

UV/Ozone 조사에 의한 PTT 필름의 연속식 표면처리와 염색성

¹장진호 · 박대선

금오공과대학교 신소재시스템공학부 섬유패션공학전공

Continuous Surface Treatment and Dyeability of PTT Film via UV/O₃ Irradiation

¹Jinho Jang and Dae Sun Park

Dept. of Textiles & Fashion Engineering, School of New Materials and System Engineering,
Kumoh National Institute of Technology, Kumi, 730-701, Korea
(Received November 26, 2004/Accepted January 7, 2005)

Abstract—Continuous and intense UV irradiation on PTT film using two types of UV bulbs at different irradiation power level was carried out to modify surface characteristics of the film including zeta potential, wettability, surface energy, and dyeability. ESCA analysis of the irradiated film showed higher O/C ratio than the untreated film indicating photooxidation of outer surface layer. ATR analysis showed that the ester bonds were broken and some new groups were produced such as carboxylic acid, phenolic hydroxy, and other esters, implying that ester bonds of PTT was responsible for the observed photooxidation effect. The surface of the treated PTT film became more hydrophilic and wettable to water, coupled with increased surface energy. Polar component of the surface energy increased and nonpolar component decreased with increasing irradiation energy. The treatment also decreased zeta potential of the modified surface and nanoscale roughness increased with increasing irradiation. The dyeability of the treated films to cationic dyes was significantly improved by electrostatic and polar interaction between dye molecules and the anionic film surface. The UV irradiation seems to be a viable polymer surface modification technology, which has advantages such as no vacuum requirement and continuous process unlike plasma treatment.

Keywords : PTT film, UV irradiation, photo-oxidation, hydrophilicity, surface energy, dyeability

1. 서 론

합성섬유 고분자의 표면은 대부분 화학적으로 비활성이며 표면에너지가 낮아 소수성을 가지므로 다양한 산업분야에 응용되기 위해서는 물리화학적 개질하는 것이 필요하다. 특히 코팅, 라미네이팅, 날염, 페인팅, 포장 등 분야에서 적심과 부착 특성을 향상시키기 위해 고분자 내부 물성을 손상시키지 않고 물리화학적으로 표면을 개질하는 다

양한 방법이 적용되고 있다. 예를 들면 각종 산화제 수용액을 이용하거나 그래프트 등 습식처리를 비롯하여, 화염, 코로나, 플라즈마, 자외선, 레이저, 전자빔, 금속화, 스퍼터링 등 다양한 건식처리법이 있다.^{1,2)} 특히 섬유고분자의 표면 성질은 마찰, 흡윤, 흡착성, 염색성, 친수성, 방오성, 대전방지성 등과 밀접한 관련성을 가지며 더욱이 입자, 호료, 안료의 부착성에도 상당한 영향을 미친다. 하지만 이러한 표면개질법이 실제적으로 널리 적용되기 위해서는 표면개질 효과 이외에도 처리효과의 경시성, 장치의 고가화 및 대형화(진공 조건 및 차폐 등) 용이성, 연속적 처리 가능성 등이 중요하다고

¹Corresponding author. Tel. : +82-54-478-7715; Fax.: +82-54-478-7710; e-mail : jh.jang@kumoh.ac.kr

