

PET 인조 스웨이드 적용을 위한 적색 수성 잉크의 제조 및 코팅 특성 연구

Investigation on the Preparing and Coating Properties of Water-based Red Ink for PET Synthetic Suede

*Corresponding author

Dae Geun Kim
(dgkim0119@dyetec.or.kr)

이혜미, 김대근*, 김아롱, 이정훈¹, 이승걸^{1**}

다이텍연구원 부산분원, ¹부산대학교 유기소재시스템공학과

**Co-corresponding author

Seung Geol Lee
(seunggeol.lee@pusan.ac.kr)

Hye Mi Lee, Dae Geun Kim*, Ah Rong Kim, Jeong Hoon Lee¹ and Seung Geol Lee^{1**}

Korea Dyeing and Finishing Technology Institute(DYETEC), Busan, Korea

¹Department of Organic Material Science and Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

Received_November 19, 2017

Revised_December 04, 2017

Accepted_December 05, 2017

Textile Coloration and Finishing

TCF 29-4/2017-12/202-210

©2017 The Korean Society of Dyers and Finishers

Abstract In recent years, the water-based ink have been widely used in various industrial applications due to environmental problems. Dispersibility of the pigment for applications of the water-based ink is the one of the most important technical factors to produce uniform color products. Thus, in this study, the three-roll mill process was used to improve the dispersion of the water-based ink. The results indicated that the three-roll mill reduced the size of pigment particles in the ink more than 50%. In addition, the dispersant showed an important role to maintain the dispersion stability of the pigment in the water-based ink over 120 hours. We also confirmed the optimum contents of the ink stock solution, drying temperature and drying time by the colorimeter and colorfastness tests on produced PET synthetic suedes.

Keywords PET tricot, synthetic suede, coating, polyurethane, water-based ink, pigment

1. 서 론

인조스웨이드는 일반적으로 경편물 기모원단에 유기 용제형 폴리우레탄 수지로 함침(dipping)한 제품으로, 특유의 표면촉감과 우수한 기계적 물성으로 인하여 신발용, 장갑용 등 패션잡화용을 비롯하여 자동차내장재 등의 각종 산업용 섬유 분야에 다양하게 적용되고 있다^{1,2)}. 최근에는 환경에 대한 관심이 증가함에 따라 유기 용제형 폴리우레탄에 사용되는 디메틸포름아미드(N,N-Dimethylformamide, DMF), 메틸아세트아미드(N,N-Methylacetamide, DMAc)와 같은 휘발성 유기용매가 환경오염 및 인체에 치명적인 영향을 끼치는 원인이 되어 이에 따른 규제가 강화되고 있다. 이에 따라 유기용제형 폴리우레탄은 물을 용매로 사용하는 수분산형 폴리우레탄(waterborne polyurethane,

WPU)으로 대체되어 사용되고 있다³⁻⁷⁾.

이러한 추세에 따라 도로, 코팅 산업용 소재도 용제형에서 수성형으로 점차 전환되고 있다. 수성 에멀전 수지를 사용한 접착제, 도로, 잉크 제품은 유기 용제를 사용한 제품에 비하여 분자량이 매우 높아서 적용되는 최종 제품의 물성을 향상시킬 수 있으며, 반응 매질로 물을 사용하여 생성되는 수지가 나노 입자 형태로 형성되어 수상에 분산되어 있기 때문에 고형분 함량이 높으면서도 점도를 낮게 유지할 수 있는 장점이 있다^{8,9)} 수성 잉크를 제조하는 데 있어서 중요한 요소는 첨가되는 안료가 수성 폴리우레탄에 고르게 분산되어 안료의 표면적을 증대시킬 수 있고, 용액 상에 분산된 안료와 수지와의 상 분리가 발생하지 않도록 시간 경과에 따른 분산안정성 등이 확보되는 것이다. 상기 기술요소를 바탕으로 제조된 수성 잉크를 후가공 공정을 통해 인조 스

웨이드에 최종적으로 적용하는 공정 설계 또한 필요하다.

본 연구에서는 친환경 PET 인조 스웨이드의 프린팅 공정에서 사용되는 수성타입의 잉크를 3-roll-mill 공정을 통하여 분산성을 확보하고, 분산제 첨가를 통하여 분산안정성을 향상시키고 분산 최적조건을 확립하고자 하였다. 또한 제조된 수성잉크를 PET 인조 스웨이드로 적용하여 발색성을 극대화 할 수 있도록 잉크함량, 건조시간 및 건조온도 등 공정특성을 연구함으로써 신발용, 장갑용, 자동차 내장재 등으로 활용되는 수성 잉크 프린팅 인조스웨이드 제조에 대한 기초자료를 확보하고자 한다.

