

## 분산염료 염색공정이 PET직물의 UV경화형 방염가공에 미치는 영향

정용균 · 장진호<sup>†</sup>

금오공과대학교 신소재시스템공학부 나노바이오택스타일공학과

## Effect of Disperse Dyeing on UV-curable Flame-retardant Finish of PET Fabrics

Yong-Kyun Jeong and Jinho Jang<sup>†</sup>School of Advanced Materials and System Engineering, Kumoh National Institute of Technology,  
Kumi 730-701, Korea.

(Received: March, 3, 2008/Revised: April 14, 2008/Accepted: April 22, 2008)

**Abstract**— Effect of disperse dyeing on flame retardant finishing of PET fabrics via UV curing using three UV curable phosphorous-containing methacrylates and ammonium polyphosphate(APP) was investigated. The dye fixation and flame retardancy of PET fabrics did not change significantly with excellent durability to five laundering cycles irrespective of the dyeing and finishing sequence. However, the flame retardancy of Pekoflam-treated fabrics was lower than that of the UV treated and decreased substantially when heat treatment was carried out before the dyeing. The dyeability of the flame-retardant PET fabrics was not affected in the case of UV curing of the methacrylates alone. However, UV finishing after the dyeing caused significant decrease in K/S and  $\Delta E$  due to changed refraction and inherent color of surface coating of the UV curable monomers and APP. Whereas the heat treatment with Pekoflam decreased both color fastness to laundering and sublimation, surprisingly the UV finish of PET fabrics before and after the dyeing increased the color fastness probably resulting from the presence of photopolymerized surface layer on the fabrics.

**Keywords:** PET, flame retardants, APP, UV finish, color fastness, surface coating

## 1. 서 론

PET 섬유는 범용 합성섬유로서 고강도와 형태 안정성, 내약품성과 같은 물리화학적 성질이 우수하여 의류용 및 산업용 등 광범위한 분야에서 대량으로 사용되고 있다<sup>1,4</sup>. 하지만 화재 발생시 방염성이 부족하고 화재 전파의 매개체가 되어 재산 손실 및 인명 피해가 유발된다. 따라서 미국, EU, 일본 등 선진 각국에서는 침장류, 잠옷을 비롯하여 운송용 섬유제품에 대한 방염처리를 법령으로 의무화하고 있고, 미방염 제품에 대한 수입 규제와 섬유제품의 일정 기준이상의 방염성능의 구비 요구 등 규제가 강화되고 있는 추세이다. 또한 근래에는 인체에 유해한 영향을 줄 수 있는 할로겐계 방염 물질의 사용을 억제시키고 있다<sup>5</sup>.

일반적인 PET의 방염가공은 붕소(B), 질소(N), 인(P), 비소(As), 주석(Sn), 염소(Cl), 브롬(Br), 요오드(I) 등과 같은 방염성 원소들을 포함하고 있는 방염 물질을 섬유에 도입하여 방염성을 부여한다.

섬유고분자의 중합 또는 방사 단계에서의 방염가공은 방염물질을 포함한 단량체와의 공중합을 통한 원사개질법이나 방염 입자를 방사액에 혼합시키는 혼입법으로 제조되고 있다. 대표적인 예로 Hoechst-Celanese사의 Trevira<sup>®</sup>CS와 도요보사의 Hemi<sup>®</sup>가 있지만 이 방식은 제품의 제조비용과 방염성능을 효과적으로 조절하기가 어렵고 원사의 물리적 특성을 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 따라서 대부분의 방염가공은 비용이나 공정 효율성 때문에 직물을 방염가공제액에 침지하여 경화하거나 불용성 고체 방염제를 바인더로 결합하여

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-54-478-7715; Fax.: +82-54-478-7710; e-mail: jh.jang@kumoh.ac.kr

열과 불꽃에 대한 자기소화성 즉 자소성을 가지게 하는 후처리에 의한 방식이 높은 비중을 차지하며 PET는 공업적으로 방염화 기술이 확립된 섬유 중 하나이다<sup>6,7)</sup>. 하지만 일반적인 방염가공은 고온에서 경화하므로 제품 물성이 저하되거나 염색물의 경우 색상변화를 일으킬 수 있고, 최근 방염제의 환경 및 인체에 대한 유해성 문제가 대두되면서 새로운 방염제가 요구되고 있다.

예를 들어 2-(2,4,6-tribromophenoxy)phenol을 분산염료로 염색 시 첨가하면 방염제와 분산제 역할을 하여 염색과 동시에 방염처리가 이루어지는 방염가공이 연구되었지만 분산염료 고유의 색상을 변화시키거나 내구성이 떨어지는 문제점을 가지고 있다<sup>8)</sup>. 그러므로 저온 경화가 가능하고 방염가공에 의한 타 물성에 대한 영향을 최소화할 수 있는 새로운 가공기술이 요구되어 플라즈마 처리<sup>9)</sup>, 코로나 방전<sup>10-11)</sup>, 자외선 조사<sup>12)</sup>등을 이용해 폴리에스테르 섬유에 방염성을 부여하려는 연구가 진행되었지만, 대부분 미염색된 시료의 방염성 부여에 대한 연구로서 방염가공이 염색성에 미치는 영향 및 염색된 직물의 방염가공 특성 변화에 대한 연구가 부족하다.