볼 수 있다. 최근 자외선 발생장치의 출력 향상, 조사장치의 소형화, 장비의 저렴화, 환경 친화성 등의 장점을 갖는 자외선/오존에 의한 표면처리가 주목받고 있는데, 이는 강한 에너지와 산화력을 갖는 자외선과 오존에 의해 고분자의 주쇄를 절단시키고 표면 산화층을 형성시키는 것으로 요약될 수 있다. 또한 진공조건을 요구하지 않을 뿐 아니라 연속적으로 삼차원적인 입체형상도 처리할 수 있기 때문에 다양한 천연 및 합성 고분자의 표면처리법으로 활발히 연구되고 있다.^{3,6)} 지방족 및 방향족 탄화수소의 비극성 구조를 가져 소수성인 PTT를 자외선/오존 조사에 의해 표면개질하고 친수화하고 양이온 염료에 염색성을 향상시키는 것은 PTT의 단점이 될 수 있는 유성 오염에 대한 저항성, 코팅 용이성, 정전기 방지, 염색성 등을 필름 단계에서 적용할 수 있으므로, 중합단계에서 공중합체를 이용하거나 그래프트하는 방법에 비해 공정상 장점을 가지고 표면만을 개질하기 때문에 필름 자체의 기계적 성질 저하를 최소화하는 장점을 지닌다. 또한 기존 코로나 처리에 비해 조사영역을 조절할 수 있는 특성이 있으므로 조사와 미조사 부분의 염색성 및 인쇄성 차이를 이용한 돈 차이를 갖는 필름의 제조도 가능하리라고 본다. 본 연구는 뛰어난 신축성, 유연한 촉감과 저온 염색성 등의 특성으로 카펫, 수염복 등 다양한 분야에서 상업화가 시도되고 있는 PTT에 대한 표면처리 특성을 조사한 것으로, 파장분포가 다른 두 가지 종류의 자외선 램프를 조사량과 출력강도를 변화시키면서 조사하고 자체 제작한 연속식 이송장치 위에 PTT 필름을 연속식으로 이동시켜 처리하였고, 처리된 시료의 산소함량, 제타전위, 요철도 등 표면 특성을 분석하고 주쇄 절단 및 표면산화에 의해 도입된 극성기를 염착좌석으로 이용하여 양이온성 염료에 대한 염색성의 변화를 평가하였다.

2. 실험

2.1 시료

PTT 필름은 이축 연신된 20 μm 두께의 필름이고 염색은 헤미시안닌계 양이온 염료인 Rifa Cationic



Scheme 1. Molecular structure of C.I. Basic Red 13

Pink FG(C.I. Basic Red 13, Scheme 1)를 사용하였고 초산은 pH 조절용으로 사용하였다

2.2 연속식 UV/O₃ 표면 처리

표면 처리에 사용한 연속식 자외선 조사기는 240 W/cm의 최대출력을 가지는 무전극 램프(Fusion UV Systems)를 내장한 VPS I 600 자외선 조사장치와 별도로 제작한 이송장치로 구성되어 있으며, PTT 필름은 H형 램프나 D형 램프로 조사량을 처리시간을 달리하여 처리하였다. 조사과장 분포 및 출력에 따른 조사량 변화는 spectroradiometer(SolaScope 2000, Solatell)를 이용하였다. 조사 중 발생된 적외선에 의한 열처리 효과를 방지하기 위해 송풍기와 배풍기를 사용하여 냉각하였으며 이송속도는 10m/min로 고정하였다.

2.3 처리된 필름의 표면 분석

표면 분석에는 약 50%의 출력강도를 갖는 H형 램프로 처리된 시료를 사용하였다. ESCA 분석은 X선 광전자 분광분석기(MT 500/1, VG Microtech)로 처리 전후 PTT 필름 표면의 탄소함량에 대한 산소함량의 변화를 통해 화학적 조성을 조사하였다. ATR 분석은 FT-IR 분광분석기(300E, JASCO)를 사용하여 필름 처리 면을 45° Ge crystal의 한쪽 면에 접촉하고 일정 압력을 가한 후 측정하였고, 1504cm⁻¹를 기준으로 표준화한 후 처리 필름의 흡광도에서 미처리 필름의 흡광도를 차감하여 처리된 필름의 차감 스펙트럼을 얻었다. 제타전위 측정은 전기영동 광산란분광광도계(ELS 8000, Otsuka)를 이용하여 처리된 필름을 석영 판에 접촉시켜 측정하였다. AFM 분석에는 SPM Auto Probe M5(Thermo Microscopes)를 이용하여 비접촉식 모드로 수 회 측정하였다.

2.5 접촉각 측정 및 표면에너지 계산

필름의 접촉각은 CCD가 부착된 정적 접촉각 측정기(Phoenix300, AhTech)를 이용하여 sessile drop method으로 측정하였다. 접촉각 측정은 증류수와 diiodomethane을 이용하여 항온항습 조건(20 °C, 65% RH)에서 각 시편에 대해 5회 이상 접촉각을 측정 후 평균값을 구하였으며, 이를 이용하여 처리된 필름의 표면에너지를 구하였다. 표면에너지의 계산은 Owens 등이 제안한 방법을 사용하였으며^{7,8} 사용 액체의 표면장력 구성 성분에 대한 값은 Table 1과 같다.