2. 실험

2.1 시약

2.1.1 안료 및 시약

안료는 Table 1에서 보는 바와 같이 CLARIANT Co., LTD.의 분말(powder)상태로 된 안료(Novoperm-Rot HF2B 01, Clariant, Korea)를 사용하였다. 잉크제조에 사용되는 폴리머는 수분산 폴리우레탄 (Waterborne polyurethane 4614, VIX Corp., Korea)을 베이스로 하였고, 분산제(Disperbyk2055, BYK, Germany) 및 점증제(OPTIFLD-L150, BYK, Germany)을 사용하였다.

2.1.2 시료

본 연구에 사용된 시료는 수분산 폴리우레탄 수지로 가공된 인조 스웨이드로 Polyester 100%로 구성된 두께 0.8mm인 트리코트 경편성물을 기재로 하였다 (Table 2).

가공조건은 증류수와 수분산 폴리우레탄을 100:10 비율로 희석하여 만든 제조액에 pad-dry 법으로 처리하였다. 패딩은 padder(DCTH-A100DU, Daelim Starlet, Korea)로 속도 20rpm, 압력 0.4MPa 조건 하에서 wet pick-up율은 70~75%로 조절하였고, 건조는 mini-tenter(DL-2015, Daelim Starlet,

Table 1. Properties of Pigment

Pigment	Particle Size(μm)	Physical form
Novoperm-Rot HF2B 01(RED)	12.5	Powder

Table 2. Specimen of PET tricot fabric

Material	Structure	Warp/Weft	Thickness
Polyester 100%	Tricot warp knitted fabric(3-bar)	75d/72f	0.8mm

Korea)로 실시하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 수성 잉크배합 및 안료 분산

수성 잉크의 배합에 있어서 잉크 조성은 수분산 폴리우레탄 수지와 증류수, 안료, 그리고 점증제로 하였다. 잉크 조성은 다음 Table 3에 나타내었다.

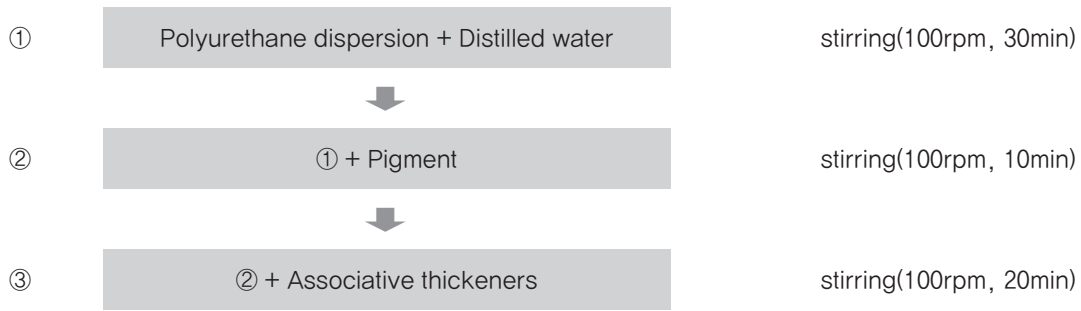
배합의 순서는 Scheme 1에서 보시는 바와 같이 수분산 폴리우레탄 수지 60g을 기준으로 하여 용매로 증류수 20g을 넣고 30분 동안 1차적으로 교반하여 수분산 폴리우레탄 수지가 물에 충분히 용해되도록 하였다. 다음으로 안료(powder) 15g을 투입하여 10분 동안 2차 교반을 통해 안료 파우더입자가 잉크액에 골고루 분포되도록 하였다.

마지막으로 밀링공정에 적합한 점성확보를 위하여 점증제 5g을 추가적으로 투입하고 20분간 3차 교반을 진행하였다. 이때, 교반기는 homogenizer(RW20 digital, IKA, Germany)을 이용하여 100rpm 조건에서 수행하였다.

평균 입자크기가 약 12μm인 안료 파우더를 상기용액 상에서 분산하기 위하여 배합된 잉크를 3-roll mill(EXAKT Superfine Series 50i, EXAKT Advanced Technologies GmbH, Germany)을 사용하여 110rpm으로 밀링(milling)공정을 수행하였고, 밀링공정의 횟수 0~3(회)에 따라 각기 다른 시료를 제조하였다. 3-roll mill은 Scheme 2에서 보시는 바와 같이 회전거동이 상이한 3개의 롤러 사이를 시료가 통과

Table 3. Composition of polyurethane dispersion ink

Materials	Contents(wt%)
Polyurethane Dispersion	60
Distilled water	20
Pigment	15
Thickener	5



Scheme 1. Stirring conditions of preparing stock solution.

