

<研究論文(學術)>

폴리에스테르 섬유의 알칼리 염색과 견뢰도

정동석 · 오준석 · 이문철

부산대학교 공과대학 섬유공학과
(2000년 5월 8일 접수)

Alkaline Dyeing and Color Fastness of Polyester Fiber

Dong Seok Jeong, Joon Seok Oh, and Mun Cheul Lee

Department of Textile Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea
(Received May 8, 2000)

Abstract—Polyester fibers and fabrics have been dyed with disperse dyes in alkaline dye bath such as alkaline buffer and alkaline auxiliary(JPH-95) comparing a traditional acidic dyeing. After dyeing the samples were extracted with 100% DMF, and washing and rubbing fastnesses were measured. In dyeing at 100°C the dyeing rate increased with decreasing fiber denier, regardless of dye baths, whereas the dyeing rates of the same denier fiber increased in the order of alkaline dyeing>acidic dyeing>JPH-95 dyeing. In dyeing at 130°C the dyeing rate of PET fiber in JPH-95 dye bath decreased compared with the other two types of dye baths. In the time and temperature curve the dye uptake of JPH-95 dyeing was higher than the other two types of dye baths in the range of low temperature(90~115°C). The equilibrium dye uptake increased in the order of 0.52d>2.04d>0.05d fiber. Washing fastness had no change in all three types of dye baths. But rubbing fastness was not good for alkaline dyeing except black dyes.

1. 서 론

분산염료 염색은 일반적으로 산성욕에서 염색되고 있지만, 이러한 기존의 염색방법에 비하여 공정의 합리화, 품질향상에 대한 유용한 방법으로서 알칼리욕을 사용한 염색이 최근 Black계 염료를 중심으로 일부 실시되고 있다. 이러한 알칼리 염색은 1990년에 Mitsubishi Kasei에서 특허가 신청되고, 알칼리욕 염색용 조제로서 Diaserver pH 95

가 시판되고 있다¹⁾. 이러한 알칼리 염색법(이하 알칼리 염색)은 산성욕 염색법과 비교하여 염욕에 1.5~3%정도 함유되는 고리형태나 사슬형태의 올리고머의 발생^{3,4)}에 따른 응집을 방지하여 염색시 사고를 방지하고, 고농도의 수산화나트륨을 사용하므로 필연적으로 발생하는 감량 찌꺼기가 가용화됨으로써 재부착을 방지할 수 있다. 또한 산성 염욕에 비해 알칼리 염욕 내에서는 훨씬 미끈미끈한 감을 띄게 되어 주름, 스티밍의 흠이나 마찰 흠

이 적게 발생하여 염색포의 품질이 향상되며, 특히 신합섬 중 극세사, 이형단면사를 사용한 것은 이러한 현상이 쉽게 발생하므로 더욱 더 효과적이라고 생각되고, 염색후의 염색포의 소프트한 촉감을 부여할 수 있다⁵⁻⁷⁾.

그리고 알칼리성 욕에서 염색함으로써 작업공정의 전 부분, 예컨대 폴리에스테르(PET) 섬유 가공공정에 있어서 방사 후의 방사 유제나 호제, 제직 혹은 편직 시의 알칼리제나 계면활성제, 정련 시의 알칼리제와 염색 후의 세정이나 환원 세정 시의 전 공정이 알칼리 상태 하에서 진행됨에 반하여 염색과정만이 산성 조건하에서 행하여지므로 알칼리 조건에서 염색함으로써 모든 단계가 알칼리 조건이 되어 가공 시간과 비용을 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 산성 상태의 염색에서 필연적으로 행해지는 환원세정의 생략이나 시간을 단축할 수 있을 것이다. 한편, 주어진 감량조건에서 무게 감량은 섬도가 감소함에 따라 지수적으로 증가한다고 알려져 있다. 즉 극세사나 초극세사가 일반사보다 무게 감량이 더욱 높다. 그리고 최근의 신합섬인 개질 폴리에스테르나 극세섬유, 초극세섬유, 표면개질 폴리에스테르 섬유 등에서는 울리고머의 피해가 더욱 심각하다고 알려져 있다.