고체 표면의 표면에너지(γ_s)는 극성 성분(γ_s^d)과 비극성 성분(γ_s^d)의 합으로 구성된다.

Table 1. Surface energy components of test liquids for contact angle measurement

Test liquid	Surface energy (mJ/m ²)	γ_L	γ_L^d	γ_L^p
Water		72.8	21.8	51.0
Diiodomethane		50.8	48.5	2.3

$$\gamma_S = \gamma_S^d + \gamma_S^p \quad (1)$$

액체의 고체 표면을 접촉하는 경우 부착일(work of adhesion)과 young의 식은 다음과 같다.

$$W_a = \gamma_S + \gamma_L - \gamma_{SL} \quad (2)$$

$$\gamma_L \cos \theta = \gamma_S - \gamma_{SL} \quad (3)$$

여기서 γ_L 과 γ_{SL} 은 각각 액체/기체와 고체 액체 간의 계면에너지이다.

따라서 표면장력의 비극성 성분과 극성 성분이 알려진 두 액체를 사용하여 고체에 대한 접촉각을 측정하면 다음 식(4)를 이용하여 고체의 표면에너지 성분을 구할 수 있다.

$$\gamma_L(1 + \cos \theta) = 2(\gamma_S^d \gamma_L^d)^{1/2} + 2(\gamma_S^p \gamma_L^p)^{1/2} \quad (4)$$

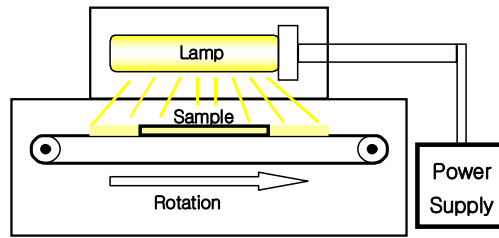
2.6 염색 및 염색성 평가

폴리에스테르 필름의 염색은 IR 염색기를 사용하여 1% owf의 C.I Basic Red 13, 액량비 1:100, pH를 5.5로 고정하고 90℃에서 60분간 염색하였다. 수세한 필름을 표준조건 하에서 12시간 건조하고, 반사율 분광광도계(GretagMacbeth)를 사용하여 염색된 필름을 측색한 후 최대 흡수파장(560nm)에서 K/S값을 구하였다. 흡진율은 염색 전후의 잔액을 UV/VIS 분광광도계(Agilent Technologies)로 최대흡수 파장에서의 흡광도를 이용하여 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 UV/O₃ 처리 표면의 ESCA 및 ATR 분석

본 연구에서 사용한 조사기의 모식도는 Scheme 2와 같다. 일정한 속도로 회전하는 이송장치에 필름을 고정하고 연속적으로 처리하였다. 처리과정에서 조사시간과 출력강도를 달리하여 조사량을 조절하였고 램프의 종류에 따른 영향을 알아보기 위해 두 가지 중압식 램프를 사용하였다. H형과 D형 램프의 조사에너지 분포와 자외선 에너지는 이전 연구에서 보고된 바와 같이⁴⁾ 전체 자외선 파장

