

나일론 전사 DTP 원단 전처리에 따른 발색성 및 견뢰도 특성

Color and Fastness Properties of Nylon Transfer Digital Textile Printing(DTP) using Acrylic-based Polymer as Pre-treatment Agent

*Corresponding author

Hyeok-Jin Kim
(hyeokj@dyetec.or.kr)

김혁진*, 홍진표, 광동섭, 서해지, 김현조¹
DYETEC연구원, ¹(주)컴마트

Hyeok-Jin Kim*, Jin-Pyo Hong, Kwak Dong-Sup, Hye-Ji Seo and Hyun-Jo Kim¹
DYETEC Institute, Daegu, Korea, ¹Commart Co., Ltd., Kimpo, Korea

Received_April 23, 2019

Revised_May 24, 2019

Accepted_June 14, 2019

Textile Coloration and Finishing

TCF 31-2/2019-06/88-97

©2019 The Korean Society of
Dyers and Finishers

Abstract In this study, when printed on a nylon material, the color strength and fastness are lower than that of a polyester material, and the nylon material shrinks due to heat and pressure, resulting in poor design and poor compatibility. To overcome this problem, we investigated the possibility of transfer DTP by adding pre-treatment process to nylon transfer DTP process. For the basic study of pre-treatment preparation, we used pure nylon material which is not compounded and dispersion ink and transfer paper applied to existing PET transfer DTP. Pre-treatment preparations were classified into three types of acryl-base polymer and pre-treated with nylon and then applied to transfer DTP to confirm their color strength and fastness. The color strength of the pre-treated nylon material increased and poly-methyl-acrylate emulsion pre-treatment showed the best color at 210°C, 1.5m/min and 0.3MPa. The nylon material pre-treated with washing, friction, and light fastness was judged to be more excellent and stable.

Keywords acrylic emulsion pre-treatment, digital textile printing, transfer DTP, nylon fabric, sublimation ink, pre-treated process

1. 서 론

현재 염색 산업은 여러 환경오염을 유발시키는 오염 산업이라는 부정적인 인식을 벗기 위해 친환경적인 연구가 많이 진행 되고 있다¹⁻³⁾. 특히 물을 사용하지 않고 염색을 하거나, 또는 세탁을 하지 않는 소재를 개발하는 등 섬유, 염색 산업의 친환경 생산체제로 패러다임 전환을 하고 있는 추세다. 모든 산업을 통틀어 섬유, 염색 산업의 미래 산업인 친환경시대에 발맞춰 산업의 환경개선을 위해 물 없이 염색이 가능한 디지털 텍스타일 프린팅(Digital Textile Printing, DTP)이 염색 산업에 대표적인 친환경적인 기술이 있다⁴⁾. 더불어 4차 산업 혁명에 맞는 기계, IT, 섬유, 화학 등이 복합된 기술로 섬유 및 염색 산업을 이끌어 갈 주된 기술이라 볼 수

있다⁵⁻⁷⁾.

DTP 공정기술에는 크게 Direct DTP와 전사 DTP로 나눌 수 있다^{1,8)}. Direct DTP는 잉크가 노즐과 헤드를 통해 원단에 출력되는 공정 기술로 소비자의 니즈에 맞는 디자인이 출력가능하며 합성/천연소재와 같이 다양한 소재에도 적용가능하다⁹⁾.

전사 DTP는 전사지 위에 원하는 디자인을 출력 후 소재와 함께 열과 압력으로 전사잉크의 승화되는 성질을 이용하는 공정 기술이다^{10,11)}. Direct DTP에 비해 공정과정이 짧다는 장점이 있으나 폴리에스터 원단에 만 현재 상용화 되고 있다. 고온에서 전사잉크는 액체 상태를 거치지 않고 승화되고 PET원단은 물리적으로 구조가 느슨해져 기체 상태로 변한 잉크가 순간적으로 PET원단에 깊이 스며들어 고착되며, 다시 온도가 낮

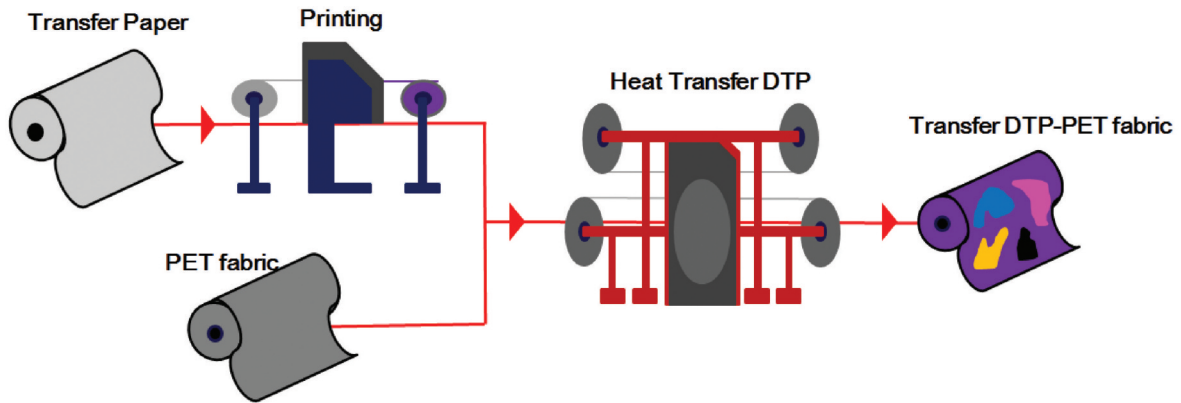


Figure 2. Transfer DTP process of PET fabric.