하면서 물리적으로 밀링되는 원리로, 회전롤러를 통과한 입자는 입자크기가 분쇄된다. 이때, 용액은 적절한 점도와 흐름성을 가지고 있어야 하며, 용액의 점도가 너무 묽거나 높으면 공정 수행에 어려움이 있다.

밀링공정으로 분쇄되어 입자 사이즈가 감소한 용액은 시간경과에 따라서 잉크 용액 내에서 상분리가 발생한다. 상분리 발생을 최소화하기 위해 분산제를 투입하여 안료 표면에 분산제가 흡착하여 안료 상호간의 정전기적 안정화(Stabilization)를 시켜주어야 한다. 상분리 거동을 억제하기 위해 분산제 0~6(%) 농도별로 수성 잉크를 배합하여 제조하였다.

2.2.2 수성 잉크의 분산 및 분산안정성 평가

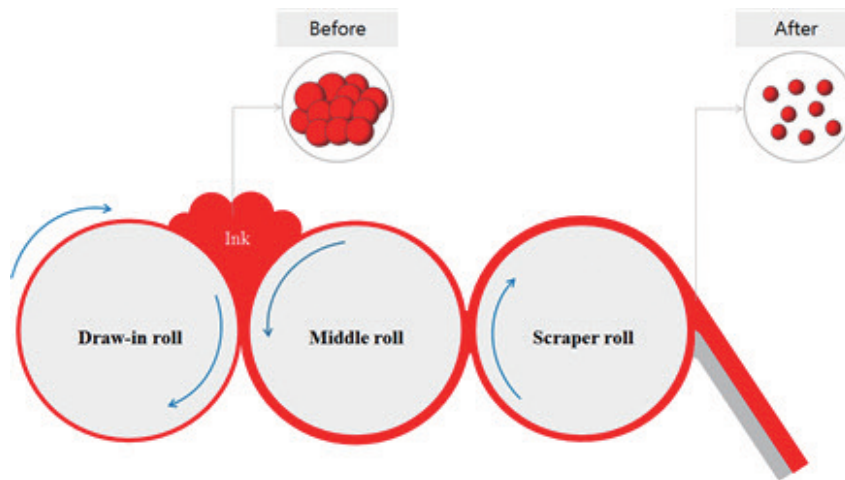
밀링공정 횟수 0~3(회)에 따른 수성 잉크 내 안료 분산성을 확인하기 위하여 입도분석기(LS I3 320, Beckman Coulter, USA)를 이용하여 평균 입도크기를 측정하였다. 또한, 분산제 농도 0~6(%)에 따른 수성 잉크 내 안료 분산안정성을 확인하기 위하여 시간경

과에 따른 상분리 거동을 육안으로 확인하고, 크기에 따른 상대적인 누적 양에 대해서 입도 분포 곡선을 도식화하여 각 비율별 입자 크기를 나타내는 입도분포(D10, D25, D50, D75, D90)에 따라 비교 분석하였다.

2.2.3 수성잉크 적용 인조스웨이드의 코팅

수성잉크를 인조스웨이드에 적용하는 것은 구현하고자 하는 최종 색상을 매칭하기 위함이며, 잉크가 점도가 높아 두껍게 코팅되거나 점도가 낮아 원단 내부로 침투가 많이 되지 않도록 적절한 점도로 묽혀서 작업하는 것이 용이하다.

수성 잉크의 분산 및 분산안정성 평가로 선정한 밀링 1회, 분산제 4% 조건으로 제조된 수성잉크를 함량 10~40(%)에 따라 증류수로 희석한 후, 인조스웨이드에 코팅하여 적절한 잉크 함량을 선정하였다. 건조조건은 수성 폴리우레탄 수지가 충분히 건조될 수 있도록 110℃에서 약 5분 동안 수행하였다. 상기 제조한 수성 잉크(함량 30%)로 코팅한 인조스웨이드의 최적 건조온



Scheme 2. Schematic of 3-roll-mill process.

Table 4. Average of particle size of pigment according to count of milling

Pigment No. of milling	In Ink 0	In Ink 1	In Ink 2	In Ink 3
Average of particle size(μm)	67.53 \pm 5.05	34.7 \pm 1.12	34.7 \pm 1.58	33.3 \pm 2.28

도와 건조시간을 찾아내기 위해 건조시간은 1~30분, 건조온도 90~130(°C)에 따라 제작하여 테스트하였다. 인조스웨이드 표면에 코팅한 방식은 knife over roll 코팅방식으로 knife와 coating roller 사이의 간격은 50 μm 이내로 조절하였고, coater(DL-2015AC, Daelim Starlet, Korea)를 사용하여 코팅을 진행하였다.