본 연구는 자체 합성한 세 가지 자외선 경화형 인계 방염제<sup>12)</sup>와 무기계 방염제인 암모늄 폴리포스페이트를 혼합 처리하여 방염가공된 PET 직물을 제조하였다. 가공과정에서 방염처리와 분산염료 염색공정의 순서를 변경하면서 PET 직물의 염색에 의한 방염 가공제의 고착성 변화, 방염가공된 PET직물의 염색성 및 색상 변화, 염색된 직물의 세탁 및 승화 견뢰도 변화 등을 측정하여 염색공정이 자외선 경화형 방염가공에 미치는 영향을 알아보았다. 또한 기존 PET섬유용 열경화성 인계 방염제로 사용되고 있는 Pekoflam® PES와 대비하여 본 연구에서 사용한 자외선 경화형 방염가공의 특성을 비교하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

정련 및 표백된 PET직물(15cm × 20cm)을 사용하였고 세 가지 인계 방염제는 직접 합성하였다. 2-Hydroxy-2-methyl-1-phenyl-propan-1-one (Darocur 1173, Ciba specialty chemicals, Swiss) 과 Ammonium polyphosphate (APP)는 각각 자외선 경화에 사용한 광개시제와 방염성능 향상을

위해 첨가한 무기계 인 화합물이다. 합성한 인계 방염제의 성능을 비교하기 위해 현재 시판 중인 열경화성 방염제인 Pekoflam® PES liquid를 스위스 Clariant사에서 공급받아 사용하였다. PET 직물의 방염가공과 염색 순서에 의한 방염성과 색상에 대한 영향을 알아보기 위해 분산염료인 Foron Brilliant Red E-2BL (C.I. Disperse Red 60)을 사용하였으며, 사용한 인계방염제와 염료의 구조는 Fig. 1과 같다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 자외선 경화에 의한 PET 방염직물 제조

세 가지 자외선 경화형 인계 방염제에 광개시제를 방염제 무게 대비 7%로 첨가하였으며 분산제는 Triton-X 100(Yakuri Pure Chemicals, Japan)을 1g/L로 첨가하여 가공제액을 제조하였다. APP 혼합처리의 경우 위 가공제액 제조 후 인계 방염제 무게 대비로 25% 첨가하였다. 제조된 가공제액에 직물을 침지하고 실험실용 롤러를 사용하여 패딩비를 40%로 고정하여 부여하고 실험실용 텐터(Labcoater machine, Daelim)로 80°C에서 3분간 건조하였다. 자외선 경화는 자체 제작한 80W/cm의 출력을 가지는 연속식 자외선 조사기를 이용하여 컨베이어 속도를 조절하여 한 면에 0.8J/cm<sup>2</sup>씩 양면 조사처리하여 방염 가공된 PET직물을 제조하였다. 이때 사용한 기기의 모식도는 Fig. 2와 같다. 열경화 시료의 경우 가공제 농도를 조절하고 pH와 패딩비를 각각 5.5와 40%로 고정하였으며 120°C에서 2분간 건조하고 195°C에서 90초간 경화하였다.

#### 2.2.2 고착율과 고착효율 측정

PET 직물의 방염가공 중 직물의 무게변화를 측정하여 아래 식을 통해 고착율(Add-on, A%)과 고착효율(Add-on Efficiency, AE%)을 구하였고 이는 각각 직물에 고착된 가공제의 비율과 부여량에 대한 수세 후 잔류가공제의 비율이다.

$$A (\%) = (W_3 - W_1) / W_1$$

$$AE (\%) = (W_3 - W_1) / (W_2 - W_1)$$

위의 식에서 W<sub>1</sub>은 광경화 전의 시료무게이고 W<sub>2</sub>는 광경화후 수세 전의 시료무게이며 W<sub>3</sub>는 광경화된 시료의 수세 후 무게이다.