용한 시약은 Butylacrylate(BA), Methylacrylate(MA), Methylmetacrylate(MMA)를 각각 음이온계 계면활성제를 사용하여 에멀전 방식으로 중합하였다. 구조는 Figure 1에 나타내었으며, 물질의 물성 및 특성은 Table 1에 나타내었다.

실험에 사용할 전처리 조제는 증류수를 넣어 희석하여 제조한 것이다. 증류수 95g에 아크릴 중합물을 5g을 넣어 5wt% 농도로 제조하였고, 10wt%일 경우 증류수 90g에 아크릴 중합물 10g을 넣어 제조하였다. 이러한 방식으로 15, 20, 25, 30, 35, 50, 70wt%를 제조하였고 100wt%의 경우 아크릴 중합물 원액 그대로 사용하였다. 일반교반기를 사용하여 상온에서 300rpm으로 20분간 충분히 교반하였다.

전사잉크 Cyan, Magenta, Yellow, Black 4가지 색 각각 100%를 전사용지에 출력하고 견뢰도 확인을 위한 Black 4가지 혼합색은 C, M, Y, K 각각 70%씩 혼합하여 전사용지에 출력하였다. 제조한 전처리 조제를 나일론 원단에 전처리를 한 뒤 출력된 전사용지와 함께 전사 날염하여 발색 및 견뢰도의 변화를 확인하였다.

2.2 나일론 전사날염 공정

PET 원단이 많이 상용화 되어 있는 기존 전사날염 공정은 Figure 2와 같다. 전사지에 잉크를 출력하고 PET와 겹쳐 열 전사 후처리 장비를 이용하여 이미지를 찍어내는 방식이다. 열 전사 후처리 장비의 조건(열, 압력, 속도)에 따라 PET 원단의 발색정도를 조절할 수 있다.

나일론 원단의 전사날염 발색 증가를 위해 Figure 2 공정 과정에서 전처리 공정이 추가된다. 전처리 조제를 나일론 원단에 Padding curing 방식으로 전처리를 하였다.

Padding mangle(Daelim starlet, 2-roll padder, Vertical type, Korea)로 압력 2bar, 속도 1.5m/min으로 squeezing 하였다. 그리고 Tenter(Mathis Lab., Italy)를 이용하여 100℃, 60초 동안 건조하였다.

전사잉크 프린터(Roland, FJ-740K, Japan)를 사용하여 전사용지(Commart, Transfer paper, Korea)에 600*600 dpi 전사잉크(Kiian, Transfer ink, Italy) Cyan, Magenta, Yellow, Black 각각 100%로 출력하였다.

전처리 과정을 거친 나일론 원단과 잉크 출력된 전사용지를 겹쳐 열 전사 장비(MYUNG SHIN ENGINEERING, Sport race, Korea)에 전사날염 하여 최종 결과물을 얻었다. 본 연구의 나일론 전사날염 공정은 Figure 3에 나타내었다.

2.3 발색 및 견뢰도 평가

전처리 조제의 고형분에 따라 Black 잉크의 변화와 전사날염 조건인 속도, 온도에 따라 Cyan, Magenta, Yellow, Black 4가지 색의 변화를 CCM(Computer Color Matching) 장비인 측색기(X-rite, CE7000A)를 사용하여 가시광선 영역 파장인 360nm~750nm 범위에서 10nm 간격으로 표면반사율을 측정 하였다. 측정된 반사율 값을 이용하여 빛의 흡수와 산란 관계를 다음 Kubelka-Munk식(1)에 의거 K/S values 값으로 색의 강도를 나타내었다^{15,16)}.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \dots\dots\dots (1)$$