**Scheme 2.** Continuous UV/O₃ irradiating machine.

영역의 총 조사량은 거의 동일하지만, 각각 240 ~ 320nm와 350 ~ 400nm에서 주 조사 파장영역을 가진 것이다. H형은 수은증기가 충전된 램프로서 185, 254, 265, 303, 313, 365nm의 자외선과 405와 436nm 등의 가시광선을 발생시키고, D형은 철화합물을 첨가하여 수은램프의 스펙트럼을 변화시킨 것으로 특히 365nm의 발광이 가장 강하다. 340nm의 자외선은 352 kJ/mol의 에너지에 해당하기 때문에 PTT의 C-C, C-O와 C-H 결합은 약 340nm 이하의 자외선에 의해 절단될 수 있으며, 자외선 조사에 따라 공기 중 산소에 의해 발생한 오존은 254nm의 자외선을 흡수하여 일중항 산소를 발생시키기 때문에 자외선과 오존에 의해 PTT 분자의 절단과 산화가 일어날 수 있으므로 자외선 조사에 의한 표면처리가 가능하다^{9,10)}. 따라서 PTT 필름은 UV/O₃ 처리로 인하여 C-C 결합이 절단되고, 산화가 일어나거나 미처리 PTT 필름의 에스테르기가 절단되고 케톤기와 카르복시기 등의 친수성기가 증가하여 필름 표면에 산소 함량이 증가한다고 볼 수 있는 데, 이를 확인하기 위해 표면 분석을 행하였다. Fig. 1의 ESCA spectra에서 볼 수 있듯이 미처리에 비해 조사 처리된 필름은 조사에너지가 증가함에 따라 산소(O_{1s}) 함량이 상대적으로 증가하고 있으며 이를 정리하면 Table 2와 같다. 자외선 조사량이 1.19 J/cm²까지 증가함에 따라 탄소에 대한 산소의 함량이 약 60%정도 증가하는 것을 알 수 있으며 그 이상의 조사량에서 산소함량이 감소하는 것은 조사량이 지나치게 높아 표면의 산화뿐 아니라 표면의 에칭효과가 발생하기 때문으로 보인다. 화학적인 조성의 변화를 확인하기 위해 필름표면에 대해 ATR spectra를 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 3은 처리 필름의 변화를 알 수 있도록 표준화하고 미처리 필름의 흡광도를 차감하여 얻은 스펙트럼이다. 미처리 PTT 필름은 주쇄의 에스테르 결합이 1710, 1243, 1101cm⁻¹에서 각각 C=O, C-O-C, O-C-C의 신축진동을 보이고 있음에 반하여, 처리된

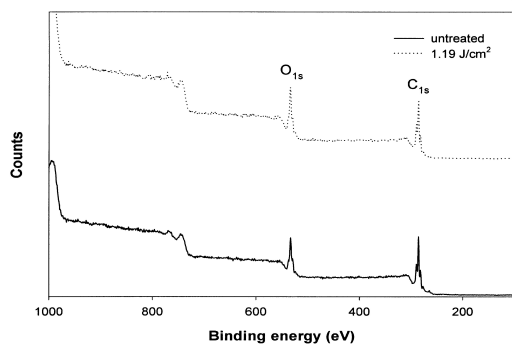


Fig. 1. ESCA spectra of UV/O₃ treated PTT films.

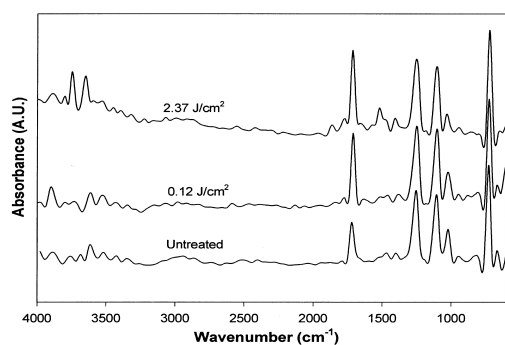


Fig. 2. ATR spectra of UV/O₃ treated PTT films.

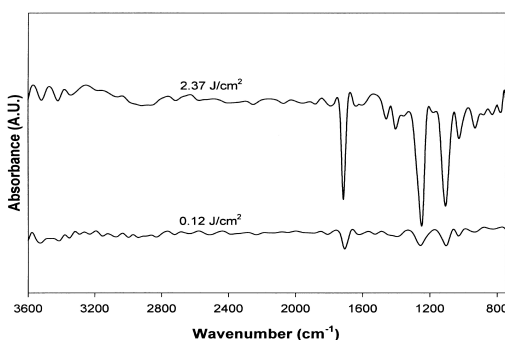


Fig. 3. Subtracted ATR spectra of UV/O₃ treated PTT films.

필름의 경우 처리시간이 증가함에 따라 PTT 표면의 광분해와 오존에 의한 산화에 의해 에스테르 결합이 파괴되고 카르복시기, 페놀성 히드록시기, 비닐기 및 새로운 에스테르 결합 등이 발생됨을 증가된 피크를 통해 확인할 수 있다.

