

DPBAP와 HBCD로 처리한 PET 직물의 방염특성

김수창 · 장두상 · 조인술

영남이공대학 텍스타일시스템계열

1. 서론

PET 섬유는 3대 합성섬유 중에서도 가장 연구개발이 활발한 것은 물론이거니와 폴리올레핀계 고분자와 함께 향후에도 의류나 소재 시장에서 지속적으로 발전해 갈 것으로 전망된다.

그러나 PET 직물은 열에 대한 안정성이 낮기 때문에 화재 때에 acetaldehyde나 CO와 같은 유독 기체를 발생하여 인천 호프집 화재 사고처럼 막대한 인명피해와 환경문제를 일으켜¹⁾ 선진국에서는 갈수록 소방 안전과 관련된 법규를 강화하는 한편 섬유의 방염화를 법적으로 규제하기 시작하였고 최근에는 의류뿐만 아니라 인테리어나 운송수단의 내장재를 비롯한 모든 섬유 제품에 이르기까지 그 규제범위를 넓히고 있어^{2~7)} 이들 섬유 재료에 대한 방염가공은 필연적이다. PET 섬유를 방염화하는 방법은, 단량체로부터 PET를 합성하는 단계에서 실시하는 방법⁸⁾과 방사할 때 additives를 방사 원액에 첨가하는 방법⁹⁾, 고온에서 방염가공제를 섬유에 흡진시키는 방법 등이 있는데^{10~15)} 가공방법의 간편성 때문에 가공제를 고온에서 섬유에 흡진시켜 방염화하는 방법이 널리 이용되고 있다.

섬유에 방염성을 부여하는 원소로는 붕소와 질소, 인, 안티몬, 할로젠 등이 있는데 인과 할로젠의 효과가 매우 큰 것으로 알려졌으며 이 가운데 인과 할로젠, 질소와 인, 그리고 안티몬과 할로젠 원소사이에 상승효과가 나타나는데 상승효과란 두 종류 이상의 방염 약제를 사용하는 경우에 배합 2 성분 계의 효과가 단일 성분 계 효과의 합보다도 큰 것을 의미한다¹⁶⁾.

이 연구에서는 PET 직물에 인 화합물인 Diphenylbutylamidophosphate(이하 DPBAP)와 할로젠 화합물인 Hexabromocyclododecane(이하 HBCD)을 단독 혹은 조합 처리한 후 처리 직물의 방염 효과와 인 화합물과 할로젠 화합물인 브롬 사이에 상승효과가 있는지를 검토하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

PET 직물은 시트용 single knit 직물을 사용하였으며 시료의 특성은 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fabric

Stitch	Density		Weight(g/m ²)	Thickness(mm)
	Coarse/inch	Wale/inch		
Plain	50	36	326.7	1.264

처리제로 사용한 DPBAP는 국내 P사에서 유화시킨 약제, HBCD는 일본 第一工業製藥株式會社에서 45% 농도로 유화시킨, 상품명 PYROGUARD F-800을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 방염 처리

방염제로 DPBAP와 HBCD를 단독 혹은 조합하여 Table 2와 같은 조성으로 만든 후 패딩기를 써서 $3\text{Kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 압력에서 2dip -2nip 방식으로 각각 처리하였으며 예비건조는 열풍건조기로 100°C 에서 10분 동안 하였고 건열 처리는 Mini Dryer로 180°C 에서 1분 동안 하였고 세척처리는 Na_2CO_3 1.5g/l, 액비 40:1의 조건으로 70°C 에서 10분간 한 다음 증류수로 3회 냉 수세하였다.

2.2.2 내세탁성

시료를 tribasic sodium phosphate($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 0.5%와 비 이온 계면활성제 0.1% 용액에 액량비 40:1로 하여 4시간 동안 환류 냉각시키면서 끓인 후 찬물에 수세하여 내세탁성을 조사하였는데 이 방법은 방염 처리직물의 50회 세탁에 해당하는 것이다¹⁷⁾.

2.2.3 수분율

항온항습기를 써서 KS K 0220법으로 측정하였다.