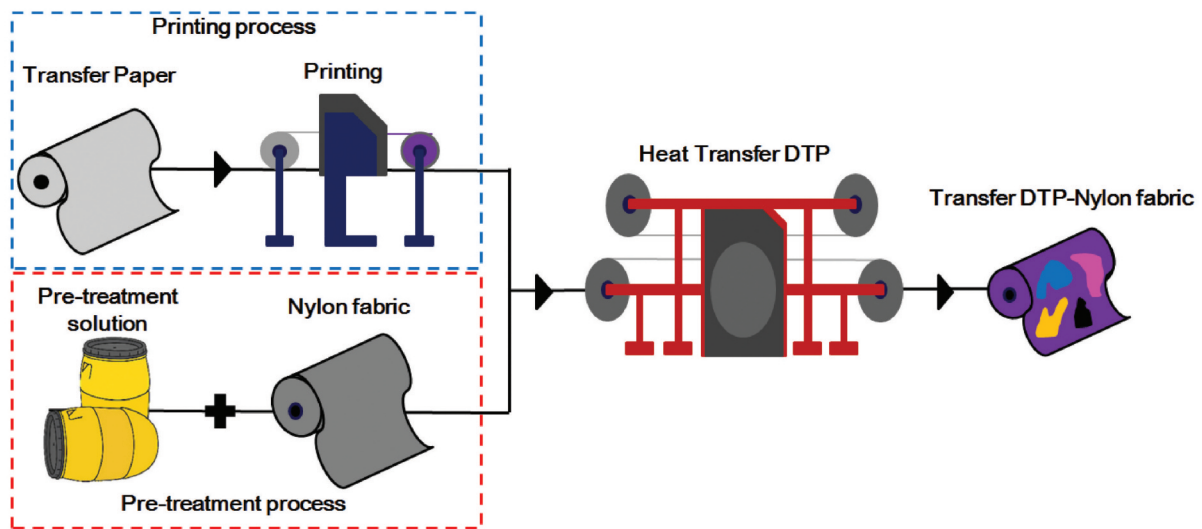


Figure 3. Transfer DTP process of nylon fabric.

where,

K : Absorption coefficient

S : Scattering coefficient

R : Reflectance($0 < R \leq 1$)

견뢰도 평가는 Black 100% 전사 날염된 나일론 원단을 세탁, 마찰, 일광 견뢰도 3가지를 평가하였다. 세탁견뢰도 시험법은 KS K ISO 105-C06:2010, 마찰견뢰도 시험법은 KS K ISO 105-X12:2016, 일광견뢰도 시험법은 KS K ISO 105-B02:2015로 평가를 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 농도에 따른 발색 변화

3가지의 아크릴계 전처리 조제를 나일론 원단에 전처리 후 200℃, 0.3MPa, 0.9m/min의 전사날염 조건으로 테스트를 진행하였다.

전처리 조제의 농도가 증가 될수록 poly methylacrylate(PMA), poly methylmethacrylate(PMMA) 전처리 조제는 나일론 원단이 뻣뻣해졌으며, poly butylacrylate(PBA) 전처리 조제는 원단이 유연하였다. PBA가 상대적으로 비결정화 부분의 온도 즉, 유리전이온도가 낮아 전처리 후 원단이 유연하고, 유리전이온도가 높은 PMA, PMMA 전처리 조제를 사용한 원단의 촉감이 다소 유연하지 못한 것으로 사료 된다.

아크릴계 전처리 조제 3가지를 각각의 농도에 따라 전처리 후 혼합색의 발색 변화와 추세를 Figure 4에 나타내었다. 농도의 양이 증가하는 잉크의 고착이 많아져 발색이 높을 것이라는 추측과 반대로 색의 강도가 감소하는 경향을 보였다. PBA 전처리 조제는 유리전이온

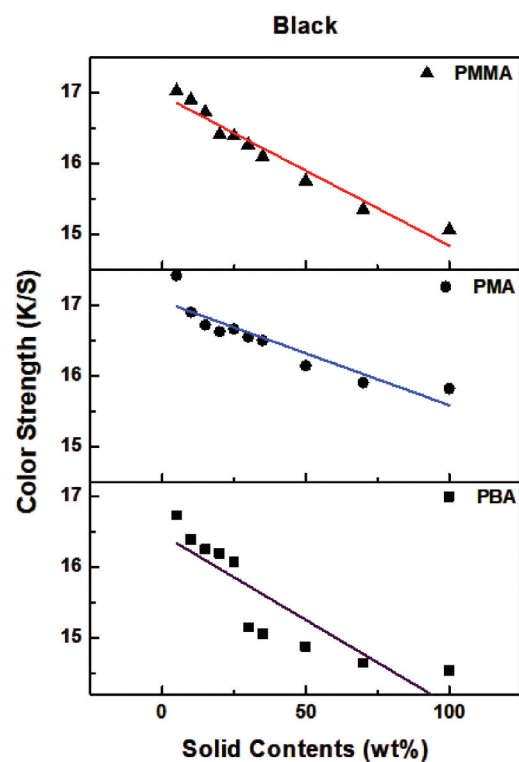


Figure 4. Mixture color strength according to solid content of acrylic preprocessing preparation.

도가 낮아 고온에서 유연해진 원단 뒷면까지 침투되어 표면 발색이 점점 감소한 것으로 보인다. PMA와 PMMA의 전처리 조제는 유리전이온도가 높아 고온에서도 잉크가 원단 깊숙이 침투하지 않고 표면에 잉크가 고착되거나 혹은 전사날염 조건에 의해 잉크가 승화되어 고착되지 않고 대기 중으로 날아가게 되어 발색이 점점 감소한 것으로 보인다.