3.2 접촉각 측정과 표면에너지

본 연구에서 두 가지 램프와 조사량의 차이로 처

Table 2. ESCA analysis of irradiated PTT films

Irradiation dose (J/cm ²)	O _{1s} /C _{1s}				
	0	0.12	0.23	1.19	4.74
PTT	0.30	0.39	0.40	0.48	0.39

리된 PTT 필름의 표면 친수화도의 차이를 분석하기 위해서 물과 diiodomethane을 사용하여 PTT표면에 대한 접촉각을 측정하여 Fig. 4에 정리하였다. 자외선 조사에너지가 커질수록 diiodomethane의 접촉각은 증가하다가 일정한 값에 도달함에 비하여, 물의 접촉각은 조사에너지에 비례하여 감소하였다. 이와 같은 친수성의 증가는 미처리 PTT에 존재하지 않았던 카르복시산과 페놀성 히드록시기 등 친수성기가 광분해와 산화반응에 의해 도입되었기 때문이다. 또한 유사한 조사량에서의 접촉각은 출력강도와 램프의 종류에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. 일반적으로 H형 램프가 D형 램프에 비해 조사파장이 짧으므로 표면처리 효과가 크다고 알려져 있고 출력강도의 증가는 침투 깊이를 향상시켜 처리 효과를 증가시킬 수 있지만, 접촉각이 최외각 고체 표면의 표면에너지에 따라 결정되므로 접촉각에 현격한 변화를 보일 정도의 최외각 표면의 친수화 차이는 없는 것으로 보인다.

두 가지 액체를 사용하여 측정한 접촉각을 이용하여 처리된 표면의 표면에너지를 Owens 등의 식을 이용해 계산하였다(Fig. 5). 램프의 종류와 출력강도 변화에 따른 표면에너지의 값은 약간의 차이를 보이지만 전체적으로 자외선 조사에너지의 영향이 가장 컸고 조사량이 증가할수록 표면에너지가 증가하는 데, 총 표면에너지의 증가는 극성 에너지성분의 증가에 기인한다고 볼 수 있다. 예를 들면 75%출력의 H형 램프로 7.1J/cm²의 조사량으로 처리한 경우 미처리 PTT 필름의 총 표면에너지인 48.7 mJ/m²에서 57.3 mJ/m²로 약 9 mJ/m²로 증가하였는데, 표면에너지의 구성성분인 비극성 표면에너지 성분(γ^d)은 41.1 mJ/m²에서 31.4 mJ/m²로 감소함에 비해 극성 표면에너지성분(γ^p)은 7.3 mJ/m²에서 25.9 mJ/m²로 현저하게 증가하였다. 이는 이미 언급된 바와 마찬가지로 극성이 낮은 비극성 구조가 산화나 분해에 의해 극성이 높은 친수성기로 변화되었기 때문이다. 낮은 자외선 조사에너지 조건에서

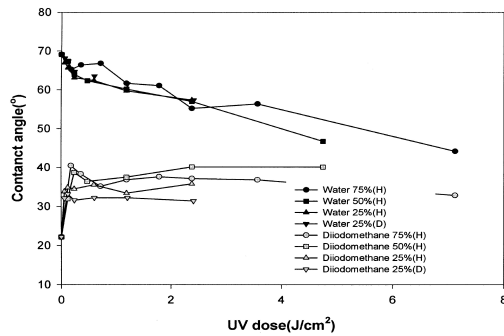


Fig. 4. Contact angles of UV/O₃ treated PTT films with the amount of UV dose.

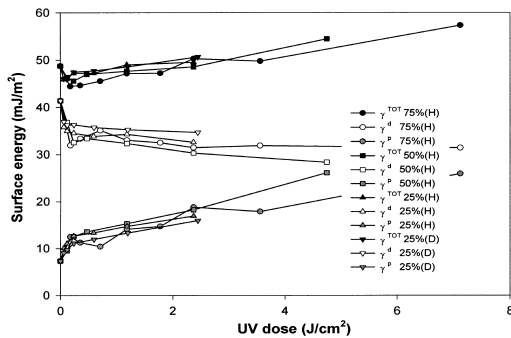


Fig. 5. Surface energy of UV/O₃ treated PTT films.

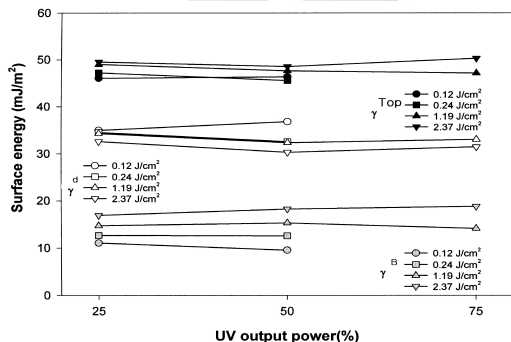


Fig. 6. Effect of irradiation power on surface energy of UV/O₃ treated PTT films at the same UV dose.