2.2.4 수성잉크 적용 인조스웨이드의 성능평가

수성잉크를 적용한 인조스웨이드의 발색성을 확인하기 위하여 측색기(Datacolor 800, datacolor, USA)을 사용하여 L*, a*, b*값을 측정하였다. 그리고 분광 반사율을 측정한 후, Kubelka-Munk 식에 의해 겉보기 염착량(K/S)값과 Total K/S 값을 계산하여 상대 비교하였다. 측색기의 측색조건은 표준광원 D65, 표준 관측자 10° 에서 경면반사제외(SCI) 및 UV를 포함하는 조건으로 측정하였다.

수성잉크를 적용한 인조스웨이드의 견뢰도를 확인하기 위하여 시편 2.5cm x 15cm을 백포에 10회 반복 마찰시험을 하여 백포에 묻어나온 정도를 육안으로 등급 판정을 하였다. 이때, 시험장비는 crocking tester (KJ-60, Kyungjin Testing Instrument, Korea)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수성잉크의 분산성 평가

3.1.1 밀링(3-roll-mill)효과

본 연구에서 사용한 안료는 불용성으로 평균 입자크기가 약 12 μm 인 파우더(powder) 형태로 잉크용액을 제조하기 위하여 해당 안료가 수분산 폴리우레탄 수지와 혼합되면 안료가 응집되면서 입자크기가 더욱 증가한다. 따라서 안료와 수지가 집합하여 부피가 증가한 잉크를 분산시켜 안료와 수지의 계면을 더욱 밀착시키는 물리적인 분산 공정이 선행되어야 한다.

분산 공정으로 3-roll-mill을 수행하였으며, 110rpm의 조건에서 횟수에 따라 0, 1, 2, 3(회) 밀링하여 분산효과를 평가하였다.

Table 4는 수분산 폴리우레탄 수지와 증류수가 결합된 안료의 평균 입자크기를 입도분석기로 3회씩 측정하여 분석한 결과이다. 밀링 횟수에 따라서 평균 입자크기는 밀링 공정을 적용하지 않은 경우(0회)에는 67.53 μm , 밀링 1회에서 34.7 μm 로 밀링 전 후의 크기가 약 50% 감소하였으나, 밀링 2회와 밀링 3회에서는 크게 변화가 나타나지 않았다.

Figure 1에서 입자 크기 분포(D10, D25, D50, D75, D90)를 확인한 결과 밀링 1회에서 밀링 공정을 적용하지 않은 결과에 비해 D75~D90 값이 큰 폭으로 감소하였다. 밀링 2회와 3회의 경우 밀링 1회의 결과와 비교하여 볼 때 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 밀링공정에 의한 분산은 1회만으로 충분하다고 판단하고, 밀링 1회를 임계점으로 설정하였다.

Figure 2는 밀링 공정 수행 전과 1회 수행 후, 수성잉크를 도포한 인조스웨이드 표면 SEM image이다. 밀링 공정을 하지 않은 샘플의 경우, 입자가 응집이 발생하여 뭉쳐있는 spot이 많이 관찰되며, 밀링 공정 1

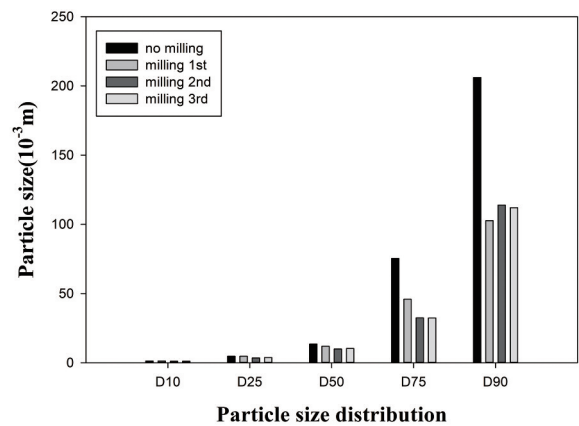


Figure 1. Particle size distribution according to count of milling.