2.2.4 한계산소지수(LOI)와 연소속도 및 탄화거리

한계산소지수는 산소지수시험기를 써서 ASTM D-2863의 B-2법으로 3회 측정하여 그 평균값을 나타내었으며 연소속도는 HORIZONTAL FLAME CHAMBER에서 JIS D-1201법에 의거하여 4" × 14" 의 시료를 수평으로 유지하며 1.5" 부탄 불꽃으로 3회 이상 연소시켜 평균값으로 나타내었다.

2.2.5 유연도 측정

유연도는 Clark Softness Tester를 써서 5회 측정하여 그 평균값을 정수로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 처리조건에 따른 부착량

DPBAP와 HBCD의 비율을 변화시켜 Table 2와 같은 조성으로 PET 직물에 처리하였다.

Table 2. Composition of formulations

Sample code	Composition (wt %)		
	H2O	DPBAP	HBCD
F1	80	20	0
F2	80	16	4
F3	80	12	8
F4	80	8	12
F5	80	4	16
F6	80	0	20

Figure 1은 처리조건에 따른 세탁전후의 부착량을 보인 그림으로서 HBCD의 함량이 증가함에 따라 세탁전후 모두 부착량이 증가하며 이 경향은 세탁후의 시료에서 더 크게 나타난다.

3.2 처리직물의 방염성

의류나 운송수단 내장재로 사용하는 섬유 의 연소성을 시험하는 방법은 여러 가지가 있는데 이 연구에서는 직물의 방염성을 평가하기 위해 LOI값과 연소속도 및 탄화장을 측정하였다.

Figure 2는 처리제 조성을 변화시켜 처리한 시료와, 처리한 다음 50회 세탁에 해당하는 간이 세탁법에 의해서 세탁한 시료의 LOI값 변화를 나타낸 것이다. 미처리 시료의 LOI값이 20인데 비해, DPBAP와 HBCD의 단독처리와 조성을 변화시켜 조합 처리한 시료의 경우는 세탁 전후에 있어서 LOI값이 모두 방염성이 있다고 인정되는 한계치 27을 넘고 있어 DPBAP와 HBCD를 단독 혹은 조합 처리하는 가공방법이 PET 직물에 만족할 만한 방염 효과를 부여할 수 있음을 알 수 있다¹⁸⁾.

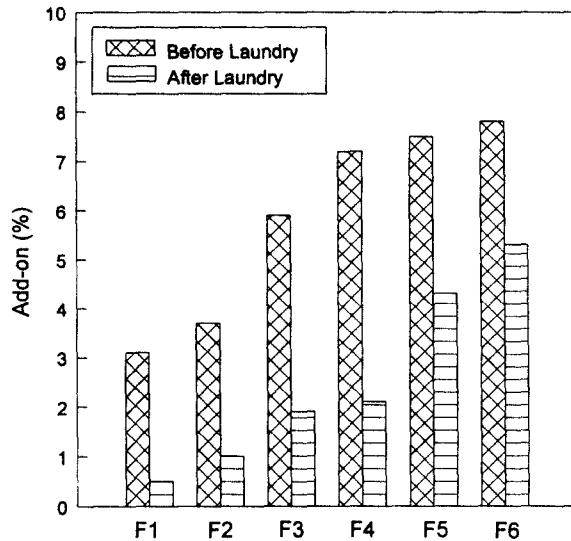


Fig. 1. Add-on of PET fabrics treated at various composition of treating solution.

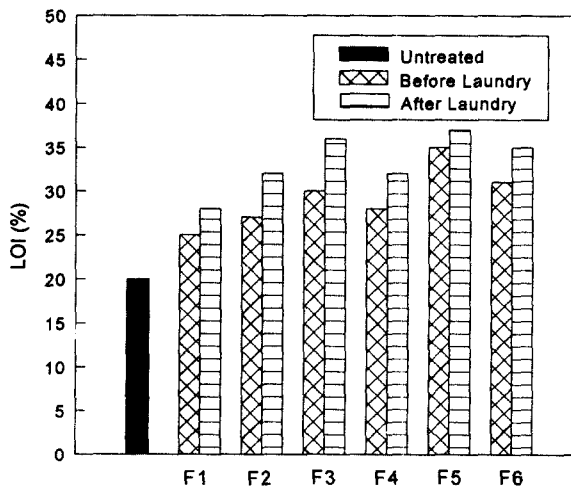


Fig. 2. LOI values of PET fabrics treated at various composition of treating solution.

