Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers
Vol. 14, No. 4, pp.27~32(2002. 8)

〈硏究論文(學術)〉

TiO_2/PEG처리 면직물의 물성과 자외선 차단성능

[1]김정진 · 장정대

부산대학교 의류학과

(2002. 6. 26. 접수/2002. 8. 3. 채택)

Properties and UV-cut effects of cotton fabric treated with TiO_2/PEG

[1]Jeong-Jin, Kim and Jeong-Dae, Jang

Dept. of Clothing & Textiles, Pusan National University, Busan, Korea

(Received June 26, 2002/Accepted August 3, 2002)

Abstract—Cotton fabric was treated with TiO_2-PEG600 dispersion colloid by pad-dry-cure and wet-fixation process to improve the performance properties as well as UV-cut effect. As the concentration of TiO_2/PEG increased tensile strength, crease resistance, stiffness of treated cotton fabric increased. Application of wet-fixation method provided a further improvement in tensile strength, crease resistance, stiffness of treated cotton fabric. Cotton fabric treated with TiO_2/PEG was more efficient in UV-cut property than untreated cotton.

Keywords : *TiO_2, PDC(pad-dry-cure), WF(wet-fixation), UV-cut effect, Ultraviolet-ray*

1. 서 론

자외선은 전자파의 일부이며 전자파는 전파처럼 파장이 수 m에서 수 천 m에 이르는 것에서부터 X선 처럼 파장이 불과 수 ㎚의 것까지 대단히 넓은 범위에 걸쳐져 있다. 그 중에 가시광의 단파장단(파장 약 400㎚)에서 X선의 장파장단(파장 10㎚ 정도)에 이르는 범위의 파장을 가진 전자파를 자외선이라 총칭하고 있다[1]. 이 자외선은 다시 멜라닌색소 증가에 의해 피부를 검게하는 400~320(390~315)㎚의 A자외선(UV-A, 장파장자외선 혹은 근자외선), 피부를 태워 색소침착을 촉진하는 파장 320~280(315~290)㎚의 B자외선(UV-B, 중파장자외선), 살균작용이 있는 파장 280~200(290~190)㎚의 C자외선(UV-C, 단파장자외선 혹은 원자외선)으로 구분한다. 파장 200㎚이하의 것은 공기 중에 거의 흡수되어 진공에서만 존재하기 때문에 진공자외역 자외선이라 부르고 있다[2].

이들 자외선은 과거에는 비타민 D를 생성시켜 구루병 발병의 예방효과 · 살균작용 등의 이유에서 유효성이 넓게 인식되고, 일광욕 등의 건강에 좋은 것으로 생각되어 왔으나 최근에 피부 노화와 기미, 주근깨의 발생을 조장할 뿐 아니라 피부암의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 미국연구기관에서는 오존층이 1% 감소하면 UV-B파가 약 2% 증가하고 백인종의 피부암 발생이 4~6%증가한다고 추정하고 있다[1]. 따라서 자외선의 피부장해를 예방하는 인식이 점점 높아져 가고 태양광 자외선을 차단하는 것은 화장품 분야에서 일찍이 시도되어 자외선 차단크림 등 다수 개발되어 시판되고 있으며, 의류제품에 있어서도 자외선을 차단하는 섬유개발이 현재 계속되고 있다.

자외선 차단제는 크게 자외선 흡수제와 자외선 산란제로 구별할 수 있는데, 자외선 흡수제는 그 자

[1]Corresponding author. Tel. : +82-51-583-5975 ; Fax. : +82-51-747-1590 ; e-mail : kj2@kebi.com

체가 자외선 에너지를 흡수해서 열 또는 장파장 형태의 저에너지로 전환시켜 자외선의 작용을 소멸시키는 것으로 섬유제품에 이용할 때는 자외선 차단효과와 함께 피부에 대한 안전성이 충분히 고려되어야 한다[3]. 자외선 산란제는 광학적으로 자외선을 산란시켜 투과자외선량을 감소시키는 물질이며 주로 초미립자 형태의 무기안료로서 이산화티타늄이 대표적이다. 기존의 연구를 보면 자외선 흡수제 처리에 의한 자외선 차단능에 대한 연구[3~7]는 활발하지만 자외선 산란제는 폴리머 형태에서를 제외하고는 내구성과 가공의 까다로움으로 인해 의류에서는 많이 이용되지 않고 있다.