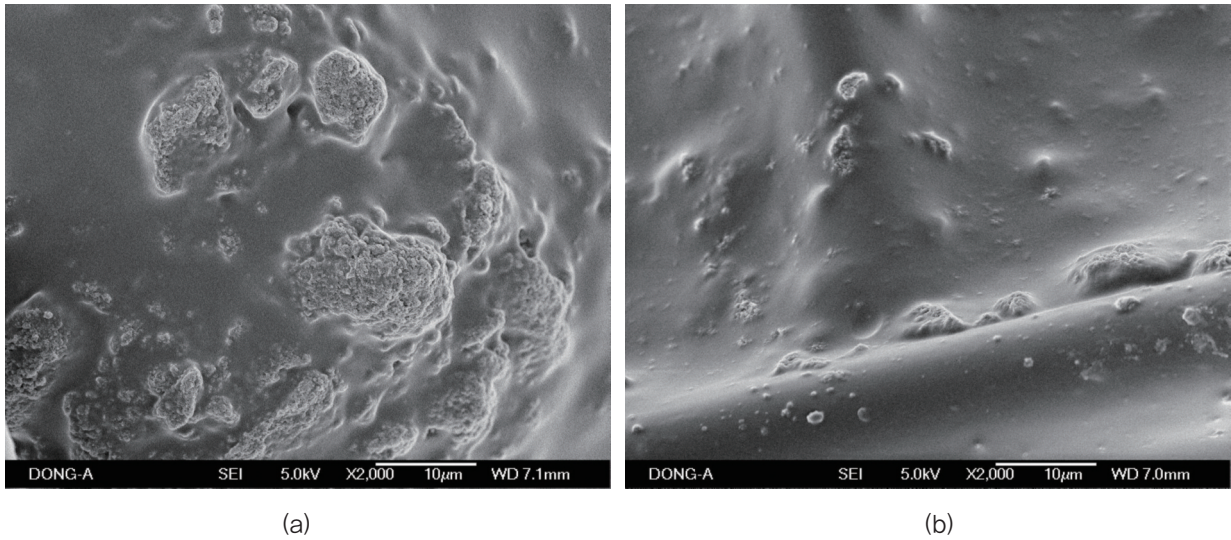


Figure 2. SEM images of before(a) and after(b) 3-roll-mill.

회를 수행한 샘플의 경우, 응집된 입자가 거의 관찰되지 않고, 전체적으로 분산이 잘 되었음을 볼 수 있다.

3.1.2 분산제 효과

일반적으로 안료는 입도 분포가 좁을수록 분산성이 향상된다고 보고된다¹⁰⁾ 수성 잉크를 물리적으로 분산시킨 후, 분산 상태를 유지하고 안정화하기 위해서는 안료 표면에 분산제를 흡착하여 안료 상호간의 인력을 무력화하여야 한다.

특히, 수성잉크의 경우 정전기적 안정화가 중요한데, 분말 입자 각각에 동일한 극성을 부여하면 입자끼리 서로 밀어내는 경향을 지니므로 응집이 생기는 것을 방

지하는 효과가 있다.

따라서 분산제 함량 0, 2, 4, 6(%)에 따른 분산 안정성을 평가하기 위해 밀링 1회 작업한 수성잉크에 각 함량별 분산제를 첨가하여 입도분석기로 입자 크기 분포(D10, D25, D50, D75, D90)를 측정하여 분산성을 분석하였다. Figure 3에서 보듯이, 입자 크기 분포에서 분산제를 넣지 않은 수성잉크에 비해 분산제 함량 2%, 4%, 6% 잉크의 경우, 평균입자크기가 감소하고 입도크기 분포 D90에서 분산제 0% 대비 50% 이상 낮은 수치를 보였다. 이는 분산제 함량이 증가할수록 안료 입자 사이에 분산제가 흡착되면서 입체적 안정화를 이룬 것으로 사료된다. 또한, 수성잉크의 상분리 및 안

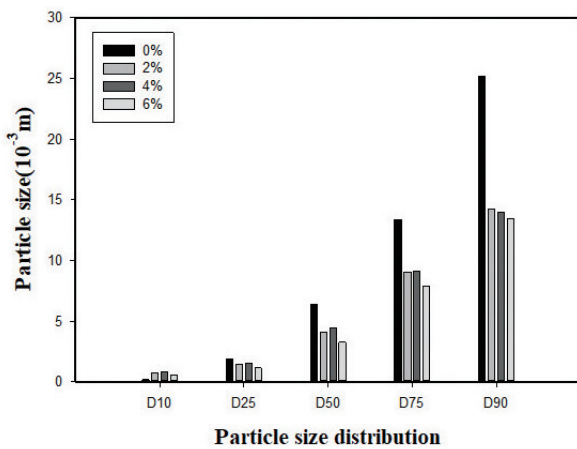


Figure 3. Effect of dispersant on the particle size distribution.