처리 직물의 세탁전후에 있어서 부착율에 따른 LOI값 변화를 Figure 3에 나타내었다. 세탁전의 시료는 부착율 3.7% 이상에서 만족할 수준의 방염성을 보이고 있으며, DPBAP 단독 처리한 다음 50회 간이세탁후의 시료는 0.5%라는 낮은 수준의 부착율에서도 LOI값이 28을 나타낸다.

미처리 직물과 처리 직물의 세탁전후 연소속도를 Table 3에 나타내었다. 미처리 직물은 쉽게 연소를 일으켜 방염성을 보이지 않았으나 DPBAP와 HBCD 단독 혹은 두 약제를 조합 처리하여 50회 간이세탁 한 시료는 모두 자기소화성이 있음을 보이고 있다¹⁹⁻²¹⁾.

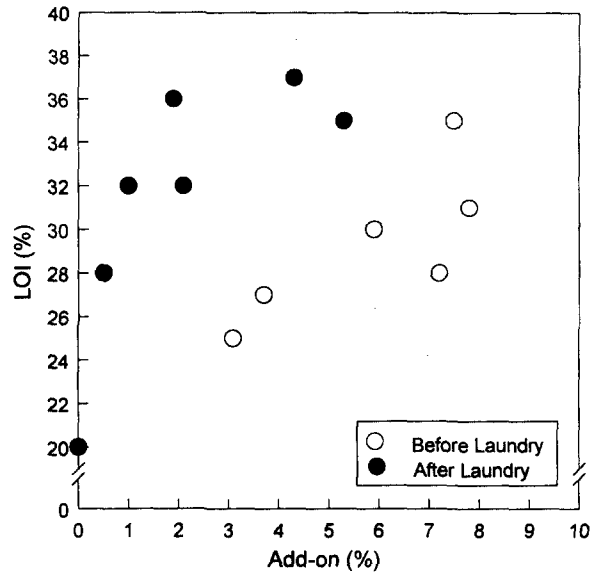


Fig. 3. Relationship between add-on and LOI values of treated PET fabrics.

Table 3. Effect of Add-on on the Burn Rate and LOI Values for PET Fabrics to After and Before Laundry

Add-on(%)	Burn Rate	LOI(%)
0	B4 ^{*1}	20
1.0	SE ^{*2}	28
2.1	SE	32
3.1	SE	25
3.7	SE	27
5.9	SE	30
7.2	SE	28

*1) B4: Burn Rate of 4 inches per minute.

*2) SE: Self-Extinguishing

3.3 처리 직물의 유연성

PET 직물을 인 화합물과 할로젠화합물로 처리하면 처리 직물의 유연성 변화가 일어날 것으로 생각되어 처리제 구성에 따른 유연성을 Figure 4에 나타내었다. 처리 직물의 유연성이 나빠졌음을 보이고 있으며 50회 간이세탁 한 직물은 세탁전의 직물보다 이 경향이 낮게 나타났는데 이것은 가공제 부착에 따라 PET 섬유 표면이 거칠어져서 일어난 일반적인 현상으로 생각한다.

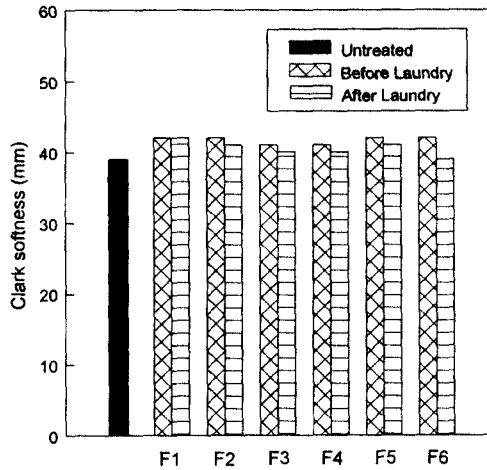


Fig. 4. Clark softness of PET fabrics treated at various composition of treating solution.