그러나 PET 섬유의 염색에 가장 많이 이용되고 있는 분산염료가 알칼리성에서 가수분해되는 경향을 지니고 불안정하기 때문에 지금까지는 공정 흐름상의 문제점에도 불구하고 산성욕에서 이루어져 왔으며, 색 재현성은 염색이 알칼리 상태에서 진행될 때 최적의 pH 조건이 한정되어 있다^{8,9)}. 이것은 알칼리 첨가가 염료의 안정성에 영향을 미치기 때문이지만, 최근에 이르러 내알칼리성의 염료를 적절히 선택함으로써 색의 재현성 면에서 산성 염색과 동일한 염색법들이 개발되어지고 있다. 그리고 기존에 Black계를 중심으로 제한적으로 사용되어지는 알칼리 염색법이 내알칼리성이 뛰어난 염료의 선택과 개발 및 수년동안 신합섬 PET의 가공량이 증가함에 따라 알칼리 염색법이 재평가되고 있다¹⁰⁾.

본 연구에서는 섬도가 다른 PET 필라멘트에 대하여 산성욕, 알칼리욕 및 시판 알칼리 조제 함유 염욕에서의 염색성을 비교 검토하였으며, 또한 일반사 직물에 대하여 마찰 및 세탁견뢰도를 측정하

였다.

2. 실험

2.1 시료

시료로서는 섬도가 다른 3종류의 필라멘트 75d/36f(단섬유 섬도 2.08d), 100d/192f(0.52d), 130d/48f(36분할, 해도형, 0.05d)를 탄산나트륨 1g/L와 모노젠 1g/L 수용액에서 80℃, 20분간 정련하여 사용하였다. 초극세사 섬유(0.05d)는 NaOH 1%, 80℃에서 30분간 처리하여 용해성분을 제거하여 탕세하였다. 견뢰도 시험용 직물은 300d/96f의 편직 직물을 사용하였다.

2.2 염 욕

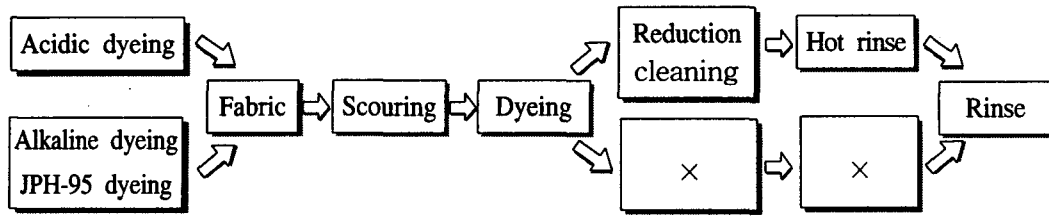
염색은 3종류의 염욕조건, 즉 산성욕에서의 염색은 아세트산/아세트산나트륨 완충액(0.1mol/L, pH 5.0, 이하 산성염색), 알칼리 염욕에서의 염색은 붕산/탄산나트륨 완충액(0.1mol/L pH 9.5, 이하 알칼리염색), 알칼리 조제(JPH-95) 첨가에서의 염색은 JPH-95를 2g/L 첨가한 염욕(pH 9.8, 이하 JPH-95염색)에서 행하였다.

2.3 염 색

염색속도와 평형실험용 염료는 Disperse Red 60(Bri. Red FB 200%)를 사용하여, 염료농도 0.33g/L, 욕비 1000 : 1의 염욕 중에서 소정 온도 및 시간 염색하였다. 염색 후 표면에 부착된 염료를 제거하기 위하여 아세톤으로 씻은 후 상온에서 건조하였다.

염색 시료는 95℃의 DMF로 반복 추출하여 분광광도계(Shimadzu 1601, Japan)로 비색 정량($\lambda_{max} = 570nm$, $\epsilon = 1.397 \times 10^4$)하여 염착량을 측정하였다.

견뢰도 시험용 분산염료는 시판의 9종류, 즉 Bri. Red FB 200%(Disperse Red 60), Blue FBL(Disperse Blue 56), Yellow 3GL 200%(Disperse Yellow 54), Red FBBS 150%(Disperse Red 343), Blue SE-2R(Disperse Blue 183), Yel/Brown S-2RFL(Orange 30) 및 Black RD-7G(Unknown), Black 7G 300%(Unknown), Black EXN-SF 300%(Unknown)를 사용하였다. 욕비 1 : 20, 염색



Scheme 1. Dyeing process.