3.2 전사날염 조건에 따른 최적의 발색

전처리 조제의 농도에 따른 발색의 변화와 원단의 촉감을 고려하여 각각 5wt%에서 전처리를 하고 전사날염 조건에 따른 최적의 발색을 확인하였다. 미처리 나일론 원단의 전사날염과 발색을 비교하였다.

온도에 따른 발색 변화를 확인하기 위해 185℃, 195℃, 200℃, 210℃에서 테스트 하였으며 속도 0.9m/min, 압력 0.3MPa로 고정하여 테스트 후 4가지 색을 CCM 기기로 표면 발색을 Figure 5에 나타내었다.

전반적으로 전처리를 하지 않는 나일론 원단보다 전처리를 한 나일론 원단의 전사날염의 색의 강도가 더 높은 것으로 나타났다. 온도가 증가할수록 4가지 색깔 모

두 발색이 증가하는 경향을 보였다. 185℃ 온도에서는 잉크가 충분한 승화가 이루어지지 않아 발색이 떨어진 것으로 보이며, 210℃에서는 잉크의 승화도 많아져 원단에 많이 고착되어 발색이 가장 높게 나타난 것으로 보인다.

속도에 따른 발색 변화를 확인하기 위해 발색 높았던 온도 조건을 200℃, 210℃로 하고, 속도는 0.9m/min, 1.5m/min, 2.0m/min, 압력은 0.3MPa로 하여 테스트 후 4가지 색을 CCM 기기로 표면 발색을 Figure 6에 나타내었다.

200℃에서 기기의 속도가 증가할수록 4색의 발색이 떨어졌으며, 잉크가 빠른 속도에 의해 원단에 고착되는 시간이 충분하지 못한 것으로 보인다. 온도 200℃와는 다르게 210℃에서는 1.5m/min에서 최적의 발색을 보였다. 속도가 1.5m/min 이하에서 오랜 시간과 높은 온도에 의해 승화된 잉크가 공기 중으로 빠져 나간 것으로 보인다.

3.3 미처리 나일론 원단과의 컬러 비교

전처리를 한 나일론 원단의 전사날염 최적 발색 조건 (온도 : 210℃, 속도 : 1.5m/min, 압력 : 0.3Mpa)에서

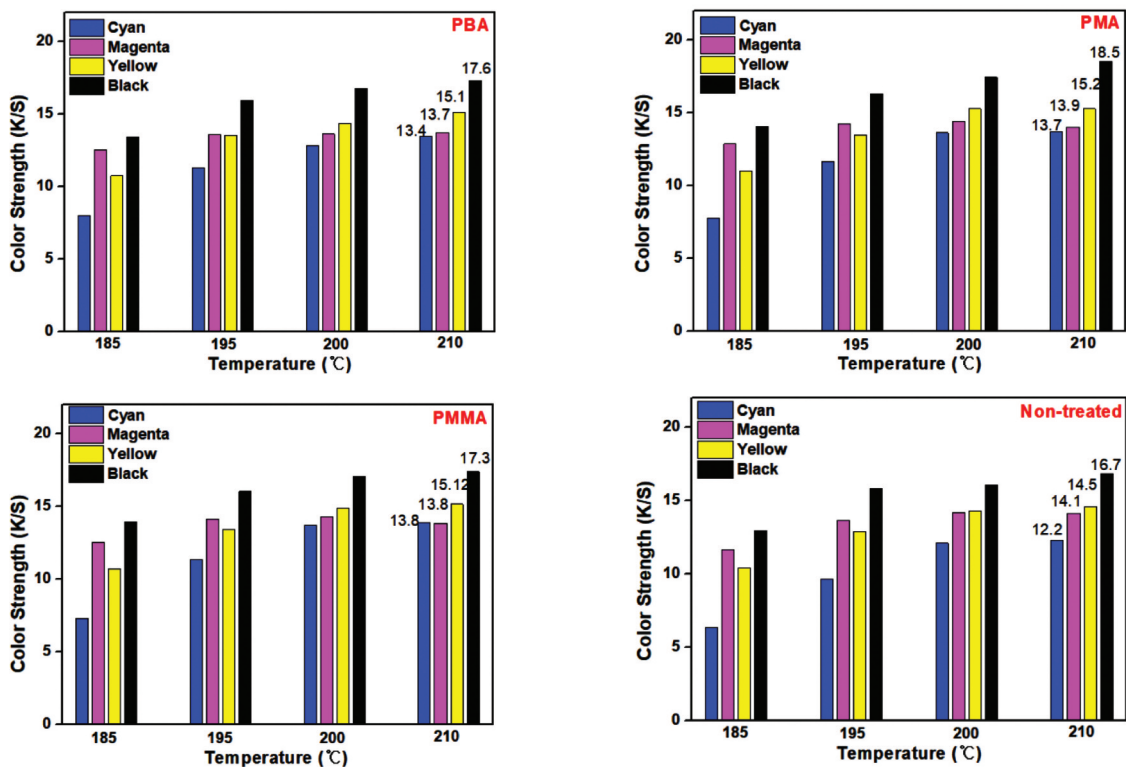


Figure 5. Color strength of nylon fabric pre-treated with acrylic pre-treatment agent by temperature.