PTT 필름의 표면에너지가 약간의 감소 추세를 나타내다가 일정량의 조사량을 넘어서게 되면 전체적인 표면에너지가 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 초기에는 비극성 성분이 급격히 감소함에 비해 극성성분은 점차적으로 증가하기 때문으로 보인다. 출력강도가 큰 램프를 사용하는 것은 동일한 조사 에너지를 더 짧은 시간에 얻을 수 있으므로 표면처

리의 효율성을 증가시킬 수 있는 방법이라 할 수 있다. 처리시간 단축에 유리한 출력의 향상이 표면에너지에 대한 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해, 출력강도가 다른 조건에서 일정한 조사에너지 조사가 되도록 H형 램프의 출력강도를 조절하고 각 출력강도에 적합한 조사시간으로 처리하여 생성된 필름의 표면에너지를 구하였다(Fig. 6). 자외선 조사 에너지를 0.12 mJ/m²에서 2.37 mJ/m²로 변화함에 따라 총 표면에너지를 비롯한 표면에너지의 각 구성성분이 증가하지만 출력강도의 변화에 따른 영향은 거의 없다는 것을 알 수 있다. 이는 램프 출력강도의 향상이 처리시간의 감소에 기여하지만 표면에너지 증가에 대한 효과는 동등하다는 것을 보여준다.

3.3 UV/O₃ 처리된 PTT 필름의 표면전위와 표면요철

UV/O₃ 처리에 의해 새로 도입된 친수성 관능기는 PTT 표면의 음전하를 증가시켜 필름표면의 표면전위를 감소시킬 수 있으므로 미처리와 처리된 필름 표면의 제타 전위를 측정하였다(Fig. 7). 약 1 mJ/cm² 정도의 초기 조사량까지는 자외선 조사량이 증가함에 따라 필름의 표면전위가 감소하고 이는 PTT 표면에 전기음성도가 높은 산소 원자를 포함한 극성기가 도입됨에 따라 미처리에 비해 전기적으로 더 큰 음전위를 띄는 것을 알 수 있다. 하지만 그 이상의 조사량에서는 제타전위가 증가하여 미처리에 유사한 표면전위 값을 갖는다. 이는 ESCA 분석의 산소함량 변화와 유사한 결과로서 조사량의 증가는 표면 고분자의 산화뿐만 아니라 고분자의 공유결합 파괴에 의해 최외각표면이 제거되어 새로운 표면을 생성할 수 있음을 나타낸다. UV/O₃ 처리의 표면에칭에 대한 효과를 확인하기 위해 AFM 분석을 하였다. Fig. 8과 Table 3에서 정리한 바와 같이 2.37 J/cm²의 조사량으로 처리한 경우 미처리 PTT 표면의 요철 높이가 최대 약 18 nm에서 40 nm로 성장하며 이는 자외선에 의해 의한 필름표면의 광산화는 균일하게 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 사용한 제타 전위 측정법은 석영판과의 밀착한 PTT 필름 표면에 대한 표면전위를 측정하므로 높은 자외선 조사량 조건에서 요철이 생성되어 미처리 표면과 유사한 제타전위를 보이는 것으로 사료된다.

3.4 UV/O₃ 처리된 PTT 필름의 양이온 염료에 대한 염색성

미처리와 UV/O₃ 처리한 PTT 필름을 헤미시안닌

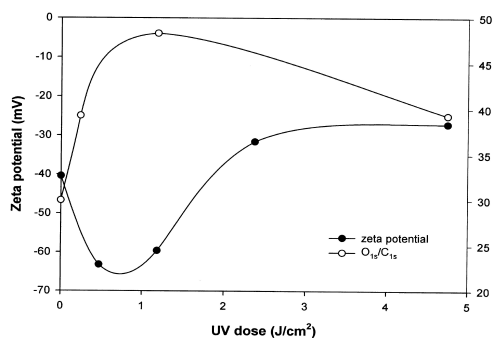


Fig. 7. Effect of UV dose on zeta potentials of UV/O₃ treated PTT films.