시간과 온도는 130℃, 45분, 염료농도는 Disperse Red 60, Blue 56, Yellow 54는 3%owf이고, 나머지 6종류의 염료농도는 5% owf이다. 염색 공정은 Scheme 1과 같다.

Scheme 1에서 산성염색은 환원세정을 실시하였으며, 알칼리염색 및 JPH-95염색은 환원세정 공정을 생략하였다.

2.4 견뢰도 시험

마찰견뢰도 시험은 염색한 시료에 대하여 학진형 마찰견뢰도 시험기를 사용하여 건식 및 습식시험을 행하였다. 시료를 약 22cm×3cm의 크기로 취하고 시험기에 붙이고 마찰자에 5cm×5cm의 백면포를 붙여 하중 200g으로 10cm 거리를 매분 30왕복의 속도로 100회 마찰하였다.

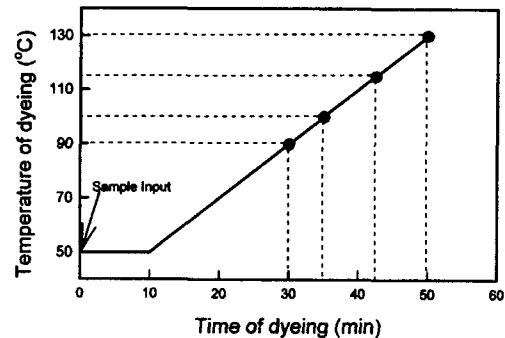
세탁견뢰도 시험은 KS K 0430 A-2법에 의거하여 실시하였다, 시험편은 10cm×5cm의 크기를 취하여 5cm×5cm의 제 1 첨부 백포(폴리에스테르)와 제 2첨부 백포(면)를 4면을 마주보게 꿰맸다. 세탁시험은 비누액 농도 5g/L, 스테인리스 구슬 10개, 액량 100mL에서 50℃, 30분 처리하였다.

2.5 승온속도 실험

염색의 승온과정은 Scheme 2에 나타내었다. 그림 중 시료는 온도 90, 100, 115, 130℃에서 도달하였을 때 꺼낸 후, 섬유표면에 부착된 염료를 제거하고 염료를 추출하여 분광광도계로 측색하였다.

3. 결과 및 고찰

단섬유의 섬도가 2.08d, 0.52d, 0.05d인 3종인 PET 섬유를 Disperse Red 60으로 100℃에서 산성염색, 알칼리염색 및 JPH-95염색한 경우의 염색속도곡선을 Fig. 1에 나타냈다. 2.08d섬유의 경



Scheme 2. Time and temperature curve of a dyeing process, points on line indicate times at which samples were taken from the bath.

우 3종의 염욕을 사용한 염색에서 염착량의 차이는 거의 나타나지 않지만, 섬도가 보다 가늘어질수록 JPH-95염색한 경우의 염착량이 저하하였다. 이는 JPH-95에 첨가된 전달체의 작용으로 산성염색보다 JPH-95염색시의 염색속도가 저하하는 것으로 생각되며, 이러한 경향은 섬도가 가늘어짐에 따라 현저히 나타나는 것을 알 수 있다. 그러나 일반적인 균염제의 효과보다는 영향이 작다고 알려져 있다¹⁾. 그리고 JPH-95에 첨가된 것이 전달체라고 추정 가능한 것은 섬도가 가늘어질수록 표면적이 증가하여 아세톤으로 표면에 부착된 염료를 세정할 때 표면에 고착하지 않고 남아있는 염료들이 산성염색이나 알칼리 염색보다 현저히 많은 것으로부터 알 수 있었다. 또한 섬도가 가늘어질수록 염착량이 증가하고 있는데, 예를 들면 2.08d에 비하여 0.52d는 두 배, 0.05d는 약 3배로 증가하고 있다. 그리고 이러한 경향은 염욕의 종류와는 상관없이 없었다.

