

Pad-Steam법을 이용한 PA/Cellulose계 직물의 1욕 연속염색

이장훈, 전성기, 김동권, *김태경, **이재홍

한국염색기술연구소, *경북대학교 섬유시스템공학과, **(주)경일염직

1. 서 론

혼방교직 직물이란 2종 이상의 섬유로 구성된 제품으로 이들 혼방소재나 교직물은 기능성면에서 단일소재가 가지는 단점들을 서로 보완하여 기능성 향상 목적으로 응용될 뿐만 아니라 단일소재로는 실현할 수 없는 패션소재의 전개가 가능하여 그 수요가 증가하고 있으며 소비자의 욕구를 충족시키기 위해 많은 개발이 이루어지고 있다. 이러한 혼방 및 교직물의 경우에는 서로 다른 소재가 혼용됨으로 한 섬유만 염색하는 일부를 제외하곤 대부분 각각의 소재를 모두 염색해야 하며 각 소재에 따른 적절한 염료 및 염색법을 선정하여 염색해야 한다. Polyamide/Cellulose 섬유는 Cellulose 염색 후 Polyamide를 염색하는 2욕법이 일반적인 방법이다. 하지만 인건비 상승과 에너지 절감의 목적으로 Polyamide/Cellulose 섬유에 있어 일욕염색법으로의 많은 연구가 진행되고 있으며 그 연구의 주요 방향으로 섬유 자체를 개질 하는 방법과 염료 및 염색공정을 개발하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

현재 Polyester/Nylon 교직물은 1욕 염색을 진행하고 있으나 폴리아미드(일명 PA)/Cellulose 계 교직물의 경우 염료 및 섬유의 염색 메커니즘의 차이로 1욕의 Batch식 염색 방법을 개발이 진행되고 있는 상황이며 일부 적용되고 있다. 하지만 Batch식 염색방법은 1욕 연속염색방법에 비해 생산성 저하, 에너지비용 증가 및 많은 인력투입 등이 문제점으로 나타내고 있으므로 1욕 연속염색방법을 이용한 PA/Cellulose계 직물의 염색 공정의 기준이 요구된다. 이 염색공정을 이용한 Polyamide-Cellulose계 직물을 염색할 시 에너지 비용 절감과 투입 인력 및 공정 단축에 따른 경제적 효과를 얻을 수 있었다.

따라서 본 연구를 통해 Pad-Steam 1욕 연속염색을 이용한 연계공정 설정 및 염료 간 특성에 따른 적용 방법과 Reactive염료와 Acid/Metal Complex 염료로 Pad-Steam법을 이용한 1욕 연속염색을 개발확립하여 균염색이 우수한 교직물 및 혼방소재 제품에 대한 다양한 섬유제품으로 개발할 수 있으며 Polyamide/Cellulose의 연속공정으로의 적용에 기초가 될 수 있을 것이다.

2. 실 험

2.1 시료

본 연구에서 사용된 시료는 Nylon/Cellulose 20's 직물이며, 호발/표백의 전처리를 과정을 거친 후 사용하였다.

2.2 염료와 시약

반응성염료로는 Levafix CA 염료를 사용하였으며, 산성염료(Acid/Metal complex type)의 경우 Telon A dye Type 및 Isolan dye Type을 선택, 3Comb.를 각각 10g/l를 사용하였고, 조제로는 NaOH 15g/l, PAL(환원방지제) 5g/l를 고정시키고 NaCl과 Na₂CO₃의 조건을 변화시켜 실험하였다.

2.3 염색공정

염색은 Fig.1과 같이 염색 및 스팀, 세정을 하였고, 염색기는 (주)경일염직에 설치되어 있는 Pad-Steamer(일성기계공업주식회사, 제작)를 사용하였다. 이때 산성, 반응성염료의 Steaming 시간에 따른 색상 변화와 NaCl, Na₂CO₃ 농도 변화에 따른 색상차이를 테스트 하였다.

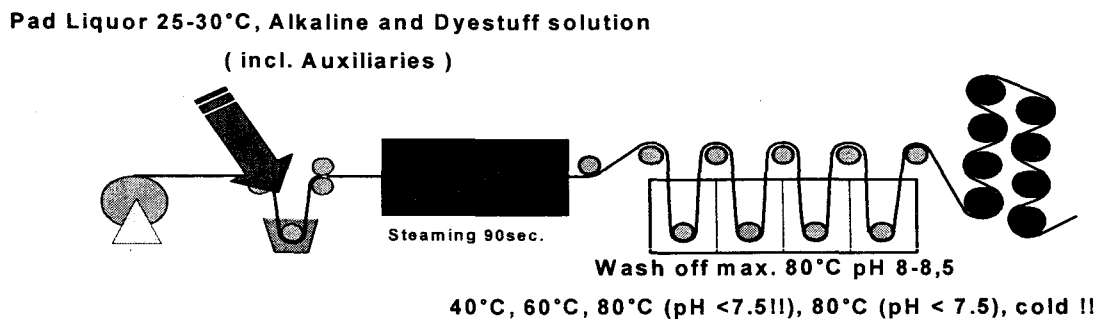


Fig. 1. Padding-Steam processing diagram.