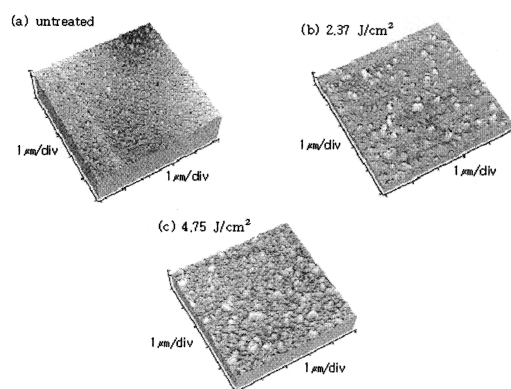


Fig. 8. AFM images of UV/O₃ treated PTT films.

Table 3. Roughness parameters of untreated and treated PTT films

UV dose (J/cm ²)	Roughness (nm)		
	average (R _a)	root mean square(R _q)	peak-to-valley (R _{pv})
Untreated	2.6	3.4	17.6
2.4	7.5	8.8	39.4
4.8	7.6	10.2	47.2

계 양이온 염료인 C.I. Basic Red 13을 염색한 후에 수세하고 건조된 필름의 K/S값을 구하였다. Fig. 9는 50%의 출력강도를 갖는 H형 램프로 처리하여 조사에너지를 증가하였을 때 K/S값도 이에 비례하여 증가함을 보여 주는 데, 약 1.2 J/cm²이상의 조사 조건에서 염색성의 증가가 현저해진다는 것을 알 수 있다. 이는 조사 에너지가 높을수록 필름 표면의 분해 및 광산화에 의한 카르복시기, 페놀성 히드록시기와 같은 음이온성기가 정전기적 상호작용이나

극성 상호작용에 의해 양이온 염료에 대한 염착적으로 작용하였기 때문이다. 한편 미처리와 처리 시료의 잔류염에 의한 흡진율은 K/S와는 달리 경향성이 나타나지 않아 염욕에서 염료가 섬유내로 흡진되는 양 자체보다 수세과정에서 탈착되지 않을 수 있을 정도로 강한 섬유와 염료의 상호작용의 존재가 더 중요하다는 것을 알 수 있었다. 또한 출력강도가 염색성에 미치는 영향(Fig. 10)을 살펴보면 출력강도 75%의 H형 램프의 경우에도 출력강도 25%나 50% 처리와 마찬가지로 조사에너지가 증가함에 따라 K/S가 증가하지만 저 출력에 비해서 그 기울기가 크음을 알 수 있다. 그러므로 출력강도의 증가는 최외각 표면에 친수성기를 도입할 뿐 아니라 표면의 내부까지 깊이 있는 개질이 가능하게 하여 더 많은 염착좌석을 형성한다고 볼 수 있다. 이것은 이전 연구⁴⁾의 결과에서, H형 램프가 D형 램프에 비해 파장분포가 단파장 영역에 위치하여 동일 조사 에너지에서 향상된 염색성을 보이는 것과 대비된다고 볼 수 있다. 즉 동일한 조사에너지에서라도 H형

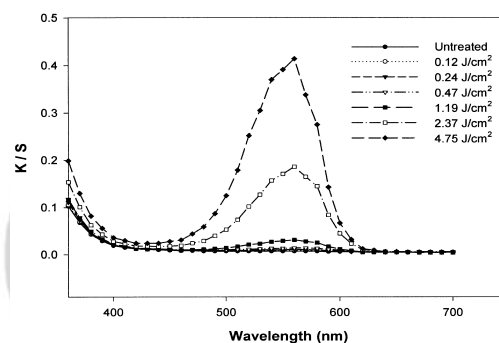


Fig. 9. K/S values of UV/O₃ treated PTT films using H-bulb at 50% power level.

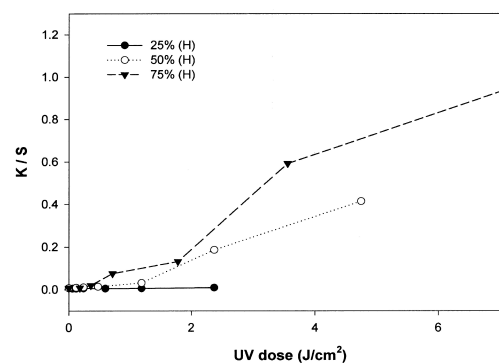


Fig. 10. K/S values of UV/O₃ treated PTT films at different irradiation powers.