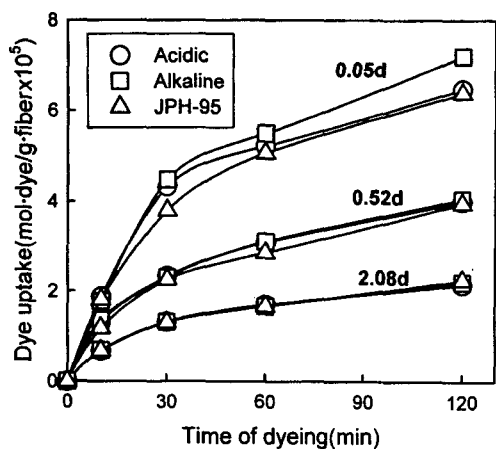


Fig. 1. Dyeing rate of Disperse Red 60 on polyester fiber at 100°C.

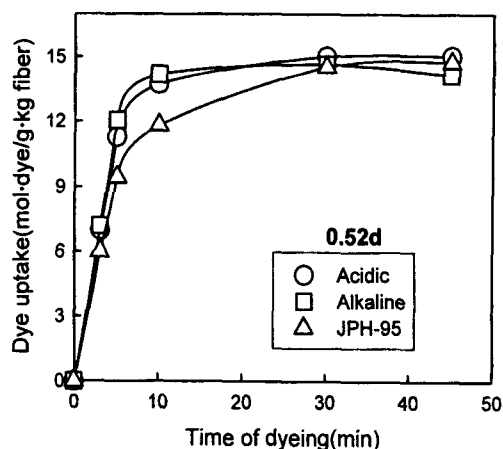


Fig. 3. Dyeing rate of Disperse Red 60 on polyester fiber(0.52d) at 130°C.

Fig. 2, Fig. 3 및 Fig. 4는 3종의 염색 하에서 각각 2.08d, 0.52d 및 0.05d의 3종의 PET 섬유를 사용하여 130°C에서 염색한 경우의 섬유에 따른 염색속도곡선을 나타낸 것이다. 특히 JPH-95는 다른 두 가지의 염색조건에 비하여 염색속도를 낮추는 효과를 지니는 것으로 생각된다. 모든 염색의 조건에서 30분 이후에는 염색평형에 도달함을 알 수 있다. 섬유에 따른 경향을 보면 염색의 조건과는 무관하게 같은 경향을 보여주는데, 즉 0.52d > 2.08d > 0.05d 순으로 염색속도가 커지는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 100°C와는 다른 경향을 보이고 있다.

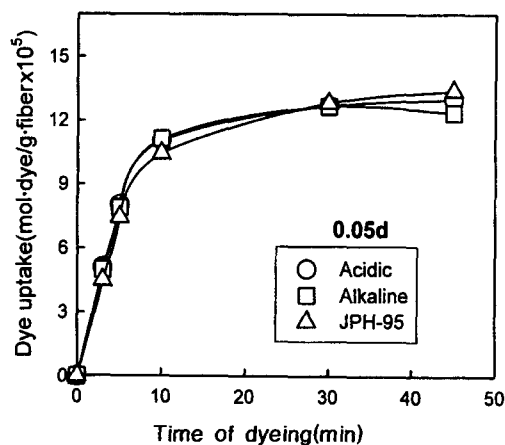


Fig. 4. Dyeing rate of Disperse Red 60 on polyester fiber(0.05d) at 130°C.

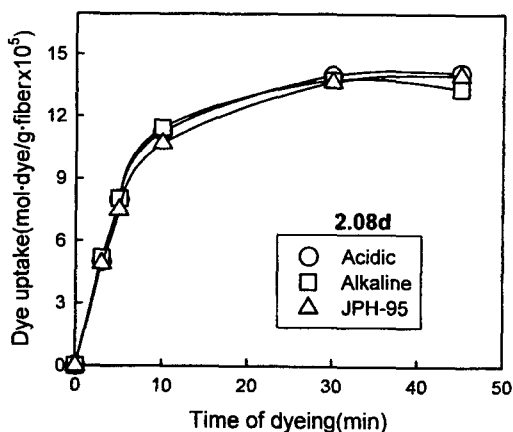


Fig. 2. Dyeing rate of Disperse Red 60 on polyester fiber(2.08d) at 130°C.