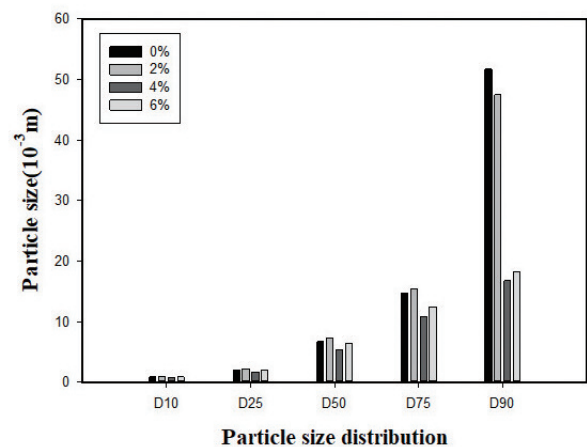







Figure 4. Effect of dispersant on the particle size distribution after 120 hours.

Table 5. Effect of dispersion ink contents on printed PET suede

Color factors	Ink contents(%)				
	Ref.	10	20	30	40
L*	35.38	32.82	31.06	29.99	29.20
a*	50.88	50.65	48.92	48.00	46.18
b*	23.44	25.18	24.51	24.01	22.63
c*	56.02	56.57	54.72	53.67	51.43
h*	24.73	26.43	26.61	26.58	26.11
sample					

료 상호간의 인력에 대한 분산안정성을 평가하기 위하여 120시간 경과 후에 입도분포의 변화를 입도분석기로 재측정 하였다.

Figure 4에서 시간 경과에 따라서 분산제 함량 0%와 2%의 경우, 입도크기 분포 D90에서 급격하게 증가하는 거동을 보였다. 0%의 경우 D90에 해당하는 입자크기가 25.19 μm에서 51.73 μm로 약 2배 증가하였고, 2%의 경우 D90에 해당하는 입자크기가 14.24 μm에서 47.46 μm로 약 3배 증가하는 양상을 나타내었다. 하지만, 분산제 함량 4% 이상인 경우에는 D10~D75까지는 거의 변화가 미미하였고, D90에서도 14.01 μm에서 16.76 μm로 시간 경과 후에도 입도분포의 변화가 크게 나타나지 않았다. 따라서 분산제 함량 4%를 최적 조건으로 설정하였다.

3.2 수성잉크 적용 인조스웨이드의 발색성 평가

3.2.1 원액함량별 평가

상기 밀링횟수 및 분산제 함량에 따른 분산안정성에 대한 실험결과를 토대로 밀링 1회, 분산제 함량 4%로 제조한 수성잉크를 최종 색상 매칭을 위해 인조 스웨이드에 코팅하여 적용하였다.

스웨이드 원단의 코팅 공정성 향상을 위해 제조 잉크를 증류수로 희석하였고, 증류수 대비잉크 원액 함량을 10%, 20%, 30%, 40%로 하여 인조스웨이드에 코팅한 후(건조조건 110°C, 5mins) 측색기로 샘플의 색상 및 발색성을 측정하였다.

Table 5는 잉크 함량별 L*, a*, b* 및 c*, h* 결과로, 프린팅을 하지 않은 샘플(Ref.)에서 잉크 함량이 증가함에 따라 L*, a*, b*, c* 값은 점차 감소하였다.

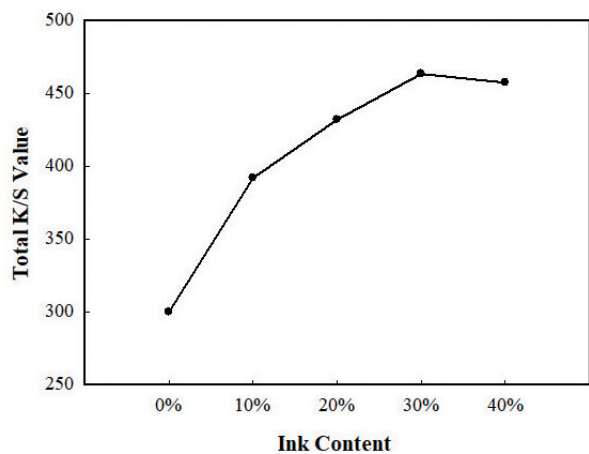
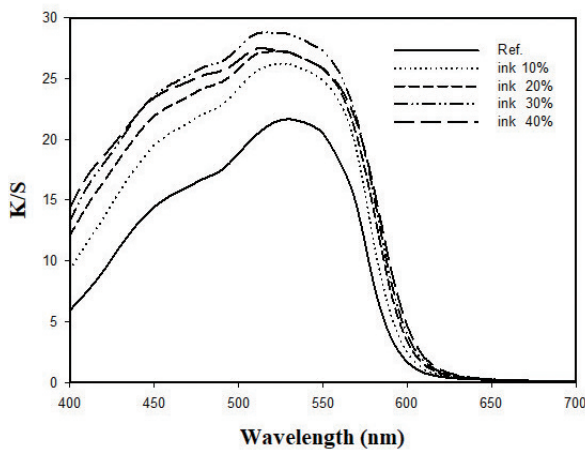
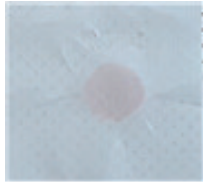