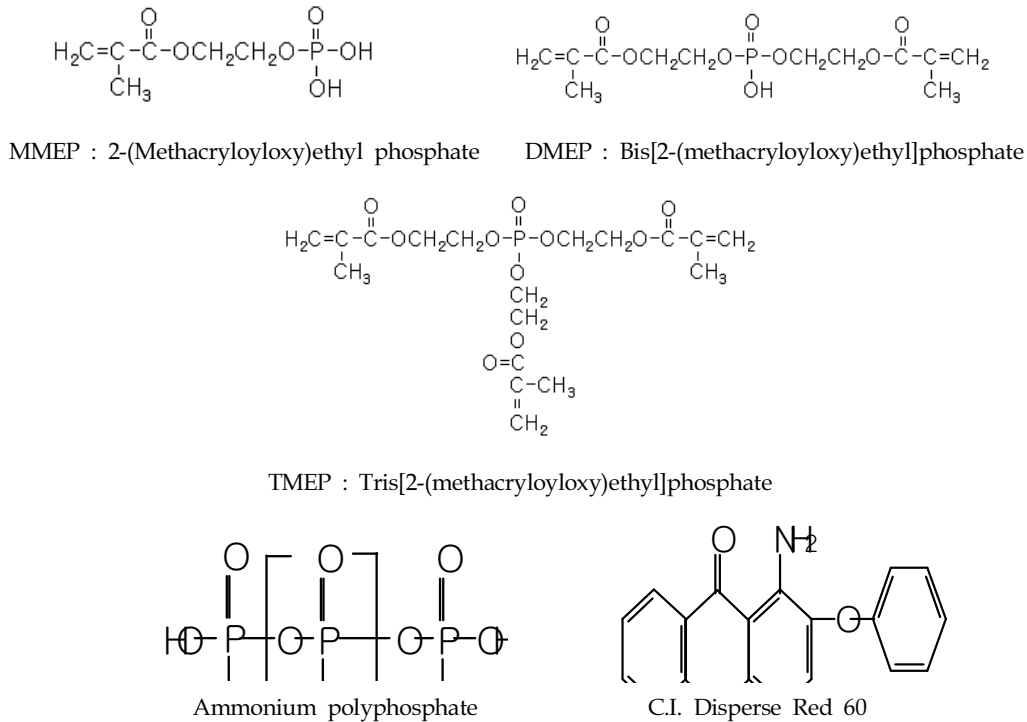


Fig. 1. Molecular structures of finishing agents.

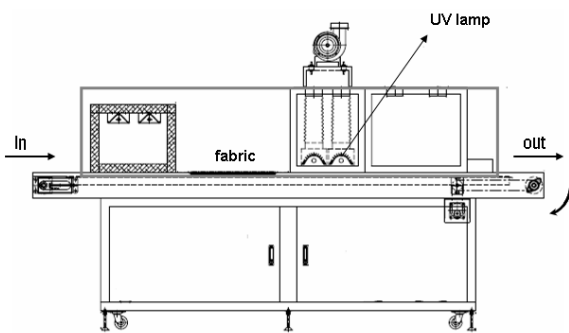


Fig. 2. Continuous UV irradiation apparatus.

### 2.2.3 한계산소지수(limiting oxygen index, LOI)의 측정

섬유소재의 방염성 측정은 한계산소지수 측정기(Yasuda JP/HS271A, Japan)를 이용하여 처리직물의 연소를 지속시키기 위해 필요한 대기 중의 최소 산소부피 함량비인 LOI를 구하였다.

### 2.2.4 염색 시험 및 염색성 평가

염색은 자동 적외선 염색기(IR dyeing testing machine, Heungshin, Korea)를 사용하였고 염색 조건은 염료 농도 3%owf, 액량비 1:50, pH 4.5로 고정하였고, 40°C에서 2°C/min으로 승온시켜 130°C에서 40분간 염색 후 50°C까지 냉각시켰다. 환원세정은 Hydrosulfite와 NaOH를 각각 1g/L

로 처리한 용액에 70°C에 20분간 처리하였다. 염색성 평가는 UV Visible 분광광도계(Agilent Technologies 8453, US)를 사용하여 염색 전후 잔류의 흡광도 변화를 최대 흡수파장에서 측정하여 염료의 흡진율을 구하였고, 반사율 분광광도계(Gretag Macbeth, Coloreye 3100, 미국)를 사용하여 염색 전후 방염가공 처리한 직물의 반사율을 측정한 후 최대 흡수파장에서의 표면염착농도(K/S)를 구하였다.

### 2.2.5 염색견뢰도의 측정

염색물의 세탁 견뢰도는 세탁견뢰도 시험기(Laundry-O-meter DL-2002, Daelim, Korea)를 사용하여 KS K 0430 A1법에 따라 측정하였고 승화견뢰도는 승화견뢰도시험기(Scorth meter, Heungshin, Korea)로 190°C에서 30초간 처리하여 견뢰도를 판정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 자외선 경화된 PET 직물의 고착율과 고착효율

선행 연구<sup>12)</sup>를 통해 자외선 경화형 인계 방염제 내의 광경화성 관능성기가 많을수록 고착성능이

**Table 1.** Add-on and add-on efficiency of UV-cured PET fabrics

Monomer	Agent applied(%)	APP (%owm)	undyed PET		dyed PET	
			A(%)	AE(%)	A(%)	AE(%)
MMEP	10	0	6	61	7	32
	30	0	17	74	15	41
	50	0	23	78	21	53
	100	0	33	76	27	74
	100	25	24	72	24	70
DMEP	10	0	9	66	9	45
	30	0	18	83	19	68
	50	0	20	80	26	80
	100	0	32	83	30	79
	100	25	36	82	33	81
TMEP	10	0	16	81	11	71
	30	0	23	89	21	84
	50	0	24	87	27	83
	100	0	37	88	30	90
	100	25	41	85	40	81