Table 1은 100°C, 130°C에서의 3종류의 염색에 따른 평형염착량의 결과를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 100°C에서 알칼리염색한 경우 평형염착량은 산성염색이나 JPH-95염색과는 차이가 없지만, 130°C에서는 저하하고 있는데, 이것은 고온에서 알칼리의 작용에 의한 염료의 분해 등으로 생각되어진다. 그리고 산성염색, JPH-95염색하는 경우 평형염착량은 온도에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다. 온도에 따른 평형염착량은 100°C, 130°C 모두 0.52d 섬유에서 가장 높게 나타났다¹⁰⁾.

Table 1. Equilibrium dye uptake of polyester fabrics dyed with disperse Red 60 by acidic, alkaline and JPH-95 dyebath system

Dyeing	Equilibrium dye uptake (mol · dye/g · fiber × 10 ⁵)					
	0.05d		0.52d		2.08d	
	100 °C	130 °C	100 °C	130 °C	100 °C	130 °C
Acidic	8.01	13.08	8.09	15.28	5.39	14.44
Alkaline	7.98	12.51	8.10	13.13	5.47	12.50
JPH-95	8.13	13.89	8.19	14.92	5.47	14.42

Fig. 5, 6 및 7은 각각 2.08d, 0.52d 및 0.05d의 섬도사를 염색한 경우의 3종의 염욕에서의 염색온도에 따른 염착량 변화를 나타낸 것이다. 염색의 승온과정에서 시료의 온도가 90, 100, 115 및 130 °C에 도달하였을 때 꺼낸 후, 섬유표면의 미고착 염료를 제거하고 염료를 추출하여 그 염착량을 분광광도계로 측정하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 염색온도가 증가할수록 염착량이 급격히 증대하였으며, 섬도가 가늘어질수록 저온에서 염착량의 증대가 현저히 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 극세사에 의한 표면적의 증가가 주된 원인이며 그 이외 섬도가 가늘어짐에 따라 복굴절의 저하, 동적 점탄성의 피크온도의 저

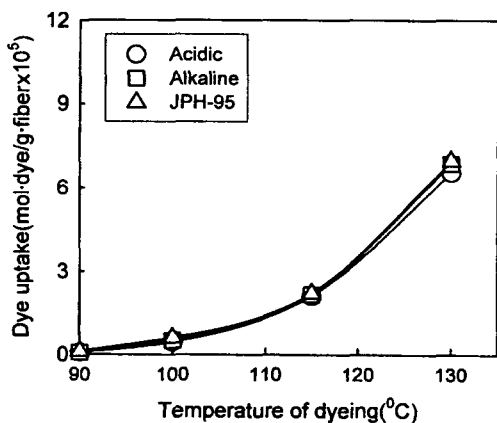


Fig. 5. Relationship between temperature of dyeing and dye uptake of Disperse Red 60 in the 2.08d.

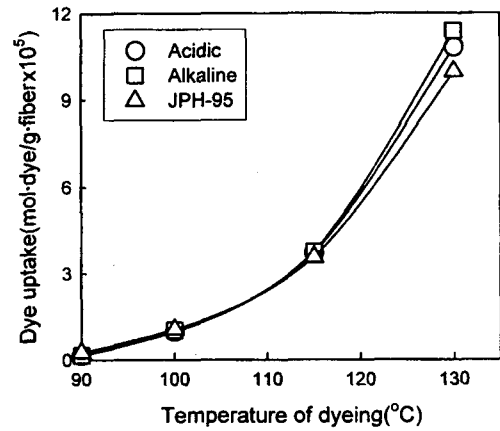


Fig. 6. Relationship between temperature of dyeing and dye uptake of Disperse Red 60 in the 0.52d.