2.4 염색성 평가

모든 시료는 염색후 염액의 UV-VIS ABSORBANCE 값을 측정하여 흡진율을 구하였다.

각 색상의 색차는 date color SF600 PLUS Spectrophotometer를 이용하여 측색 후 Total K/S, H, ΔE^*ab 값으로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 염료의 Steaming에 따른 색상변화

3.1.1. 산성염료의 Steaming 시간에 따른 색상 변화

본 연구에 사용된 산성염료는 실험결과 Isolan 염료보다는 Telon 염료가 농도 및 Steaming 시간에 따른 변화가 적었으며, 특히 현재 생산성 및 재현성을 위해 Steaming 처리를 30s~120s를 수행하고 있으므로 이를 기준으로 실험 Data를 분석할 경우 Telon Type 중 Telon Yellow A2R, Telon Red AFG, Telon Blue AGLF가 3Comb.

가 가장 적합하다고 여겨진다. 특히 이들 염료는 Steaming 시간이 100s 이하에서 거의 흡착이 일어나게 되므로 Steaming 시간이 생산성에 큰 영향을 미치는 점을 고려할 경우 이들 염료가 최적의 3Comb염료로 여겨진다.

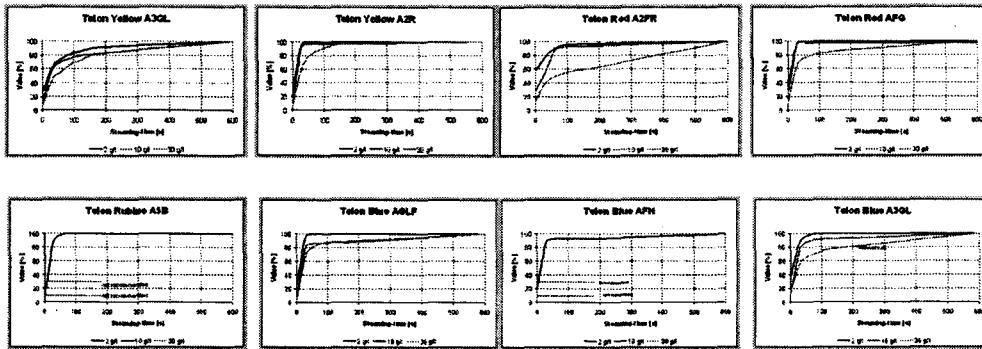


Fig. 2. Steaming 시간에 따른 산성 염료의 거동

3.1.2 반응성 염료의 Steaming에 따른 색상변화

본 실험 결과 Table 1에 나타난 것처럼 Levafix Yellow CA의 경우 평균 Total K/S은 43.83으로 분산은 0.85를 나타내었으며, Levafix Red CA의 경우 평균 Total K/S은 46.22로 분산은 0.83, Levafix Blue CA는 평균 Checksum 46.29로 분산은 0.18을 나타내었다, 따라서 Yellow, Red 염료보다는 Blue 염료가 Steaming 시간에 따른 변화에 안정함을 나타낸다. 색상차 ΔE 의 경우 Steaming 시간 60s 기준 시 Levafix Yellow CA의 경우 평균 0.91를 나타내었으며, Levafix Red CA의 경우 평균 1.04, 그리고 Levafix Blue CA의 경우 평균 0.59로 이 또한 Steaming Checksum 결과와 동일하게 Levafix Blue CA에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 이결과 Levafix Blue CA염료가 Steaming 변화에 대한 가장 안정함을 나타내며, 생산성과 재현성을 고려 시 Steaming 시간에 있어 60s를 전후하여 큰 색상변화가 없으므로 Steaming 시간을 120℃, 60s 로 선정하였다.