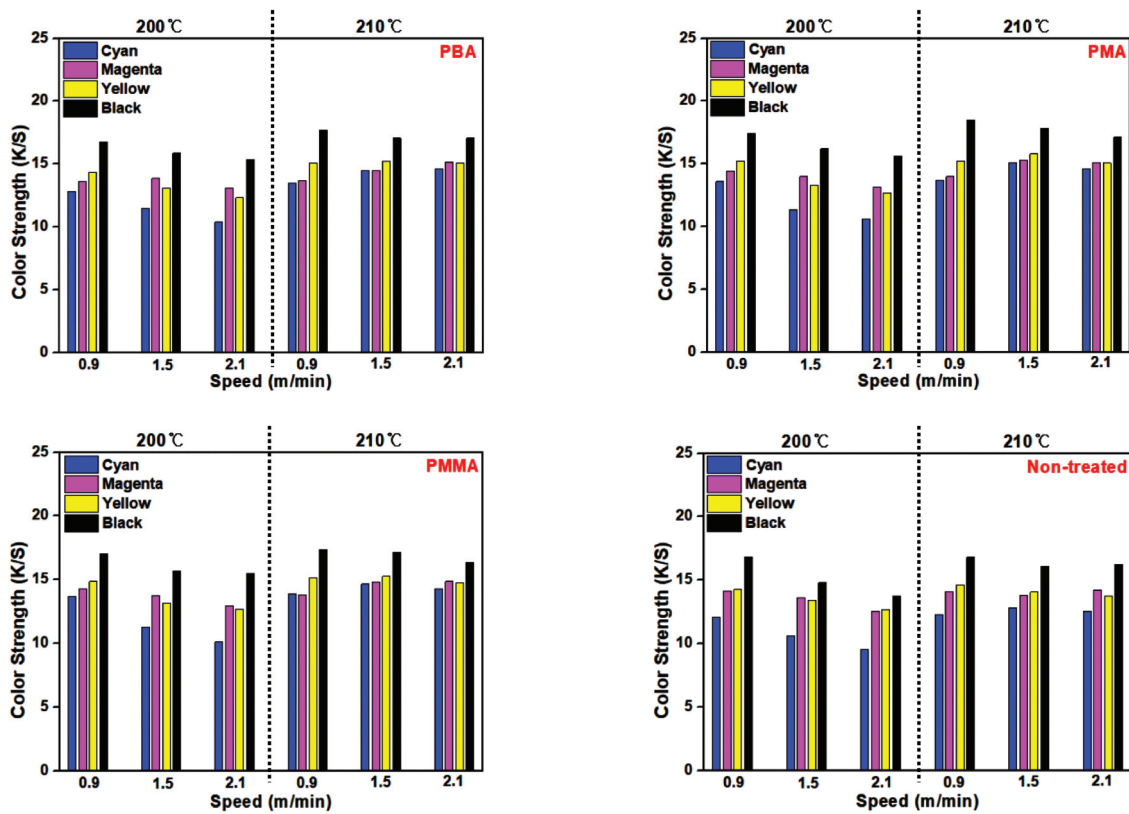


Figure 6. Color strength of nylon fabric pre-treated with acrylic pre-treatment agent by speed.

미처리 된 원단과 가시영역인 360nm~750nm에서 Black 컬러의 발색을 비교 분석하여 Figure 7에 나타내었다. 미처리 원단의 전사날염 결과물은 전처리 원단에 비해 가시영역 전체에서 색의 강도가 낮게 나타났다. 원단에 전처리를 함으로서 Cyan, Magenta, Yellow의 발색이 증가하였고 이로 인해 Black 역시 가시영역 전체에서 발색이 증가하였다. 그리고 전처리 조제 중 PMA를 사용하였을 때 가장 높은 발색을 보였다.

Figure 7은 Black 잉크 데이터의 미처리 원단을 보면, 가시영역 전체에서 골고루 색의 강도가 높지 않고 600nm~650nm영역의 발색 강도가 낮게 나타났다. 미처리 나일론 원단의 L*은 23.429, a*는 14.037, b*는 3.261로 나타났으며, 전처리 나일론 원단의 L*은 24.067, a*는 6.075, b*는 -0.785로 나타났다.