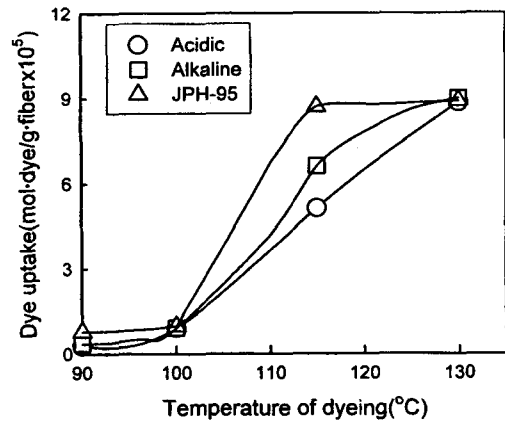


Fig. 7. Relationship between temperature of dyeing and dye uptake of Disperse Red 60 in the 0.05d.

하 등으로 염색속도가 증가한다고 보고하고 있다^{10,11)}. 그리고 염욕에 따른 비교에서 초극세사인 0.05d의 경우 JPH-95 알칼리염색이 100~115 °C 범위에서 알칼리염색이나 산성염색보다 현저한 염착량의 증대를 나타내고 있다.

Fig. 8은 130 °C에서 염색한 후의 잔욕의 pH 변화를 나타낸 것이다. JPH-95 염욕은 약간의 pH 변화를 나타내고 알칼리염욕과 산성염욕은 pH의 변화가 거의 보이지 않았다. 일반적으로 알칼리염색의 적정 pH는 9에서 10사이로 알려져 있다. 즉

이러한 영역에서 염색된 시료가 보다 좋은 태와 염색기의 세척 횟수의 절감 및 환원세정 공정의 생략에 가장 합리적인 것으로 알려져 있다.

알칼리염색을 하게 되면 환원세정을 생략하더라도 견뢰도면에서 크게 문제가 없다고 알려져 있으나 염료 자체의 견뢰도에 대해서는 충분한 확인 시험이 필요하다. Table 2는 9종류의 분산염료에 대한 세탁견뢰도의 결과를 나타낸 것으로, 각 염료에 대한 제 1 첨부백포(폴리에스테르 백포)의 오염도와 제 2 첨부백포(면 백포)의 오염도를 Whiteness와 Yellowness의 수치로 평가하였으며 또한 grey scale에 의한 등급을 판정하였다. 표에서 보는 바와 같이 환원세정을 생략한 알칼리염색 및 JPH-95염색에 있어서 Yellow 54를 제외한 모든 염료에서 견뢰도의 등급은 산성염색과 마찬가지로 5.0으로 판정되었으며, Whiteness와 Yellowness도 비슷한 값을 보였다.

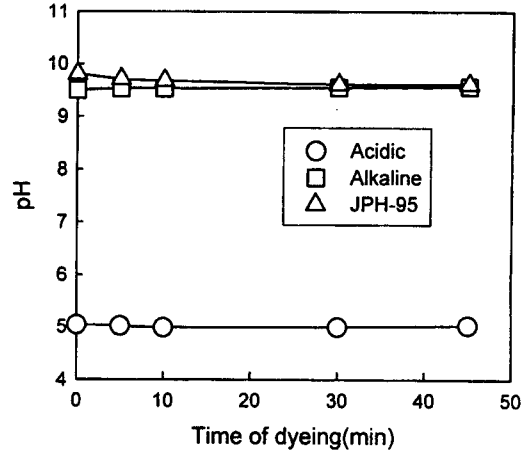


Fig. 8. Relationship between time of dyeing and pH values of residual bath.

Table 3은 9종의 염료에 대한 건마찰 견뢰도와 습마찰 견뢰도를 나타낸 것으로 알칼리염색에서는

Table 2. Washing fastness of polyester fabric dyed with disperse Red 60 by acidic, alkaline and JPH-95 dye bath system