Table. 1 Steaming 조건에 따른 Levafix Yellow CA, Levafix Red CA 색상변화

염료	Levafix Yellow CA				염료	Levafix Red CA				염료	Levafix Blue CA			
시료					시료					시료				
Steaming time(s)	30	60	90	120	Steaming time(s)	30	60	90	120	Steaming time(s)	30	60	90	120
ΔE	0.38	-	1.33	1.02	ΔE	1.17	-	0.95	1.0	ΔE	0.49	-	0.7	0.58
Total K/S	43.44	43.34	44.08	47.77	Total K/S	44.02	43.84	48.24	48.78	Total K/S	46.16	46.18	45.05	47.77

3.2 조제에 따른 색상 변화

3.2.1 NaCl, Na₂CO₃ 농도 변화에 따른 색상차

본 실험에서 NaCl 농도 변화에 따른 색상차를 실험하였으며 색상차 평가는 NaCl 250g/l를 기준으로 평가하였다. NaCl의 농도가 증가할수록 Total K/S 은 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 이는 NaCl이 Batch 염색에서 작용하는 것과 같이 1욕 염색에서도 섬유표면에 흡착되는 촉매작용을 하여 농도가 증가할수록 높은 흡착을 나타내는 것으로 여겨진다. 또한, 평균 색상차(ΔE)의 경우 NaCl의 사용량에 따른 색상차는 적은 결과를 나타

내었다. 그리고 NaCl의 농도가 증가하면 염액이 포화농도에 도달하여 NaCl의 용해도가 떨어지게 된다. 따라서 본 실험에서 NaCl의 농도를 250g/l가 색상차 및 경제적 요건을 고려할 시 최적의 조건으로 여겨진다.

더불어 NaCl의 농도변화 실험에서와 동일한 조건으로 Na₂CO₃의 농도변화에 따른 색상변화를 실험하였으며, 이때 NaCl 250g 고정하여 Na₂CO₃ 농도 변화에 따른 색상변화를 Table.2 에 나타내었다. Yellow CA의 ΔE는 0.53, Red CA는 1.68, 그리고 Blue CA는 0.74로 NaCl에 비해 Na₂CO₃가 보다 높은 색상차를 나타내고 있으며, K/S도 농도 변화에 따라 일정한 규칙을 나타내지 않고 있다. 이 이유는 Na₂CO₃의 양에 따른 고착정도에 차이로 인한 변화로 여겨진다. 섬유표면에 흡착이 높을 경우 K/S는 높게 나타나며, 흡착이 약할 경우 K/S은 낮게 나타나는데, 일반 침염에서와 달리 NaCl과 Na₂CO₃를 동시에 투입함으로 인해 섬유표면에 흡착과 고착이 동시에 일어남으로 인한 결과로 여겨진다. 하지만 Red CA를 제외한 염료에서 ΔE가 1이하로 나타나고 있으며, NaCl의 실험결과와 종합해 볼 때 일정량의 Na₂CO₃을 투입한다면 색상변화를 크지 않을 것으로 여겨지며 Na₂CO₃을 10g/l로 선정하였다.

Table. 2 NaCl(g/l), Na₂CO₃(g/l) 변화에 따른 Levafix Yellow CA, Red CA, Blue CA 색상 변화

조건		염료: Yellow CA 조제: Na ₂ CO ₃ 10g/l NaOH 15g/l PAL 5g/l Steaming : 102°C, 60s		
시료				
NaCl(g/l)	150	250	350	
ΔE	0.96	-	0.25	
Total K/S	45.15	44.56	44.86	
시료				
Na ₂ CO ₃ (g/l)	5	10	15	
ΔE	0.86	-	0.2	
Total K/S	45.94	45.56	45.15	

조건		염료: Red CA 조제: Na ₂ CO ₃ 10g/l NaOH 15g/l PAL 5g/l Steaming : 102°C, 60s		
시료				
NaCl(g/l)	150	250	350	
ΔE	0.81	-	0.24	
Total K/S	46.81	47.30	47.43	
시료				
Na ₂ CO ₃ (g/l)	5	10	15	
ΔE	1.35	-	2.01	
Total K/S	45.57	47.30	43.53	

조건		염료: Blue CA 조제: Na ₂ CO ₃ 10g/l NaOH 15g/l PAL 5g/l Steaming : 102°C, 60s		
시료				
NaCl(g/l)	150	250	350	
ΔE	0.21	-	1.34	
Total K/S	42.73	43.09	46.30	
시료				
Na ₂ CO ₃ (g/l)	5	10	15	
ΔE	0.281	-	1.2	
Total K/S	43.13	43.09	46.50	

3.3 염색 조건에 따른 Nylon/Cellulose섬유의 1욕 연속염색 색상 변화

3.3.1. 염료의 Steaming에 따른 색상변화

각 염료에 대한 실험 결과를 바탕으로 Nylon/Cellulose 섬유에 대한 반응성, 산성염료 혼합 투입에 대한 실험을 실시하였다. 실험방법으로는 3Comb를 기준으로 색상변화가 큰 Beige색상과 D/Grey 색상에 대해 Steaming 시간 및 조제 Test를 수행함으로써 반응성 염료와 산성염료의 혼합사용에 대한 재현성을 Test 하였다. Steaming 조건에 따른 색상변화의 결과는 <Table. 3.>에 나타내었다. Beige 염료의 경우 Steaming 시간 60s를 기준으로 시간의 변화 조건에 대한 ΔE 비교 시 평균 0.68로 나타냈으며, D/Grey 또한 0.8을 나타내어, 반응성 염료별 평균ΔE인 0.84 보다 낮은 색상변화를 나타내었다. 이는 산성염료와 반응성염료의 혼합욕에서도 Steaming 시간 조건에 대한 색상변화가 적음을 나타낸다.