우수한 것을 확인하였다. 하지만 자외선 경화는 기질의 물리화학적 조건에 의해서 경화능이 변화할 수 있으며 PET섬유는 일반적으로 고온고압 조건에서 염색된다. 따라서 각각 미 염색 PET 직물과 C.I. Disperse Red 60으로 염색된 PET 직물에 대해서 인계 방염제의 농도와 APP 혼합하여 UV경화했을 때 가공제 농도에 따른 고착율과 고착효율의 변화를 측정하였다(Table 1). 미 염색 PET직물에서는 방염제 농도가 증가할수록 고착율과 고착효율이 증가하고 방염제 내의 관능기 수가 증가할수록 직물 표면과 방염제 사이에 가교도가 높아 수세에 의한 유실이 낮았다. 염색된 PET 직물에서도 가공제 농도에 따른 고착율과 고착효율은 향상되지만 미 염색된 PET직물보다 증가율이 약간 낮았다. 이는 미 염색된 PET직물은 대부분의 조사된 자외선을 직물표면에서 다시 반사시키지만 염색된 PET 직물에서는 일부 영역의 자외선과 가시광선을 염료가 흡수하므로 고착성이 저하되기 때문이다. 하지만 전체적으로 염색 후 단일 방염제의 경화에 의한 고착성의 저하는 미미하였다. 또한 인계 방염제에 APP를 혼합하여 처리한 시료의 경우 타 바인더에서는 APP 혼합처리에 의해 고착량이 증가하였지만 MMEP의 경우 단독 처리에 비해 고착율이 현저히 감소하였는데 이는 MMEP가 단관능성 단량체로서 경화시 가교도가 낮아 고착율이 감소한 것으로 보인다. 하지만 APP 혼합처리시 염색후 가공에 의한 고착성 감소는 크지 않았다.

### 3.2 방염 처리 순서에 따른 PET 직물의 방염성과 세탁 내구성

염색과 방염 처리순서에 따라 부여된 방염성과 세탁 내구성의 변화를 알아보기 위해 방염가공된 직물을 5회 세탁하고 한계산소지수의 변화를 평가하였다(Table 2). 염색된 PET직물의 LOI는 20.6이었지만 염색 후 Pekoflam 열경화에 의해 LOI가 24.1로 다소 증가하였다. 자외선 경화된 PET직물의 경우 단량체 내의 인 함량과 방염제 농도가 증가할수록 LOI가 증가하였고, UV 경화형 단량체인 MMEP를 단독으로 처리한 경우 100%처리농도에서 LOI가 25.0으로 증가하였다. 특히 APP와 MMEP 혼합처리 시료의 경우 최대 28.1까지 증가하여 자소성이 부여되었다. 그리고 자외선 경화된 PET직물의 경우 방염처리 순서에 따른 방염성의 변화가 거의 없었지만, Pekoflam처리의 경우 방염처리 후 염색에 의해 부여된 방염성이 일부 소실되었는데, 이는 고온의 염색과정에서 이 방염제의 열이행이 일어나는 것으로 보인다.

따라서 Pekoflam의 열처리에 의한 방염가공은 염색에 의해 방염성이 상당히 저하되므로 염색후 방염가공이 유리하다고 볼 수 있다. 그리고 자외선 경화형 인계 단량체의 경우 세탁에 의한 방염성 저하가 거의 없어 모든 직물에서 세탁 5회에 대한 내구성이 우수하였다. 이에 비해 열경화 처리 직물은 본 가공 조건에서 방염성 부여정도가 낮을 뿐 아니라, 세탁에 의한 방염성 저하가 상대적으로 컸다. 이에 비해 자외선 경화 방염가공은

**Table 2.** LOI values of UV-cured PET fabrics during five laundering cycles

Monomer	Agent applied (%)	APP (%owm)	finish before dyeing		finish before dyeing	
			0	5	0	5
MMEP	50	-	23.2	22.8	23.2	22.4
	100	-	25.0	24.1	25.0	24.6
	100	25	28.1	27.2	28.1	27.2
DMEP	50	-	22.4	21.5	22.4	21.5
	100	-	24.1	23.2	24.1	24.1
	100	25	26.8	25.9	26.8	26.8
TMEP	50	-	22.4	21.9	22.4	21.4
	100	-	24.1	24.1	24.1	24.1
	100	25	27.2	26.8	27.2	26.8
Pekoflam	10	-	20.6	20.2	22.8	21.5
	15	-	21.1	20.6	23.7	22.4
	20	-	22.4	21.9	24.1	23.2

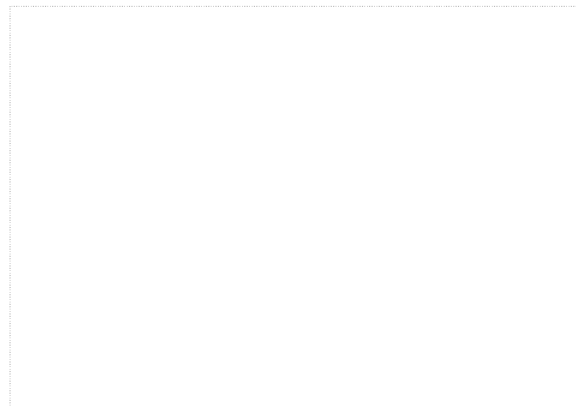
untreated PET : 20.6

분산염료 염색 전후의 방염가공 순서에 관계없이 세탁 내구성을 갖는 방염가공이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