Dyes	Staining	Acidic dyeing		Alkaline dyeing		JPH-95 dyeing	
		W/Y	Changes in color (gray scale)	W/Y	Changes in color (gray scale)	W/Y	Changes in color (gray scale)
Red 60	PET	60.2/0.6	5	74.9/-0.9	5	72.6/-0.6	5
	Cotton	75.5/1.2	5	75.2/0.6	5	75.0/1.3	5
Blue 56	PET	73.9/0.6	5	74.0/-1.7	5	68.8/0.3	5
	Cotton	76.2/-0.9	5	75.7/-1.1	5	76.1/-1.0	5
Yellow 54	PET	67.5/1.0	5	64.4/-2.1	4-5	60.2/-3.6	4-5
	Cotton	61.5/5.3	4	50.9/8.4	3-4	52.3/3.6	3-4
Red 343	PET	73.4/-0.5	5	74.6/0.1	5	74.0/-0.5	5
	Cotton	77.1/2.2	5	80.2/3.1	4-5	79.4/1.8	5
Blue 183	PET	73.1/-1.3	5	72.9/-1.1	5	73.1/-1.1	5
	Cotton	74.1/0.5	5	76.9/0.8	5	78.1/0.9	5
Orange 30	PET	71.4/-0.2	5	68.5/0.9	5	71.4/-0.1	5
	Cotton	75.6/2.3	5	75.4/2.5	5	75.7/2.5	5
Black RD-7G	PET	72.8/-0.9	5	70.3/0.1	5	73.2/-1.2	5
	Cotton	76.8/-0.9	5	75.4/2.1	5	75.9/1.5	5
Black 7G 300%	PET	70.5/-0.3	5	73.7/-1.0	5	73.2/-1.2	5
	Cotton	76.5/1.6	5	75.8/1.9	5	76.0/1.8	5
Black EXN-SF 300%	PET	72.9/-1.4	5	69.7/0.1	5	69.3/-0.2	5
	Cotton	71.5/0.9	5	76.2/1.7	5	76.5/1.5	5

W : Whiteness, Y : Yellowness

Table 3. Rubbing fastness of polyester fabrics dyed with disperse Red 60 by acidic, alkaline and JPH-95 dye bath system

Dyes	Staining	Acidic dyeing		Alkaline dyeing		JPH-95 dyeing	
		W/Y	Changes in color (gray scale)	W/Y	Changes in color (gray scale)	W/Y	Changes in color (gray scale)
Red 60	Wet	68.8/1.4	5	68.8/3.1	4-5	75.8/1.1	5
	Dry	73.2/2.0	5	73.2/2.0	5	73.6/1.7	5
Blue 56	Wet	72.2/1.0	5	72.9/2.0	5	74.6/0.7	5
	Dry	73.1/1.1	5	72.0/0.6	5	73.9/0.70	5
Yellow 54	Wet	67.8/3.4	4-5	53.8/7.7	3-4	66.0/3.96	4-5
	Dry	68.2/3.1	4-5	60.3/5.5	4	42.4/11.3	3
Red 343	Wet	71.4/3.1	4-5	75.4/9.4	4-5	76.6/2.3	5
	Dry	75.4/2.6	5	72.6/6.0	4-5	76.8/3.7	5
Blue 183	Wet	73.8/1.7	5	75.4/1.3	5	73.6/0.8	5
	Dry	74.8/2.0	5	75.4/1.3	5	76.4/1.7	5
Orange 30	Wet	72.3/3.2	5	67.6/4.0	4-5	74.0/1.8	5
	Dry	74.3/2.7	5	72.3/3.4	5	74.3/2.8	5
Black	Wet	72.6/2.4	5	72.9/2.6	5	74.2/1.9	5
RD-7G	Dry	76.3/-1.2	5	72.3/2.7	5	73.4/1.8	5
Black 7G 300%	Wet	67.1/4.0	4	70.9/3.3	4-5	74.3/1.7	5
	Dry	74.2/2.0	5	69.4/3.7	4-5	72.7/2.5	5
Black EXN-SF 300%	Wet	71.4/0.9	5	74.8/2.4	5	74.3/2.1	5
	Dry	74.1/1.9	5	74.8/2.3	5	71.4/2.5	5

Black계를 제외한 전반적인 염료에서 산성염색에 비하여 좋지 않았으나 JPH-95염색의 경우에는 산성염색과 비슷한 마찰 견뢰도를 보이고 있다. 즉 일반적으로 알칼리조제염색(JPH-95)이 Black계를 중심으로 사용될 수 있는 것은 이러한 사실을 뒷받침한다고 생각된다. 즉 적절한 알칼리조제의 선정으로 시간을 단축하며, 기존의 산성염색과 동일한 염색성을 얻을 수 있으리라 생각된다.