Black 컬러가 b*의 값이 미처리원단은 양수 값으로 노란색을 띄었고 전처리원단은 음수 값으로 파란색을 띄었다. 또한, 전처리를 함으로서 600nm~650nm 영역이 증가하여 전처리를 한 나일론 원단의 Black은 뚜렷한 검정색을 띄었다. 이 색깔의 차이를 육안으로 확인할 수 있도록 Figure 8에 나타내었다.

3.4 견뢰도 평가

전사날염 공정을 완료한 미처리 나일론 원단과 전처리를 한 나일론 원단의 4색 혼합 Black 색에 대한 세탁 견뢰도, 마찰견뢰도, 일광견뢰도 테스트를 진행하여 내구성을 평가하여 나타내었다.

세탁견뢰도는 변퇴색과 멀티포(Acetate, Cotton, Nylon, Polyester, Acrylic, Wool)의 오염 등급을 관찰하였다.

Table 2에서 멀티포의 오염 정도는 미처리 나일론보다 전처리 나일론 원단이 높은 등급으로 나타났고 변퇴색은 미처리와 동일하게 나타났다. 전처리를 한 나일론 원단의 변퇴색에 경우, 전처리 조제에 의해 색이 빠지는 일은 없었고 멀티포의 오염 등급에서 미처리 원단의 전사날염 보다 오염 등급이 높게 나타났다. 나일론과 아세테이트 원단의 경우 염색물에서 이염이 잘되는 소재로 잘 알려져 있다.

본 연구에서 나일론 원단 표면에 아크릴계 전처리 조제를 코팅한 형태로 미처리 나일론 원단에 비하여 이염이 적은 것으로 사료된다. 하지만 차후 폴리아마이드와 아세테이트의 오염포의 오염 등급을 개선하는 연구를

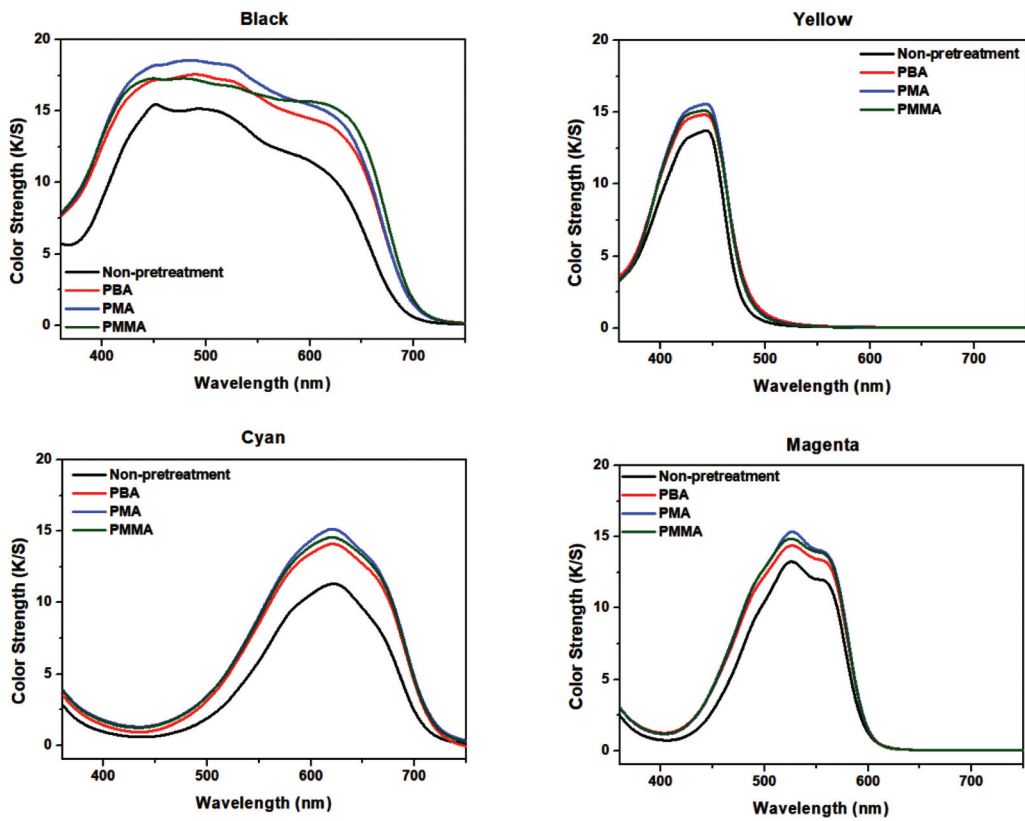


Figure 7. Comparison of color strength(K/S value) of four sublimation ink printed on pre-treated nylon material and non-treated nylon.

계속해서 진행해 볼 필요가 있을 것이다.