램프가 D형보다 표면처리효과가 크고 같은 H형에서는 출력강도가 큰 순서로 처리한 필름의 염색성이 큰 것은, 염욕과 접한 고체의 계면 자체 뿐 아니라 일정 정도 깊이의 표면 내부도 염료와의 상호작용이 가능할 정도로 개질되었기 때문이다.

4. 결 론

PTT 필름을 서로 다른 파장분포 및 출력강도에서 UV/O₃ 조사에너지를 달리하고 연속식으로 처리한 후, 표면의 화학조성, 제타 전위, 접촉각 등을 측정하여 표면의 특성과 표면에너지 변화를 분석하고, 개질된 PTT 필름에 양이온 염료에 대한 처리 전후의 염색성의 변화를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. UV/O₃ 조사처리는 PTT 필름의 광산화와 광분해에 의해 에스테르 결합을 파괴하여 다양한 극성 친수기를 도입하는 것을 표면 화학조성의 분석을 통해 확인하였다. 또한 물에 대한 접촉각을 현저히 감소시키는 친수화가 가능하였으며 이것은 주로 비극성 성분의 감소와 극성 성분의 증가에 의해 필름 표면의 총 표면에너지가 증가한 것에 기인하였다. 또한 낮은 조사에너지에서 PTT 표면은 표면산화에 의해 제타 전위의 감소되었으나 조사에너지가 증가함에 따라 산소함량과 마찬가지로 최소치를 보였다. 이는 산화된 표면은 최외곽 표면의 변화뿐만 아니라 요철의 생성에도 관계함을 AFM 분석을 통해 확인하였다. 그리고 처리된 PTT 필름의 양이온 섬유에 대한 염색성의 증가는 표면산화에 도입된 음이온성 염착좌석이 정전기적 인력에 의해 양이온 염료를 흡착하기 때문으로 사료되며, 동일한 조사에너지에서 램프의 출력강도가 커질수록 염색성이 증가하는 경향을 보였다.

감사의 글

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비 의하여 연구된 논문으로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. C. M. Chan, "Polymer Surface Modification and

Characterization", Hanser Publishers, NY, pp. 18-30(1993).

2. F. Garbassi, M. Morra, and E. Occhiello, "Polymer Surface: from Physics to Technology", John Wiley & Sons, Chichester, pp. 236-288(1998).

3. J. Jang, Textile Finishing Technology Using Ultraviolet Curing, *Fiber Technol Ind.*, **7**, 303-321(2003).

4. J. Jang, S. I. Eom, Y. H. Kim, Continuous Surface Modification of PET Film via UV Irradiation-Effect of Spectral Irradiance, *J. Korean Fiber Soc*, **39**, 100-107(2002).

5. M. J. Kim, Y. J. Jeong, J. Jang, Cationic Dyeable Treatment of PET and PTT Fabrics by Continuous UV/O₃ Irradiation, *J. Korean Fiber Soc*, **40**, 424-430(2003).

6. M. J. Kim, J. Jang, Y. J. Jeong, Effect of Continuous UV/O₃ Irradiation on the Physical Properties of PET and PTT Fabrics, *J. Korean Fiber Soc*, **41**, 80-85(2004).

7. F. M. Fowkes, Additivity of Intermolecular Forces at Interfaces. 1. Determination of the Contribution to Surface and Interfacial Tensions of Dispersion Forces in Various Liquids, *J Phys Chem*, **67**, 2538-2541(1963).

8. D. K. Owens, R.C. Wendt, Estimation of the Surface Free Energy of Polymers, *J Appl Polym Sci*, **13**, 1741-1747(1969).

9. M. J. Walzak, S. Flynn, R. Forech, J. M. Hill, E. Karbasheski, A. Lin, and M. Strobel, UV and Ozone Treatment of Polypropylene and Poly(ethylene terephthalate), *J. Adhesion Sci. Technol.*, **9**, 1229-1248(1995).

10. J. M. Hill, E. Karbasheski, A. Lin, M. Strobel, and M. J. Walzak, Effects of Aging and Washing on UV and ozone-treated Poly(ethylene terephthalate) and Polypropylene, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **9**, 1575-1591(1995).