4
S-R 0.5	4	4
S-R 1.0	4	4
S-R 2.0	3	4
S-R 4.0	2	4
S-B 0.5	2-3	4
S-B 1.0	2-3	4
S-B 2.0	2-3	4
S-B 4.0	2-3	4

기는 2% owf의 농도로 염색한 시료와 비슷하게 나타난 반면, Foron Blue S-PLN으로 4% owf의 농도

로 염색한 시료의 색상은 매우 짙게 나타나 염료별로 다른 경향을 확인할 수 있다. 그리고 삼원색 모두 가염 PP 섬유의 K/S값이 2% owf까지는 PET 섬유보다 높게 나타났고, 4% owf의 농도로 염색한 가염 PP의 K/S값은 PET보다 작았다. 이와 같은 결과의 원인으로서는 가염 PP에 염색성을 부여하기 위하여 첨가한 폴리에스테르계 공중합체의 함량이 제한되어 있어 저농도에서는 염욕중의 염료를 폴리에스테르계 공중합체가 수용할 수 있으나 고농도에서는 폴리에스테르계 공중합체의 염료수용능력이 포화치를 넘어서기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 가염 PP의 경우 2% owf까지는 삼원색 염료의 빌드업성이 유사하고 PET에 비해 떨어지지 않으므로 삼원색을 혼합하여 원하는 색상을 표현하는 것은 무난할 것으로 예측할 수 있다.

염색한 피염물들을 열처리한 후 세탁 및 일광 견뢰도를 측정하고 그 등급을 Table 2와 3에 나타내었다.

오염에 의한 세탁견뢰도는 multifabric을 사용하여 판정하였다. 분산염료에 의한 오염이 가장 잘 되는 나일론 오염포를 기준으로 비교하면 1% owf로 염색한 가염 PP의 세탁견뢰도는 3급, 2% owf로 염색한 경우는 2급 정도로 나타났다. 오염이 잘 되지 않는 아크릴 섬유에의 오염을 기준으로 판정하면 1% owf로 염색한 가염 PP의 세탁견뢰도는 4급, 2% owf로 염색한 피염물의 등급은 3급이었다. 일광견뢰도는 Yellow 염료의 경우 가염 PP와 PET 모두 4급 이상으로 우수하였지만, Red 염료와 Blue 염료로 염색한 가염 PP의 일광견뢰도는 Yellow 염료보다 낮았으며, 2% owf 염색물의 등급은 3급이었다.

3.3 PET/가염 PP 이중 편성물의 염색성

가염 PP와 PET를 7:3의 중량비로 혼용하여 편성한 이중 편성물을 S 타입, 고세탁견뢰형 염료 그리고 고일광견뢰형 염료 삼원색으로 2% owf의 농도로 염색한 시료들의 가염 PP 부분의 K/S값을 Fig. 4에 나타내었다. S 타입 염료로 염색한 시료들의 K/S값이 다른 타입의 염료로 염색한 시료보다 월등히 높았고, S 타입 염료 가운데서는 Blue 염료의 염착량이 가장 높았다. 고세탁견뢰형 분산염료로 염색한 피염물의 겉보가 색농도는 중간이었고, 고일광견뢰형은 삼원색의 K/S값이 모두 2 정도로 가장 낮았다. 전보에서 확인한 100% 가염 PP의 염색경향과 동일하게, PET/가염 PP 이중 편성물의 염색에서도 S 타입의 분산염료가 진한 색을 표현하는데 가장 적합하였고, 고세탁견뢰형과 고일광견뢰형 염료의 염착량은 그다지 높지 않았다. 이중조직 편성물의 염료 타입별 세탁견뢰도 및 일광견뢰도는 Table 4와 같다.