한편, 폴리에스테르 섬유는 분자구조내에 방향환을 가지고 있기 때문에 300㎚이하에서 자외선차단이 일어나고, 300㎚이상의 파장에서는 방사시 첨가한 TiO_2와 같은 소광제가 가시광선을 산란시켜 섬유내부로 자외선 투과를 어렵게 한다. 그러나, 면직물은 흡수성이 우수해서 여름철 의류에 많이 이용되지만 PET, P/C, Nylon 직물에 비해 자외선 차단능이 떨어져 자외선 차단가공이 가장 요구되는 직물이다. 직물의 밀도가 높고, 농색이면 자외선 차단이 비교적 높아지지만 자외선이 비교적 강한 여름철용 의류를 만드는 직물에 높은 밀도와 농색의 사용은 다소 제한적일 수밖에 없다.

따라서, 이 연구는 자외선 차단능이 요구되는 면직물에 자외선 흡수제에 비해 피부에 대한 독성이 거의 없어 화장품의 재료로도 많이 이용되는 이산화티탄을 효과적으로 가공시켜 그 내구성과 특성을 검토한 전보[8]에 이어 UV 차단능과 물성변화를 검토하여 가공포의 기능성을 알아보고자 한다.

2. 실 험

2.1 시료 및 시약

시료는 한국의류시험검사소에서 구입한 KS K 0905 규정의 표준 백면포로 경·위사 번수 30×36Ne, 밀도 140×135/5㎝, 중량이 100g/㎡인 평직물을 정련제(Na_2CO_3) 10% 용액 0.5g/ℓ, NaOH 6.0g/ℓ, 액비 1:20, 실험액 용량 800㎖, b.p×1시간 조건으로 처리한 뒤, 5분간 수세하고 40℃ 2㎖/ℓ 빙초산 용액을 액비가 1:40으로 하여 5분간 처리하고 냉수로 수세한 뒤 자연건조하여 사용하였다.

이산화티탄(TiO_2)은 powder형으로 입자크기 0.2~0.5㎛인 것을 (주)G2K에서 구입하여 사용하였고, 팽윤제로는 Polyethyleneglycol(PEG, #600, SHINYO PURE CHEMICALS CO., LTD., JAPAN), 가교제로는 Glyoxal Solution in Water(40%, YAKURI PURE CO., LTD., JAPAN), 유연제로는 Silicone softener Q2-8031 Emulsion(DOW CORNING), 촉매로는 Aluminum Sulfate(YAKURI PURE CO., LTD., JAPAN), 비이온계면활성제는 Triton X-100(SHINYO PURE CHEMICALS CO., LTD., JAPAN)을 모두 1급 그대로 사용하였다.

2.2 가공방법

무기계 안료로 사용되는 이산화티탄을 PEG와 1:1비율로 40℃에서 30분간 교반하여 분산콜로이드(dispersion colloid)를 만든 뒤, 분산액을 5, 10, 20, 30, 40%, 글리옥살 5%, 유연제 1%, 비이온계면활성제 0.1%(이상 o.w.b), 촉매 0.1%(o.w.f)의 비율로 욕비 1:20의 가공액을 만들어 사용하였다.

2.2.1 PDC(pad dry cure)법

가공욕은 2dip-2nip방식으로 wet pick up 97±3%로 한 뒤, pin frame에 고정시켜 85℃에서 5분간 건조, 140℃에서 2분간 큐어링 후, 40℃의 흐르는 증류수에 30분 동안 수세하고 풍건하였다.