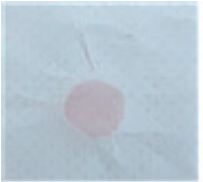
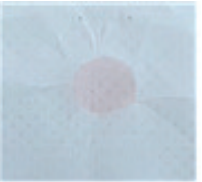



Figure 5. Effect of ink contents on (a)K/S Value, (b)Total K/S Value.

Table 6. Effect of drying temperature on printed PET suede

Color factors	Drying temperature(° C)				
	90	100	110	120	130
L*	33.25	34.24	34.88	33.72	33.75
a*	45.44	46.68	47.52	46.24	46.26
b*	29.42	30.64	31.50	30.16	30.16
c*	54.31	56.02	57.21	55.39	55.41
h*	32.78	33.14	33.39	32.98	32.96

Table 7. Test results of crocking(dry)

	Drying temperature(° C)				
	90	100	110	120	130
Grade(dry)	3	3	3	3	3
Sample					

sample 사진은 스웨이드 원단에 수성잉크를 코팅한 샘플의 이미지이며, 잉크 함량이 증가할수록 색상이 어둡고 탁한 것을 실제 샘플에서도 확인할 수 있다.

Figure 5(a)는 잉크함량에 따른 K/S 값을 측정(400~700nm)한 그래프로, 수성잉크를 적용하지 않은 샘플(Ref.) 대비 잉크함량이 10%에서 20%, 30%로 증가할수록 파장대별 K/S 값이 증가하다가 40%에서는 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 잉크함량이 너무 높은 경우 기모(napping)성이 있는 스웨이드 표면에 고착이 감소하여 발색성이 감소하는 것으로 사료된다.

따라서 잉크함량이 30%인 경우에 높은 색상 강도를 나타내어 가장 우수한 발색효과를 나타내었다. 또한, Figure 5(b)에서 보는 바와 같이 Total K/S 값 또한 잉크함량 30%인 경우가 가장 높음을 확인할 수 있다.

3.2.2 건조온도별 평가

건조온도가 발색성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 상기에서 선정된 원액 함량 30%인 수성 잉크로 건조온도 90, 100, 110, 120, 130(°C)에 따라 PET 인조 스웨이드에 코팅하였다. 이때, 건조시간은 5분으로

고정하고, 제조된 시료는 측색기로 색상 및 발색성을 측정하였다.

Table 6은 건조온도별 L*, a*, b* 및 c*, h* 결과로 90, 100, 110, 120, 130(°C)로 건조시간이 증가하여도 크게 변함이 없었고, 오차범위는 ± 3 이내로 근소한 값 차이를 보였다.

Figure 6(a)는 건조시간에 따른 K/S 값을 측정(400~700nm)한 그래프이고, Figure 6(b)은 Total K/S value를 나타낸 그래프이며 모두 건조온도에 따른 발색성의 변화는 확인할 수 없었다.

Table 7은 건조온도에 따른 마찰견뢰도(crocking) 테스트 결과로 상기에서 측정한 색상 및 발색성 결과에서처럼 90, 100, 110, 120, 130(°C)로 건조시간이 증가하여도 크게 변함이 없었고, 등급은 모두 3급으로 판별되었다.