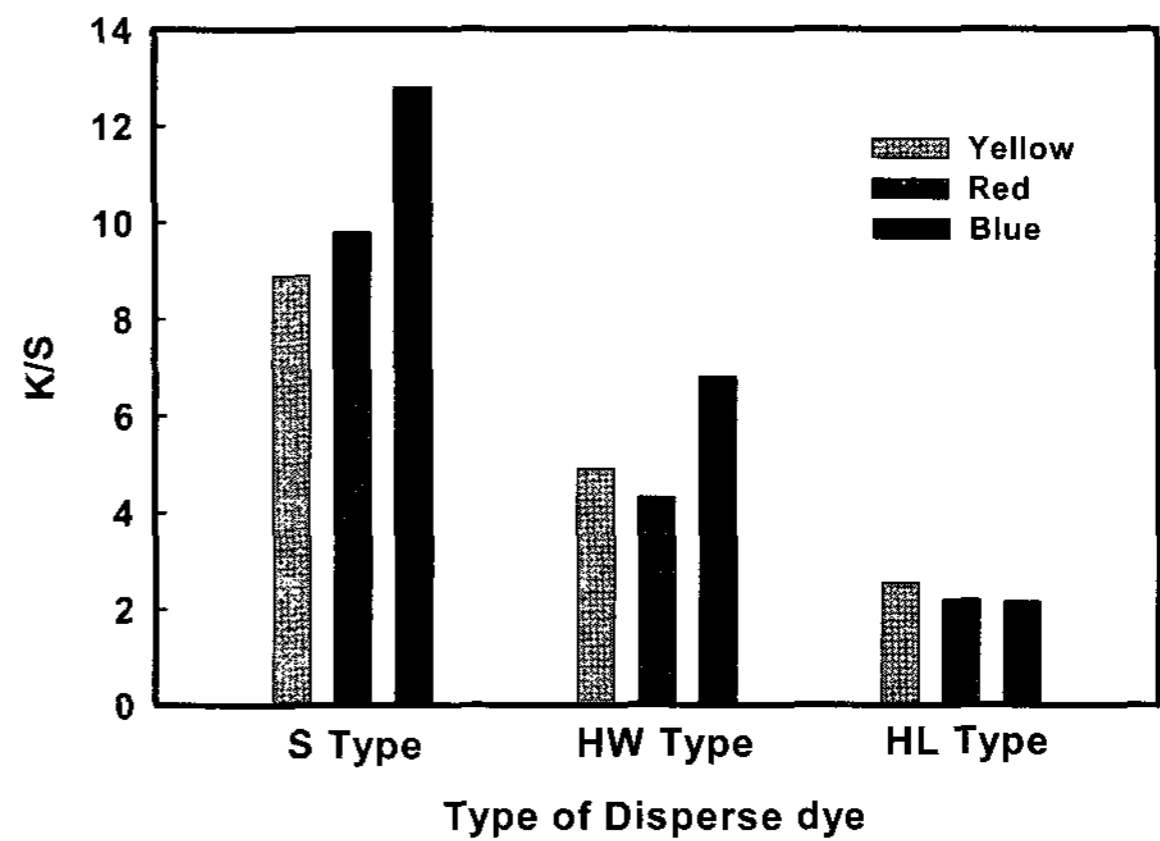


Fig. 4. K/S values of PET/dyeable PP double knit fabric dyed with three types of disperse dyes at 2%owf.

S 타입 염료의 경우 PET와 나일론, 아세테이트 오염에 의한 세탁견뢰도는 2급으로 조금 떨어지는 편이지만 다른 섬유에의 오염 정도는 3-4급 정도이었다. 고세탁견뢰형 분산염료의 세탁견뢰도는 모두 3급 이상으로 양호하였고, 고일광견뢰형 염료들의 세탁견뢰도가 가장 우수하게 측정되었지만 고일광견뢰형 염료들의 염착량이 그다지 많지 않은 점을 고려해야 할 것이다.

S 타입 염료들의 일광견뢰도는 Foron Yellow Brown S-2RFL이 4급, Foron Rubine S-2GFL이 2급 그리고 Foron Blue S-PLN이 1-2급으로 Foron Yellow Brown S-2RFL을 제외하고는 낮은 편에 속한다. 고세탁 견뢰형 염료의 경우도 Foron Golden Yellow S-WF는 내광성이 비교적 우수하였지만 Foron Rubine S-WF와 Foron Navy S-WF는 일광견뢰도가 좋지 않은 것으로 나타났다.

Table 4. Washing and light fastness of PET/dyeable PP double knit fabric dyed with three types of disperse dye at 2 %owf

Dye & conc.	Washing(staining)						Light (fading)
	Wool	Acryl	PET	Nylon	Cotton	Acetate	
S-Y 2.0	3-4	4	3	3	4	2-3	4
S-R 2.0	3	3-4	3	3	3	2-3	3
S-B 2.0	3	3	2-3	2-3	3	2-3	2-3
HW-Y 2.0	4	5	4-5	4-5	5	3-4	3-4
HW-R 2.0	4	4	3	3	4	3	1-2
HW-B 2.0	4	4	3	3-4	4	3	1-2
HL-Y 2.0	4-5	5	5	5	5	4-5	4
HL-R 2.0	4	4-5	4-5	4	5	4	3-4
HL-B 2.0	4	4-5	4-5	4	4	4	3-4

고일광 견뢰형 분산염료로 염색한 피염물들의 일광견뢰도는 모두 3-4급 이상으로 매우 우수한 편이었다. 염료의 타입은 다르지만 Yellow 염료가 다른 컬러에 비해 세탁 및 일광 견뢰도가 우수하였다.