2.2.2 WF(wet fixation)법

2.1의 조건과 같이 패딩한 시료를 polyethylene bag에 넣어 밀봉하여 85℃에서 60분간 처리한 후, pin frame에 고정시켜 125℃에서 2분간 큐어링 후, 40℃의 흐르는 증류수에 30분 동안 수세하고 풍건시켰다.

시료는 물성실험때까지 한국산업규격(KS K 0901규정, 온도 20±2℃, 상대습도 65±2%)의 조건으로 항온항습기에서 보관하였다.

2.3 측정 및 분석

2.3.1 인장강도

KS K 0522의 래블스트립법(Ravelled strip method)에 준하여 Versa Test(Constant rate of extension type, Mecmesin Co., Ltd., ENGLAND)기를 사용하여 300㎜/min의 인장속도로 경사방향을 5회 실험하여 평균을 구하였다.

2.3.2 인열강도

KS K 0535 펜듈럼법(Pendulum method)에 준하여 엘멘도프 인열시험기(Elmendorf tear tester, Yasuda seiki seisakusho Ltd.)로 경사방향을 5회 실험하여 평균을 구하였다.

2.3.3 방추성

KS K 0550 몬산토법(Monsanto method)에 준하여 경사방향과 위사방향을 각각 12회 측정, 평균을 구하여 두 방향의 합을 나누어 다음 식을 이용하였다.

$$\text{Crease recovery}(\%) = \frac{\alpha}{180} \times 100$$

여기서, α : 개각도

2.3.4 강연도

KS K 0539 캔틸레버법(Cantilever method)에 준하여 경사 방향으로 20회 측정, 평균을 구하였으며 드레이프 강연도와 플렉스 강연도를 다음 식을 이용하여 계산하였다.

Drape stiffness(C)= $D/2$(㎝)

C : 드레이프 강연도

D : 밀려나간 시험편의 길이(㎝)

Flex stiffness(E)= $C^3 W$(㎝ · g)

E : 플렉스 강연도

W : 직물의 무게(g/㎠)

2.3.5 자외선 차단율

KS K 0850에 준하여 적분구가 달린 자외 · 가시부 분광광도계(UV-VIS 2101 Scanning Spectrophotometer, Shimadzu, JAPAN)를 이용하여 파장범위 280㎚~400㎚에서 파장간격 5㎚, 0/d 방식으로 측정하였다.

자외선 차단율은 다음식에 의해 구하였다.

자외선 차단율(%) = 100 - 자외선 투과율(%)

자외선 A투과율 =

$$\frac{T_{315} + T_{320} + \cdots + T_{395} + T_{400}}{18}$$

자외선 B투과율 =

$$\frac{T_{280} + T_{285} + \cdots + T_{310} + T_{315}}{8}$$

여기서, T : 파장 λ에서의 분광투과율

3. 결과 및 고찰

3.1 인장강도

Fig. 1은 TiO_2/PEG 농도에 따른 두 고착방법의 인장강도를 나타냈다. 정련 외에는 가공처리를 하지 않은 미처리 면(Control)의 인장강도에 비해 TiO_2/PEG가 첨가되지 않고 글리옥살 가교제를 PDC법과 WF법으로 각각 고착한 시료는 가교결합으로 인하여 약 20%의 인장강도 감소를 나타냈다. TiO_2/PEG가 첨가되고 농도가 증가할수록 인장강도가 커졌는데 이는 TiO_2/PEG의 부착량이 증가할수록 인장될 때, 섬유간의 마찰력이 증대되고 또, PEG와 같은 glycol계 첨가제들은 셀룰로오스 섬유 내에서 망상 matrix를 형성하여 섬유내부를 팽윤시켜 강도손실을 줄이기 때문으로 보인다[9].

TiO_2/PEG 농도가 증가할수록 두 고착방법의 강도차이가 커지는데 전보[8]의 결과에서 WF법이 PDC법보다 TiO_2/PEG를 많이 부착한 결과로 보인다.