Table. 3. Steaming 조건에 따른 Nylon/Cellulose섬유의 1욕 연속염색 색상변화

시료 (beige)					시료 (grey)				
Steaming time(s)	30	60	90	120	Steaming time(s)	30	60	90	120
ΔE	0.86	-	0.3	0.9	ΔE	0.8	-	1.02	0.59
Total K/S	123.25	130.5	127.72	137.13	Total K/S	147.25	155.60	164.45	153.89

3.3.2. NaCl, Na₂CO₃ 농도 변화에 따른 색상차

NaCl 농도에 따른 반응성 염료별 색상차(ΔE)가 0.64인데 반해 혼합염료의 Beige의 경우 0.6, D/Grey의 경우 0.36을 나타내며 오히려 더 좋은 결과를 나타내었다. 하지만 Na₂CO₃의 경우 반응성 염료별 ΔE가 평균이 0.98인데 비해 혼합염료에서의 Beige의 경우 ΔE 1.35, D/Grey ΔE 평균 3.27로 큰 색상차를 나타내었다. 이 결과는 앞서 언급한 것처럼 Na₂CO₃ 조제를 1욕액 NaCl과 동시에 투입함으로써 흡착과 고착이 동시에 일어남에 따라 색상변화에 영향을 주는 결과로 예상된다. 따라서 Na₂CO₃ 투입시 정확한 투입량 조절이 필요하다.

Table. 4. Nylon/Cellulose섬유의 1욕 연속염색에서의 NaCl, Na₂CO₃에 따른 색상 변화

조건 (beige)	조 제 : NaCl 250g/l NaOH 15g/l PAL 5g/l Steaming : 102°C, 60s			조건 (beige)	조 제 : NaCl 250g/l NaOH 15g/l PAL 5g/l Steaming : 102°C, 60s		
시료 (Beige)				시료			
NaCl(g/l)	150	250	350	Na ₂ CO ₃ (g/l)	5	10	15
ΔE	0.56	-	0.65	ΔE	1.41	-	1.29
Total K/S	100.41	102.67	106.49	Total K/S	110.39	102.67	108.06

4. 결 론

본 연구는 지속적으로 성장하고 있는 Polyamide/Cellulose 교직물 시장에 대처하기 위해 생산성 향상 및 생산원가 절감을 위한 공정개발이 목적으로 하고 있으며, 이를 구현하기 위해 Pad-Steam법을 통한 일욕 연속염색방법으로의 적용과 염색 불균염에 대한 안정성 및 재현성을 향상을 위해 공정 및 염색조건을 확립하였다.

1. Pad-Steaming 공정을 이용하여 1욕 연속염색법을 Polyamide/Cellulose 섬유에 적용함으로써 기존 이욕 염색법에 비해 생산성 향상 150%, 생산원가 30% 정도 절약되었다.
2. 반응성, 산성염료를 일욕에 동시 투입함에 따른 문제점을 해결하기 위하여 염료 및 조제 조건을 Test하였다. 산성염료로는 Steaming 및 염료 농도를 기준으로 가장 안정적이면서 재현성이 우수한 Telon Yellow A3R, Red AFG, Blue AGLF를 선정하였다. 또한 반응성 염색의 경우 Nylon의 이염을 가장 적은 염료로 선정하였으며, Steaming 조건과 조제인 NaCl과 Na₂CO₃ 조건 변화를 Test함으로써 Levafix Yellow CA, Red CA, Blue CA 염료를 선정하였다. 이때 조제 조건으로는 NaOH 15g/l, PAL(환원방지제) 5g/l, NaCl 250g/l,

Na_2CO_3 10g/l이며, Steaming 처리 조건은 102°C, 60s가 에너지 소비가 적으며 염색안정성과 재현성이 우수하였다.

3. 본 연구는 기존에 시도되어지지 않은 Polyamide/Cellulose계 섬유에 산성염료/반응성 염료의 일목염색에 대한 연구로 모든 Polyamide/Cellulose계 섬유에 적용이 가능하며 염료의 안정성 및 재현성이 뛰어나므로 향후 Polyamide/Cellulose계 섬유에 대한 생산성 및 원가절감을 나타낼 수 있을 것이다.