4. 결 론

여러 타입의 분산염료를 사용하여 PET, 가염PP 그리고 PET/가염 PP 이중 편성물의 염색성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

가염 PP와 PET를 온도 조건을 달리 하여 7:3의 중량비로 동욕에서 염색하였을 때, 120°C에서 염색하여도 130°C에서 실험한 염색결과와 아주 유사하게 나타났다.

S 타입 삼원색으로 가염 PP와 PET에 대하여 빌드업성과 견뢰도 시험을 한 결과, 가염 PP는 2% owf 이하의 농도에서는 PET와 유사한 빌드업성을 가지며 염료들을 혼용하여 사용하는 것이 가능하다고 판단되었다. 세탁견뢰도는 S 타입 염료로 염색하였을 때, 2% owf 농도까지는 전반적으로 양호한 결과를 보였으나, 일광견뢰도는 Foron Yellow Brown S-2RFL로 4% owf 염색된 가염 PP가 4등급으로 PET와 같았으나 Foron Rubine S-2GRL과 Foron S-PLN은 PET에 비해 많이 떨어졌다.

PET/가염 PP 이중직을 세 가지 타입의 염료로 염색하고 염색성과 견뢰도를 비교하였을 때 S 타입 염료로 염색한 시료의 K/S 값이 고세탁견뢰형 염료와 고일광견뢰형 염료에 비해 약 2-3배 높은 값을 보였다. PET/가염 PP 이중직에서의 S 타입 염료들의 세탁견뢰도와 일광견뢰도는 100% 가염 PP의 경우와 유사하였고 고세탁견뢰형 염료와 고일광견뢰형 염료는 S 타입 염료보다 높은 세탁견뢰도를 가졌으나, 고세탁견뢰형 염료는 일광견뢰도가 떨어졌다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 부품소재기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. D. J. Carlsson, A. Garton, and D. M. Wiles, The weatherability of polypropylene monofila-

- ments. Effects of fiber production conditions, *J. Appl. Polym. Sci.*, **21**(11), 2963-2978(1977).
2. H. C. Kim, Y. D. Kong, Manufacturing of Polypropylene, *Polymer Science and Technology*, **7**(1), 59-67(1996).
3. M. Ahmed, "Polypropylene Fibers-Science and Technology", Elsevier Scientific Pub. Co., New York, U.S.A., pp.462-499, 1982.
4. Shell Oil, U. S. Pat. 3,772,411(1973).
5. Phillips Petroleum, U. S. Pat. 3,928,269(1973).
6. Mishibishi Rayon, B. R. Pat. 1,183,369(1970).
7. G. W. Urbanczyk, G. Michalak, The Influence of Annealing on the Thermal Properties of Poly(ethylene Terephthalate) Fibers I. The Heat Capacity of Annealed PET Fibers, *J. Appl. Polym. Sci.*, **32**(3), 3841-3846(1986).
8. H. T. Lokhande, V. S. Thakar, S. R. Shukla, Electrokinetic Properties of Acrylic Acid-and Methacrylic Acid-Grafted Polypropylene during Chemically Initiated Graft Copolymerization, *J. Appl. Polym. Sci.*, **29**(10), 2989-2996(1984).
9. R. Kotet, M. Afshari, et al., Polypropylene alloy filaments dyeable with disperse dyes, *Color. Technol.*, **120**(1), 26-29(2004).
10. J. I. Ito, K. Mitani, and Y. Mizutani, Annealing of Commercial Block Polypropylene : I. Thermal and Physical Properties, *J. Appl. Polym. Sci.*, **46**(7), 1221-1234(1992).
11. T. W. Son, S. K. Lim, et al., Physical modification of polypropylene: preparation of fibres dyeable with disperse dyes, *Color. Technol.*, **115**(12), 366-369(1999).
12. Chengbing Yu, Meifang Zhu, et al., Study on Dyeable Polypropylene Fiber and Its Properties, *J. Appl. Polym. Sci.*, **82**(13), 3172-3176 (2001).
13. M. D. Teli, R. V Adivarekar, et al., Imparting Disperse and Cationic Dyeability to Polypropylene through Melt Blending, *Fibers & Polymers*, **5**(4), 264-269(2004).
14. H. J. Kim, H. A. Lee, Y. Chang, J. H. Park and S. D. Kim, Dyeing Properties of Blanket Fabric of Dyeable Polypropylene, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **19**(2), 106-113(2007).