이상에서 알칼리염색의 기초가 되는 적정 pH 조건의 알칼리하에서 분산염료의 염색거동과 염색 견뢰도를 살펴본 결과, 알칼리염색(알칼리염색, JPH-95염색)의 가능성을 충분히 확인할 수 있었다. 그러나 아직까지 현장은 산성염색 하에서 염색을 실시하고 있으며, 일부 Black계 염료를 중심으로 알칼리조제 염색이 현장에서 실시되고 있다고 알려져 있다. 즉 아직까지는 알칼리염색법이 확립되고 있는 과정이며 금후 여러 가지 기술적인 문제에 대한 보다 많은 연구가 이루어 질 것으로 기대된다.

4. 결 론

섬도가 다른 폴리에스테르 필라멘트(2.08d, 0.52d, 0.05d)를 사용하여 산성염(산성염색), 알칼리 완충염(알칼리염색) 및 알칼리 조제(JPH-95)의 3종의 염색에서 Disperse Red 60으로 염색하여 염색성능(염색속도, 염색평형)을 비교 검토하고, 직물을 사용하여 3종의 염색조건에서 9종의 분산염료의 염색물에 대한 세탁견뢰도와 마찰견뢰도를 측정하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 100℃ 염색에서는 염색의 종류에 관계없이 섬도가 가늘어질수록 염착량은 증가하였다. 특히 초극세사(0.05d)의 염색속도는 알칼리염색>산성염색>JPH-95염색의 순서로 증가하였다. 130℃ 염색은 염색이나 필라멘트 섬도에 관계없이 초기염색에서는 JPH-95염색의 염색속도가 다른 염색에 비하여 보다 완만하게 증가하였으며, 알칼리염색의 경우 30분 이후에서는 염착량이 오히려 약간 감소하였다.

또한 평형염착량은 0.52d>2.04d>0.05d 순서로 나타났다.

2. 승온에 따른 염착량은 초극세사 염색의 경우 저온(90~110℃)에서는 알칼리염색이 산성 염색보다 높은 증가를 보였다. 특히 JPH-95 염색이 현저한 염착량의 증가를 나타낸 것은 JPH-95가 캐리어로 작용하는 것으로 추정된다.
3. 3종류의 염욕에서 염색한 직물의 세탁견뢰도는 Yellow 54를 제외하고는 대체적으로 양호한 경향을 나타내었고, 마찰견뢰도는 알칼리욕에서 염색한 직물은 Black계를 제외하고는 대체적으로 좋지 않았으나, 산성염색이나 JPH-95염색은 양호한 마찰견뢰도를 나타냈다.

감사의 글

이 논문은 1999년도 두뇌한국21사업 핵심분야에서 지원받아 수행한 연구임.

참고문헌

1. 日本學術振興會纖維・高分子機能加工第120委員會, "染色加工の事典", 朝倉書店, p.14(1996).

2. W. K. Sung, K. H. Ryu, S. M. Park, and K. H. Kim, *J. Korean Soc. Dyers Finishers*, **8**, 34(1996).
3. W. Tiedemann, J. Schad, *Milliand Textilber.*, **79**, 230(1998).
4. K. Konishi, *Dyeing Industry*, **38**, 20(1990)
5. K. Kasahara, *Dyeing Industry*, **44**, 263(1996).
6. W. Griesser, *Textilveredlung*, **33**, 201(1999).
7. H. Imafuku, *J. Soc. Dyers Colour.*, **109**, 350(1993).
8. H. D. Teli, G. R. Andhorikar, and B. R. Rao, "Proc. The 4th Asian Textile Conference", 800(1997).
9. M. J. Collins, S. H. Zeronian, and A. Semmelmeier, *J. Appl. Polym. Sci.*, **42**, 2149(1991).
10. T. Nakamura, S. Ohwaki, and T. Shibusawa, *Text. Res. J.*, **65**, 113(1995).
11. D. S. Jeong, H. J. Kim, and M. C. Lee, *J. Korean Soc. Dyers Finishers*, **11**, 161(1999).