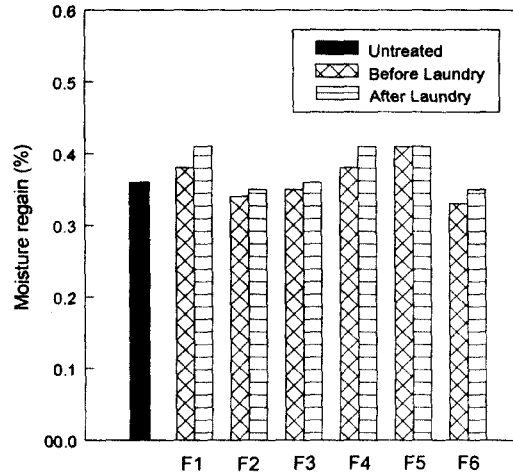


Fig. 5. Moisture regain of PET fabrics treated at various composition of treating solution.

3.4 처리 직물의 수분율

Figure 5는 처리제 조성에 따른 수분율을 나타내는데 수분율이 약간 증가된 경향을 보이고 있으며 DPBAP와 HBCD의 조성이 2:3과 1:4인 비율에서 시료의 수분율 증가가 가장 크게 일어났다.

4. 결론

인산 에스테르 계 화합물인 DPBAP와 할로겐 계 화합물인 HBCD를 방염가공제로 사용하여 PET 직물에 PDC법으로 단독 혹은 조합 처리한 결과, 처리직물은 50회 간이세탁 후에도 만족할 만한 수준의 방염 효과를 발휘하였으며 유연성은 나빠졌다. 또 처리제로 사용한 DPBAP와 HBCD를 1:4의 비율로 조합 처리한 시료는 방염성 면에서 뚜렷한 상승효과를 보였으며, 단독 혹은 조합 처리직물은 세탁전의 시료보다 50회 간이세탁후의 시료의 수분율이 증가하였다.

참고문헌

1. M. Lewin, S.M. Atlas and E.M. Pearce, "Flame Retardant Polymeric Materials " Vol.2, Chap.4, Plenum Press. New York, 1978.
2. V. Mischutin, *Am. Dyest. Rep.*, 76 (1), 33(1987)
3. A. R. Horrocks, M. Tunc and D. Price, *Textile Progress*, 18, 2(1987)
4. A. Hashizume, *Polymer Application*, 17 (7), 495(1968)
5. 西澤 仁, " 폴리머의難燃化 ", Chap.3, 大成社, 1987.

6. A. R. Horrocks, *Rev. Prog. Color. Relat. Top.* **16**, 62 (1986)
7. S. V. Levchik, G. Camino, L. Costa and G. F. Levchik, *Fire and Mater.* **19**, 1(1995)
8. Marty Gurian, *Text. Chem. Color.*, **29**(10) 21(1997)
9. B. J. Eisenberg and E. D. Weil, *Text. Chem. Color.*, **6**(12) 257(1974)
10. W. Flugel, *Melliand Textilber*, **71**, 219(1990)
11. Wenjeng Guo, *J. Polym. Sci.*, part A, **30**, 819(1992)
12. S. V. Levchik, G. F. Levchik, G. Camino, and L. Costa, *J. Fire Sci.* **13**, 43(1995)
13. YING-LING LIU, GING-HO HSIUE, YIE-SHUN CHIU, RU-JONG JENG, and CHONG MA, *J. Appl. Polym. Sci.*, **59**, 1619 (1996)
14. H. KUBOKAWA and T. HATAKEYAMA, *Textile Res. J.*, **68**(7) 502(1998)
15. 김수창, *韓國染色加工學會誌*, **10**(4), 220(1998)
16. 嶺南大學校 防炎技術研究會, *韓國染色加工學會誌*, **8**(5), 426(1996)
17. W. F. Mcsherry, G. L. Drake, Jr., A. B. Cooper, and A. R. Markezich. *Am. Dyest. Reprtr.*, **63**(7), 52(1974)
18. 中西茂子, 博士學位論文, 東京工業大學, 1999.
19. 정유미, 안승국, *한국섬유공학회지*, **36**(3), 251(1999)
20. Shigeki Takayama, Fumiko Amemiya and Kunihiko Takeda, *Kobunshi Ronbunshu*, **53**(7), 406(1996)
21. H. J. Kim et al., *Korean Polymer Journal*, **6**(1), 84(1998)