마찰견뢰도는 건식포와 습식포를 경사 위사 방향으로 측정하여 등급 판정하여 Table 3에 나타내었다. 전처리 조제 PBA를 사용했을 때가 경사, 위사 방향 마찰견뢰도 값이 미처리 된 원단에 비해 등급이 높게 나타났다. 이는 유리 전이 온도가 상대적으로 낮은 PBA로 처리한 나일론이 유연한 성질에 의해 승화 잉크가 깊숙하게 침투하여 고착되어 마찰견뢰도 값이 증가한 것으로 사료된다. PMA, PMMA 조제를 사용했을 경우,

경사방향의 마찰견뢰도가 습식포는 미처리 나일론 원단과 동일한 등급을 보였고 습식포에서는 더 높은 등급을 보였다.

일광견뢰도는 XENON-ARC-LAMP, BLUE SCALE 을 통해 등급판정을 Table 4에 나타내었다. 미처리 나일론 원단은 1-2급으로 일광견뢰도가 낮게 판정되었으며 전처리를 한 나일론 원단은 일광견뢰도가 3 또는 3-4급이 판정되어 전처리공정을 거친 나일론 원단이 일광견뢰도가 좋아진 것으로 확인되었다. 기존 나일론



Figure 8. Comparison of black color of pre-treated nylon and non-treated nylon.

Table 2. Wash fastness of untreated nylon fabric and pre-treated nylon fabric transferred with C, M, Y, K mixed black color

Colorant	Pre-treatment	Color change	Staining on adjacent fabric(grade)					
			Acetate	Cotton	Nylon	Polyester	Acrylic	Wool
Black	No	4	2	3-4	2	3	4-5	3
	PBA	4	2-3	3-4	2-3	3-4	4-5	3
	PMA	4	2-3	3-4	2-3	3-4	4-5	3
	PMMA	4	2-3	3-4	2-3	3-4	4-5	3

Table 3. Rub fastness of untreated nylon fabric and pre-treated nylon fabric transferred with C, M, Y, K mixed black color

Colorant	Pre-treatment	Rub fastness(grade)	
		Dry	Wet
Black	No	Warp	
		3	3
		3-4	4
		3	4
		3	4
	PMA	Weft	
		2-3	2-3
		3-4	4
		3	2-3
		3	2

전사날염에서 일광견뢰도가 문제가 되었다.

본 연구에 사용된 아크릴 전처리 조제에 의해 광 에너지를로부터 1차 보호 되어 일광견뢰도가 등급이 높아진 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 나일론 원단의 전사날염을 위한 원단 전처리 조제에 대한 연구로 전처리 조제를 이용하여 원단을

Table 4. Light fastness of untreated nylon fabric and pre-treated nylon fabric transferred with C, M, Y, K mixed black color

Colorant	Pre-treatment	Light fastness(grade)
Black	No	1-2
	PBA	3
	PMA	3
	PMMA	3-4

개질하고 전사날염 공정과정에 전처리 공정과정을 추가하여 그림으로 구체화 하였다. 사용한 전처리 조제의 성분으로는 아크릴계 고분자를 사용하였고 조제를 이용하여 나일론 원단의 전사 DTP 공정에 적용하고, 처리하지 않은 나일론 원단의 전사날염과 비교 분석으로 나일론 전사날염의 전처리 조제로서의 가능성을 연구하였다.

1. 아크릴계 3가지 전처리 조제의 농도가 증가 될수록 발색은 감소하는 경향을 보였다. PBA 전처리 조제의 경우 조제의 양이 많아짐에 따라 비결정화 고체인 유리 부분의 온도가 낮아 고온에서 유연해진 원단 뒷면까지 많이 침투되어 표면 발색이 점점 감소한 것으로 보인다. PMA와 PMMA의 전처리 조제의 경우, PBA에 비해 높은 비결정화인 유리부분이 농도의 증가로 나일론 원단이 뻗뻗해졌으며 고온에서 잉크가 원단 깊숙이 침투하지 않고 표면에 잉크가 고착되거나 혹은 고착되지 못해 발색이 점점 감

소한 것으로 보인다.

2. 전처리 조제에 의해 변화된 나일론 원단의 촉감을 고려하여 각각 5wt%에서 전처리를 하고 전사날염 조건에 따른 최적의 발색을 확인한 결과 210℃에서 1.5m/min에서 최적의 발색을 보였다. 속도가 1.5m/min 이하에서 오랜 시간과 높은 온도에 의해 승화된 잉크가 공기 중으로 빠져 나간 것으로 보이며 그 이상의 속도에서는 빠른 시간에 의해 승화된 잉크가 충분히 고착되지 못한 것으로 사료된다.
3. Black 컬러의 경우, 미처리 원단의 전사날염 결과물은 전처리 원단에 비해 가시영역 전체에서 색의 강도가 낮았으며, 특히 600nm~650nm 영역에서 색의 강도가 낮게 나타났다. 미처리 나일론 원단의 L*은 23.429, a*는 14.037, b*는 3.261로 나타났으며, 전처리 나일론 원단의 L*은 24.067, a*는 6.075, b*는 -0.785로 나타났다. Black 컬러가 b*의 값이 미처리원단은 양수 값으로 노란색, 전처리원단은 음수 값으로 파란색 쪽으로 나타났다.
4. 세탁, 마찰, 일광견뢰도는 전처리를 한 나일론 원단이 더 우수한 등급으로 판정되어 전처리 조제에 의해 세탁, 마찰, 일광에 안정성을 보였다. 세탁견뢰도의 오염등급에서 폴리아마이드와 아세테이트의 등급을 개선하기 위한 전처리 조제를 계속해서 연구를 해 볼 필요가 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 “물 없는 컬러산업 육성사업”으로 수행된 연구의 일부 결과임(과제번호 : 10078337, 과제명 : 고속 전사날염 공정기술 개발).