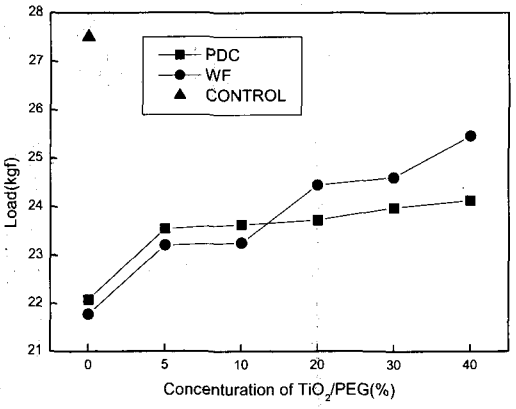

Fig. 1. Effect of TiO_2/PEG concentration on the tensile strength of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

3.2 인열강도

Fig. 2는 각 농도에 따른 두 고착방법의 인열강도를 나타냈다. 가교결합시킨 가공포는 분자간의 가교 뿐 아니라 피브릴간, 섬유간에 서로 결합되는 바인딩 현상이 일어나고 피브릴 및 섬유간의 마찰력이 증가하여 그 움직임이 제한되므로 인열시 응력이 고르게 분산되지 못하여 강도가 크게 감소한다[10]고 일반적으로 알려지고 있고 또, 실험결과에서도 강도감소 경향은 보이지만 유연제의 효과로 인하여 감소의 폭은 크게 나타나지 않았다. TiO_2/PEG의 추가는 인열강도 감소를 초래하였고 또, TiO_2/PEG의 농도가 증가할수록 인열강도가 감소하는데 이는 TiO_2/PEG가 섬유간에 고착됨에 따라 자유도가 떨어짐에 따른 결과이다. 또한, TiO_2/PEG 농도가 증가할수록 WF법의 인열강도 감소가 큰 이유는 역시 TiO_2/PEG의 부착량이 PDC법에 의한 시료보다 많아서 자유도를 억제시키기 때문으로 보인다.

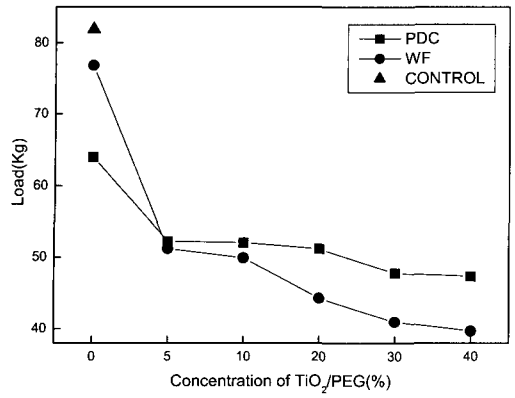

Fig. 2. Effect of TiO_2/PEG concentration on the tearing strength of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

3.3 방추성

가공포의 방추성은 글리옥살 가교제로 인해 미처리 시료보다 증가함을 Fig. 3에서 나타내고 있다. TiO_2/PEG가 무농도일때는 방추성이 큰 증가를 보이고 있지만 TiO_2/PEG가 첨가되고 농도가 증가할수록 방추성이 떨어짐을 보이는데 이는 TiO_2/PEG가 각 섬유간에 부착되어 자유도를 줄이기 때문이다.

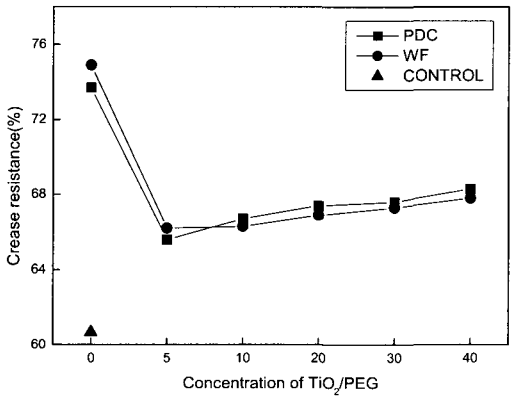

Fig. 3. Effect of TiO_2/PEG concentration on the crease resistance of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