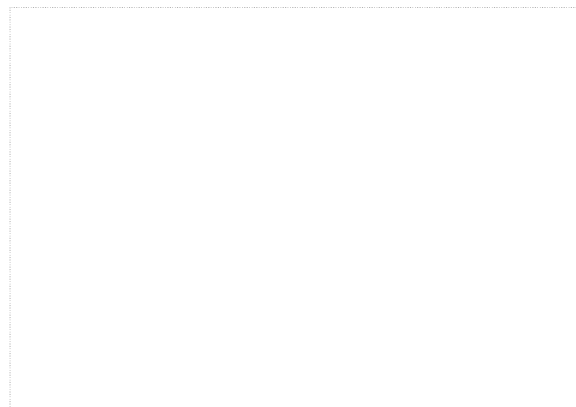
### 3.3 방염가공된 PET직물에서의 분산염료에 대한 염색성

일반적으로 열경화 방염가공의 경우 방염 처리된 직물을 염색하면 방염성능이 감소하거나 색상 변화가 일어난다. 본 실험에서는 인계 단량체의 UV경화를 염색 전후 시행하였을 때 PET 직물의 염색성과 방염성능에 어떠한 영향을 주는지 기존 열경화 방염제와 비교하였다. Fig. 3는 방염 처리된 직물을 C.I. Disperse Red 60로 염색한 경우 흡진율 측정 결과로 단량체 단독으로 처리된 직물과 열경화 직물에서는 모두 미처리와 유사한 흡진율을 보이며 처리 농도에 따른 변화가 크지 않지만, APP를 혼합하여 처리된 시료는 미처리와 단일처리에 비해 현저하게 감소하였다. 한편 방염가공 후 염색된 PET 직물의 표면염착농도의 경우(Fig. 4), 단량체 단독 처리에서는 미처리보다 약간 증가하였지만 농도가 증가할수록 약간 감소하였으나 전체적으로 방염제 농도 증가에 따른 K/S값의 변화는 크지 않았다. 하지만 APP가 혼합된 경우 흡진율과 마찬가지로 단량체를 단독처리한 시료보다 K/S값이 크게 감소하는 것을 알 수 있는데, 이것은 염색 시 혼합된 APP가 분산염료의 섬유 내부로 염착을 방해하기 때문으로 사료된다. 하지만 저농도 단량체의 단독 처리는 방염제 층에 일부 분산염료가 염색되어 염색성을 향상시키는 것으

로 보인다. Fig. 5는 동일하게 선염색된 PET직물에 인계 방염제와 열경화 방염제로 후가공할 때 표면염착농도의 변화이고 자외선 경화로 방염 가



**Fig. 3.** Percent exhaustion of PET fabrics UV-cured before dyeing.



**Fig. 4.** K/S values of PET fabrics UV-cured before dyeing.

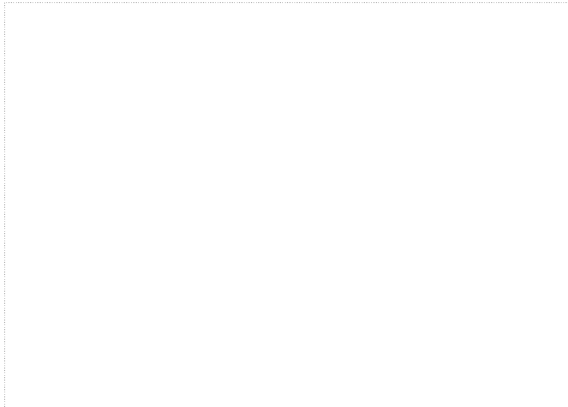


Fig. 5. K/S values of PET fabrics UV-cured after dyeing.

공한 직물은 열경화 직물에 비해 K/S가 감소하였다. 열경화 방염제는 처리농도가 낮고 120°C에서 건조하고 195°C에서 경화가 이루어져 가공제 대부분이 PET의 비결정 내부로 들어가 고착되므로 직물 표면에서 측정되는 겉보기 염착량에 큰 영향을 주지 않았다. 반면 자외선 경화형 단량체로 처리한 직물은 표면 코팅되거나 자외선 조사에 의해 일부 염료의 광퇴색을 유발하기 때문으로 보인다. 하지만 가공제 없이 동일 자외선 에너지(0.8J/cm<sup>2</sup>)

로 조사된 직물의 경우 미처리에 비해 약 0.3정도의 K/S값 저하를 보이고, 고착된 양이 많은 TMEP가 타 단량체에 비해 가장 큰 변화를 보이는 것으로 보아 염료의 광퇴색이 아니라 경화된 표면 수지층에 의한 굴절을 변화 등에 의한 영향이 큰 것으로 사료된다<sup>13)</sup>. 또한 APP가 혼합된 방염 처리에서는 K/S값의 저하가 더 큰 것은 고착율이 높고 APP 입자의 반사율 변화도 일부 기여하는 것으로 보인다.