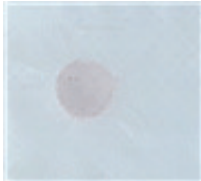


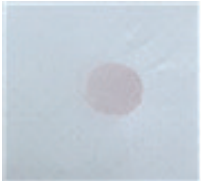
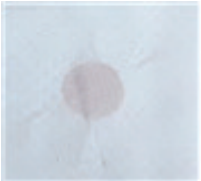
3.2.3 건조시간별 평가

건조시간이 발색성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 상기에서 선정된 원액 함량 30%인 수성잉크로 건조시간 1, 5, 10, 20, 30(mins)에 따라 인조스웨이드에 코팅하였다. 이때, 건조온도는 110°C로 고정하고, 측

Table 8. Effect of drying time on printed PET suede

Color factors	Drying time(mins)				
	1	5	10	20	30
L*	29.63	29.77	29.50	29.49	29.90
a*	47.41	47.90	47.72	47.91	48.27
b*	23.48	23.93	23.86	24.05	24.42
c*	52.91	53.55	53.35	53.61	54.09
h*	26.35	26.55	26.56	56.65	26.84

Table 9. Test results of crocking(dry)

	Drying time(min)				
	1	5	10	20	30
Grade(dry)	3	3	3	3	3
Sample					

색기로 제조된 시료의 색상 및 발색성을 측정하였다.

Table 8는 건조시간별 L*, a*, b* 및 c*, h* 결과로 1, 5, 10, 20, 30(min)로 건조시간이 증가하여도 크게 변함이 없었고, Total K/S 값의 경우 Figure 7에서 보는 바와 같이 건조시간에 증가함에 따라 1-20분까지는 상승하다가 30분 이후에서는 다시 감소하는 경향을 보였다.

Table 9는 건조시간에 따른 마찰견뢰도(crocking) 결과로 모두 견뢰도 3급으로 건조시간(1, 5, 10, 20, 30분)별 차이가 거의 없는 것으로 판별되었다.

하지만, 견뢰도가 다소 낮은 문제가 있으므로 향후 마찰견뢰도 증진제 등을 처리하여 마찰견뢰도를 향상시키는 연구를 수행할 예정이다.

4. 결 론

본 연구에서는 PET 인조 스웨이드의 적용을 위한 수성 잉크의 제조와 코팅 특성을 연구하였다. 수성 잉크를 스웨이드에 적용하기 위해서는 사전에 밀링공정이 필요하며, 이에 밀링횟수에 따른 분산성을 확인하였다. 분산된 잉크가 시간경과에 따라서 상분리가 발생하

기 않고 분산안정성을 가지기 위해서는 분산제를 첨가되어야 한다. 밀링공정성과 분산제의 첨가 특성을 평가한 결과 밀링공정 1회, 분산제 4% 함량이 최적 조건으로 확립되었다. 이렇게 결정된 조성으로 수성 잉크를 제조하고 PET 인조 스웨이드의 적용을 위해 증류수에 잉크 원액함량 비율을 조절해 가며 스웨이드 표면에 코팅을 하였다. 코팅된 시료의 발색성을 측정한 결과 원액함량이 30%인 경우, 발색성이 가장 우수하였다. 또한 시료의 건조 온도와 건조 시간에 따른 시료의 발색성을 평가하였고, 마찰견뢰도도 확인한 결과, 건조 조건에 따른 시료의 특성은 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 경제협력권산업육성사업(R0006244)의 지원으로 수행되었습니다.

References

1. S. Yamauchi, On the Present Condition and the Future

- Outlook of Automotive Interior Decoration Materials, *Sen'i Gakkaishi*, **59**(8), 275(2003).
2. M. Matsudaira, The Mechanical Properties and Fabric Handle of Polyester-fibre 'Shingosen' Fabrics, *J. of the Textile Institute*, **85**(2), 158(1994).
 3. D. Dieterich, Aqueous Emulsions, Dispersions and Solution of Polyurethanes; Synthesis and Properties, *Progress in Organic Coatings*, **9**(3), 281(1981).
 4. C. Hepburn, "Polyurethane Elastomer", 2nd Ed., Elsevier, London, p.17, 1982.
 5. S. L. Cooper and A. V. Tobosky, Properties of Linear Elastomer Polyurethane, *J. of Applied Polymer Science*, **10**(12), 1837(1966).
 6. J. S. Yoo and H. J. Chun, Application of Polyurethane Adhesives, *Polymer Science Technology*, **10**(5), 578 (1999).
 7. J. Edward, "Technology for Water-Borne Coatings(ACS Symposium Series)", American Chemical Society, Washington DC, p.663, 1997.
 8. Y. M. Lee, B. K. Kim, Y. J. Shin, and H. H. Cho, The Effect of Structure in the Diisocyanate of the Properties of TDI-Based Aqueous Polyurethane Adhesive, *J. of Industrial and Engineering Chemistry*, **14**(3), 325(2003).
 9. J. C. Padget, Polymers for Water-Based Coatings-A Systematic Overview, *J. of Coatings Technology*, **66**, 89(1994).
 10. W. Herbst and K. Hunger, "Industrial Organic Pigments", Wiley-VCH, Weinheim, pp.12-141, 2004.