References

1. H. J. Kim, H. J. Seo, D. S. Kwak, J. P. Hong, S. H. Yoon, and K. Shin, Preparation and Evaluation of Low Viscosity Acrylic Polymer Based Pretreatment Solution for DTP Reactive Ink, *Textile Coloration and Finishing*, **29**(3), 122(2017).
2. S. J. Lee and J. D. Jang, Effect of Heat Treatment on the Color Developing of Cotton Fabrics Dyed with Different Combination Methods of Persimmon and Catechu, *Textile Coloration and Finishing*, **30**(3), 16(2018).
3. Y. C. Han, D. H. Kim, K. S. Oh, H. J. Shin, J. H. Yang, and H. M. Jeong, Effect of Polyethylene Glycol Molecular Weight and NCO Index on Properties of the Hydrophilic Reactive Hotmelt Polyurethane Adhesives, *Textile Coloration and Finishing*, **30**(2), 90(2018).
4. D. S. Jeong and T. I. Chun, Color Fastness of Digital Textile Printing on Silk Fabrics -The Effect of the Mixed Pre-treatment Agent-, *J. of The Korean Society of Clothing Industry*, **12**(5), 808(2018).
5. Y. K. Lee, The Age of 4.0 Industry, the ICT Convergence in Fashion Industry, *J. of the Korean Society Design Culture*, **23**(2), 497(2017).
6. M. G. Hong, H. N. Lee, J. Y. Kim, L. P. Zhang, S. H. Yoon, M. K. Kim, and S. S. Kim, A Study on the Media Treatment Technology of the High-Coloured Digital Textile Printing, *J. of the Korean Society of Dyers and Finishers*, **19**(4), 1(2007).
7. S. Y. Park, D. W. Jeon, Y. C. Park, B. S. Lee, and Y. H. Park, Effect of Color Management System on the Color Reproduction between Monitor and Printer in Digital Textile Printing, *Textile Science and Engineering*, **46**(2), 113(2009).
8. K. H. Eom and M. H. Cho, A Study on the Application of Digital Transfer Printing, *J. of the Korean Society Design Culture*, **11**(4), 118(2005).
9. S. B. Ki, H. J. Seo, J. P. Hong, S. H. Yoon, and K. Shin, Research of Possibility of Carrageenan as DTP Pre-treatment Thickening Agent for Cellulosic Fabric, *Textile Coloration and Finishing*, **27**(4), 318(2015).
10. H. H. Cho, M. H. Chung, and A. R. Lee, Develop ECOFREE High Concentration Full Black Dye using Transfer Printing and Application Technology, *J. of the Korea Fashion and Costume Design Association*, **19**(2), 39(2017).
11. M. H. Cho, A Study on Optimal Transfer Conditions of Sublimation Transfer Digital Textile Printing, *J. Korean Society of Fashion Design*, **10**(4), 59(2010).
12. G. M. Choi and K. H. Kim, A Study of the Color Reproducibility and Color Fastness of Digital Textile Printing for Nylon Sublimation Transfer, *The Res J. of Costume*

- Culture*, **26**(5), 754(2018).
13. T. G. Lim and M. C. Lee, Adhesive Properties of Emulsion PSA Polymerized Using Tween Series Nonionic Surfactants, *J. of Korean Chem Eng Res.*, **52**(3), 289 (2014).
 14. M. K. Sim and S. D. Seoul, Manufacture and Properties of Water Soluble Acrylic Type PSA's -Effect of Functional Monomer Change and Atmospheric Plasma Treatment-, *Polymer(Korea)*, **33**(1), 45(2009).
 15. S. H. Lee and W. S. Song, Dyeing Properties on Polylactic Acid(PLA) Fabrics by Disperse Dyes, *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **37**(7), 952(2013).
 16. Y. S. Lee and J. E. Eum, Coloring Analysis of Digital Textile Printing According to the Type of Fiber, *J. of the Korea Fashion and Costume Design Association*, **12**(2), 67(2010).

Authors

김혁진 DYETEC연구원 전임연구원
 홍진표 DYETEC연구원 팀장
 곽동섭 DYETEC연구원 전임연구원
 서혜지 DYETEC연구원 전임연구원
 김현조 (주)컴마트 이사