### 3.4 방염 처리 순서에 따른 염색된 PET 직물의 색상 변화 분석

자외선 경화형 단량체 단독이나 APP혼합 또는 열경화 방염제로 방염 가공한 후 C.I. Disperse Red 60로 염색된 직물의 색 변화를 Table 3에 정리하였다. 자외선 경화형 단량체단독 처리와 열경화 처리는 명도(L\*), 적색도(a\*)와 황색도(b\*)값 모두 약간 증가하거나 감소하여 미처리와 유사하지만 백색 입자인 APP를 혼합하여 처리한 경우 더 현저하게 감소하였다. 자외선 경화형 단량체 및 APP의 혼합 처리조건에서 색차가 큰 것은 이 조건에서 K/S 감소가 크고 염색성이 낮은 APP 복

Table 3. Colorimetric data of PET fabrics UV-cured before dyeing

Monomer	Agent applied (%)	APP(%owm)	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E$	K/S
MMEP	10	-	0.1	-0.1	-0.4	0.4	13.1
	30	-	-1.1	-2.4	-0.8	3.0	12.1
	50	-	-1.1	-1.8	-0.8	2.3	12.5
	100	-	-1.2	-1.9	-0.8	2.3	9.8
	100	25	-4.2	-6.7	-0.5	7.9	8.1
DMEP	10	-	-0.4	-1.1	-0.8	1.4	12.2
	30	-	-0.6	-1.3	-1.5	2.0	11.8
	50	-	-0.2	-0.8	-1.2	1.4	11.5
	100	-	-1.9	-3.1	-0.1	3.7	9.2
	100	25	-6.7	-12.9	-1.8	14.6	6.7
TMEP	10	-	-0.7	-1.7	0.2	1.8	11.9
	30	-	-1.3	-3.1	-0.6	3.4	11.0
	50	-	-1.0	-2.7	-0.9	2.9	11.0
	100	-	-1.8	-3.3	-0.1	3.8	8.8
	100	25	-6.6	-12.7	-0.6	14.3	5.8
Pekoflam	10	-	-1.7	2.0	1.4	2.9	10.8
	15	-	-0.9	0.5	1.2	1.6	11.4
	20	-	-1.7	1.7	1.2	2.6	11.5

untreated PET : L\*, 44.8; a\*, 61.0; b\*, 13.8; K/S, 11.7

Table 4. Colorimetric data of PET fabrics UV-cured after dyeing

Monomer	Agent applied (%)	APP (%owm)	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E$	K/S
MMEP	10	-	-0.7	-1.0	1.6	2.0	9.9
	30	-	-1.0	-1.4	2.1	2.7	10.6
	50	-	-3.2	-4.6	8.3	10.0	10.4
	100	-	-3.3	-5.2	8.1	9.9	9.6
	100	25	-6.2	-6.9	2.5	9.6	7.7
DMEP	10	-	-0.7	-1.1	1.5	2.0	9.6
	30	-	-1.3	-1.7	2.5	3.3	9.7
	50	-	-3.0	-4.4	6.2	8.2	9.0
	100	-	-3.7	-5.8	4.6	8.3	8.7
	100	25	-6.7	-12.9	2.3	14.7	7.7
TMEP	10	-	-0.5	-0.7	0.9	1.2	10.1
	30	-	-0.9	-1.4	1.0	1.9	9.0
	50	-	-1.3	-2.1	2.2	3.3	8.6
	100	-	-2.1	-3.3	2.1	4.5	7.9
	100	25	-7.7	-12.6	1.0	14.8	5.6
Pekoflam	10	-	-0.6	-0.9	0.1	1.1	11.1
	15	-	-1.0	-1.7	-0.7	2.1	11.6
	20	-	-1.0	-1.5	-0.3	1.8	11.5

합 수지층의 색상이 일부 기여하는 것으로 보인다. 한편 동일하게 기염색된 직물에 방염가공한 경우의 색상변화는 Table 4에 제시되었다. 열경화한 시료는 염색과정에 관계없이 유사한 색상을 보임에 반해 자외선 경화한 시료는 염색 전 가공처리에 비해 색차가 증가하였다. 이는 염색 후 방염가공에 의해 각 방염제 층의 광학특성 차에 의한 최대 흡수파장에서의 K/S 감소뿐 아니라 경화 수지층 자체의 색상이 기존 염료의 색상에 혼합되었기 때문으로 사료된다. 따라서 자외선 방염가공은 염색 이전에 실시하는 것이 제품의 색차를 감소시키는 데 유리할 것으로 판단된다.

### 3.5 방염 처리 순서에 따른 PET 직물의 염색건뢰도 변화

Table 5와 6는 각각 방염가공한 시료에 분산염료로 염색한 것과 분산염료로 염색된 직물에 방염처리한 PET직물의 염색건뢰도이다. 미처리 PET 염색 직물의 변퇴색은 3등급이고 오염색은 나일론과 아세테이트가 4등급인 것을 제외하고는 대부분이 4-5등급이었으나 승화건뢰도의 경우 2-3등급으로 낮았다. 방염가공 조건과 동일한 자외선 에너지로 UV조사한 시료의 경우 미처리와 동일한 유사한 건뢰도를 가져 염색전후에 상관없이  $0.8J/cm^2$ 의 자외선조사는 염색성과 건뢰도에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 놀랍게도 UV경화형 단량체로 단독 처리한 시료들에서는 전체적으로 세탁건뢰

도가 0.5 내지 1등급 향상되었다. 이는 자외선 경화형 인계 방염제들이 PET직물의 높은 결정성으로 주로 표면에 코팅되므로 세탁에 대한 보호층으로 작용하는 것으로 사료된다. 염색 후 방염가공된 직물의 경우는 변퇴색 등급이 미처리와 유사하였는데 이는 염색된 직물의 광흡수에 의한 경화도 저하로 보호층의 가교도가 낮거나 방염제가 일부 염료와 반응하는 것으로 보인다. 승화건뢰도의 경우 염색순서와 관계없이 자외선 경화형 단량체 단독으로 방염처리한 직물은 모두 향상되었는데, 광중합 및 가교된 단량체의 표면층이 고열에 의한 승화를 방지하는 역할도 하는 것으로 보인다. 또한 두 조건에서 MMEP가 타 단량체에 비해 건뢰도가 낮은 이유는 단관능성으로 표면 고착된 방염층의 가교도가 낮기 때문이다. APP를 혼합하여 가공한 경우에도 방염제 단독 처리에 비해서 낮은 건뢰도 등급을 갖지만 미처리와 비교했을 때 MMEP를 제외하고는 동일하였다. 열경화 시료의 경우 염색성에 큰 영향이 없지만 처리 농도가 낮음에도 불구하고 세탁 및 승화 건뢰도가 미처리에 비해 모두 감소하였다. 이는 가공제가 PET 직물 내부에 존재하여 보호층을 형성하지 않고 염색 후 처리된 경우 가공 중 고온의 열처리에 의해 섬유 내에 존재하는 분산염료의 이행을 유발하기 때문으로 보인다. 따라서 자외선 경화 공정은 상온경화이므로 염료의 열이행을 유발하지 않고 세탁 및 고온에 의한 염료의 탈리 및 이행을 방지하

**Table 5.** Color fastness of PET fabrics UV-cured before dyeing

Monomer	Agent applied (%)	APP (%owm)	Shade	Staining						Sublimation
				Wool	Acrylic	PET	Nylon	Cotton	Acetate	
untreated	-	-	3	5/4-5	5/4-5	4-5	4	5/4-5	4	2-3
control	-	-	3	5/4-5	5/4-5	4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	2-3
MMEP	50	-	4	5/4-5	5/4-5	4-5	5/4-5	5/4-5	4-5	2-3
	100	-	4	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3
DMEP	100	25	2	5/4-5	4-5	4-5	2	4-5	2	2
	50	-	3.5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3
	100	-	3	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3
TMEP	100	25	2	5/4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	2	2
	50	-	3.5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3
	100	-	3	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3
Pekoflam	100	25	2.5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3-4	4-5	2-3	2-3
	10	-	2.5	4	4-5	4-5	2-3	4-5	2-3	2
	15	-	2.5	4-5	5/4-5	4	2	4-5	2-3	2
	20	-	2.0	4	4-5	3.5	2	4	2	1-2

**Table 6.** Color fastness of PET fabrics UV-cured after dyeing

Monomer	Agent applied (%)	APP (%owm)	Shade	Staining						Sublimation
				Wool	Acrylic	PET	Nylon	Cotton	Acetate	
untreated	-	-	3	5/4-5	5/4-5	4-5	4	5/4-5	4	2-3
control	-	-	3	5/4-5	5/4-5	4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	2-3
MMEP	50	-	3.0	5/4-5	5/4-5	4-5	4	5/4-5	4	3
	100	-	2.5	5/4-5	5/4-5	4-5	4	5/4-5	4	3
DMEP	100	25	2	5/4-5	4-5	4-5	2-3	4-5	2-3	2-3
	50	-	2.5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	4-5	5/4-5	4-5	3
	100	-	3.0	5/4-5	5/4-5	5/4-5	4-5	5/4-5	4-5	3
TMEP	100	25	2	5/4-5	4-5	4-5	3-4	4-5	2-3	2-3
	50	-	3.0	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3/3-4
	100	-	2.5	5/4-5	5/4-5	4-5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3-4
Pekoflam	100	25	2.5	5/4-5	5/4-5	5/4-5	3-4	4-5	2-3	2-3
	10	-	2.5	4	4-5	4-5	2-3	4-5	2-3	2
	15	-	2.5	4-5	5/4-5	4	2-3	4-5	2-3	2
	20	-	2.0	4	4-5	4	2	4	2	2

므로 세탁 및 승화 견뢰도를 향상시킨다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

자외선 경화형 단량체의 경우 직물의 염색 후 가공한 경우가 가공 후 염색에 비해 고착율과 고착효율이 약간 낮았지만 그 차이는 미미하였다. 방염성의 경우도 염색 및 가공 순서에 관계없이 유사한 방염성 부여가 가능하였고, 특히 인 함량

이 높은 단량체인 MMEP에 APP를 혼합처리한 경우 LOI값이 28.1까지 증가하여 자기소화성을 보였다. 또한 자외선 경화형 방염가공의 경우 염색 공정에 관계없이 높은 표면경화성과 가교도로 인해 5회 세탁에 대한 내구성을 갖지만, Pekoflam의 경우 전체적으로 방염성이 낮고 가공 후 고온 염색 과정에서 열이행이 일어나 방염성이 저하되며 세탁에 대한 내구성도 상대적으로 낮았다. 자외선 경화형 단량체의 단독 처리에 의한 방염가공은



PET직물의 염색성에 큰 영향을 주지 않지만 APP 혼합처리의 경우 염색성 저하를 유발하였다. 기 염색된 PET 직물의 자외선 경화에 의한 방염가공은 열경화형 방염가공에 비해 K/S의 저하가 컸지만 이는 자외선조사에 의한 염료의 광퇴색이 아니라 경화된 표면 수지층에 의한 굴절율 변화로 판단된다. 또한 염색 전 자외선 경화에 의한 방염가공은 색상 변화가 미미하지만 염색 후 자외선 경화하면 색상변화가 컸는데, 이는 표면 수지층의 자체 색상에 기인한 것으로 보인다. 방염가공된 PET 직물의 세탁 및 승화에 대한 염색견뢰도는 열경화의 경우 저하되지만 자외선 경화는 염색 전 후 처리에 관계없이 미처리보다 향상되었으며 이는 표면에 고착된 방염제가 세탁 및 승화에 의한 염료 탈리 및 열이행률 막는 보호층 역할을 하였기 때문이다. 따라서 자외선 경화형 인계 단량체를 이용한 PET직물의 방염가공은 염색 순서에 관계없이 적용될 수 있으며 우수한 표면 경화성과 내구성으로 타 기능성 가공분야에서 방염 기능성을 포함한 복합기능성 바인더로서의 활용이 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI 04-01-04)지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. J. Jang, Y. Jeong, Nano Roughening of PET Fabrics via Continuous UV/O<sub>3</sub> Irradiation, *Dyes & Pigments*, **69**, 137-143(2006).
2. J. Jang, M. Kim, and Y. Jeong, Cationic Dyeable Treatment of PET and PTT Fabrics by Continuous UV/O<sub>3</sub> Irradiation, *Text. Sci. Eng.*, **40**(5), 424-430(2003).
3. J. Jang, S. Eom, and Y. H. Kim, Continuous Surface Modification of PET Film via Irradiation, *Text. Sci. Eng.*, **39**(1), 100-107(2002).
4. P. K. Pak, B. O. Lee, H. C. Kim and H. Y. Kim, Flame-retardant and water-repellent finishing of automobile indoor fabrics, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **11**(5), 285-290 (1999).
5. E. S. Lee, K. G. Song and S. W. Ko, Thermal Behavior of Flame-retardant Polyester Fibers, *Text. Sci. Eng.*, **28**(4), 75-80(1991).
6. H. Kubokawa. and T. Hatakeyama, Relationship Between Flame Retardation and Phase Transition Behavior of Polyester Fabrics Treated with a Bromine-Containing Compound, *Textile Res. J.*, **68**(7), 502-508(1998).
7. R. Horrocks, M. Wang and M. Hall, Effectiveness of Phosphorus-Containing Flame Retardant in Textile Back-coating Formulations, *J. Ind. Text.*, **29**(3), 206-239(2000).
8. H. K. Kim, J. H. Keum, H. S. Hahm, M. S. Pyoun and H. S. Park, Preparation of Phosphate Type Softening Flame Retardant for Synthetic Fibers and its Characterization, *Text. Sci. Eng.*, **30**(10), 752-758(1993).
9. M. J. Tsafack, J. Levalois-Grützmacher, Flame Retardancy of Cotton Textiles by Plasma-induced Graft-polymerization(PIGP), *Surf. Coat. Technol.*, **201**, 2599-2610(2006).
10. Y. J. Ju, P. K. Pak, B. O. Lee, H. C. Kim, Flame Retardant Finish of Polyester Fabrics by Corona Discharge, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **8**(6), 65-72(1996).
11. B. O. Lee, P. K. Pak, H. C. Kim, H. J. Lee and H. S. Lee, Multi-Functional Finish of Polyester and P/C blend Fabrics by Corona Discharge(I), *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **9**(2), 1-9(1997).
12. J. Jang, Y. M. Kim, Y. K. Jeong and Y. S. Nam, Flame-retardant Coating of Cotton Fabrics via UV curing of DMEP, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **19**(5), 1-7(2007).
13. J. Jang, Y. K. Jeong, Y. J. Jeong, Preferential Face Coating of Knitted PET fabrics via UV curing for Water- and Oil-repellent Finish, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **17**(6), 27-35(2005).