3.4 강연도

3.4.1 드레이프 강연도

Fig. 4는 두 고착방법 모두 미처리 시료와 비교하여 유연해졌음을 나타내고 있다. TiO_2/PEG의 농도가 증가할수록 각 섬유간에 TiO_2/PEG의 부착량이 증가하여 직물이 점점 뻣뻣해짐을 알 수 있고, PDC법에 비해 WF법의 강연성 증가는 앞선 결과들에 이어 TiO_2/PEG의 부착량의 증가에 이은 당연한 결과임을 알 수 있다. 그러나, TiO_2/PEG 5%에서는 오히려 TiO_2/PEG가 첨가되지 않은 시료보다 더 유연함을 나타냈는데 이는 소량의 TiO_2/PEG의 농도에서는 TiO_2의 부착량에 비해 PEG의 작용이 더 큰 것으로 보인다.

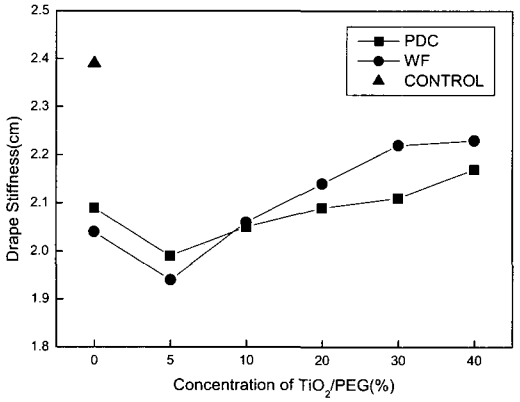

Fig. 4. Effect of TiO_2/PEG concentration on the drape stiffness of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

3.4.2 플렉스 강연도

플렉스 강연도는 드레이프 강연도에 각 시료의 중량 특성이 추가되는데 TiO_2/PEG의 농도가 증가할수록 두 고착방법 모두 중량의 증가가 보여졌지만 증가량이 크지 않아 드레이프 강연도와 거의 같은 결과를 Fig. 5에 보여주고 있다.

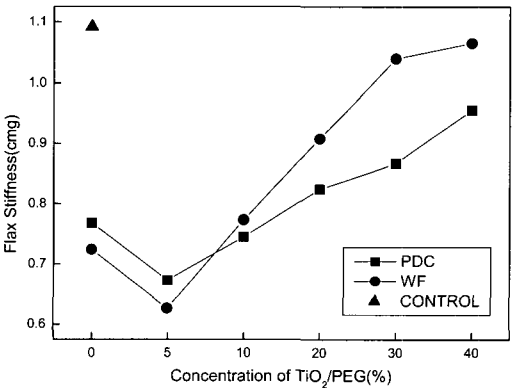

Fig. 5. Effect of TiO_2/PEG concentration on the flex stiffness of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

3.5 UV 차단능

Fig. 6은 TiO_2/PEG 무농도와 20%농도의 자외선 투과율을 나타냈다. TiO_2/PEG 20%농도 가공포는 자외선 영역에서 TiO_2/PEG 시료에 비해 현저하게 자외선 투과량이 낮아짐을 알 수 있고 이는 이산화티탄이 효과적으로 자외선을 차단하고 있음을 보여준다.

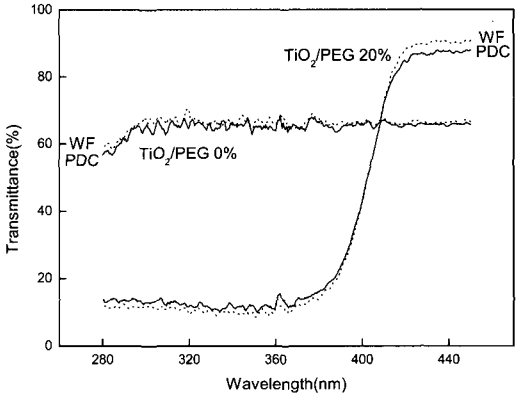

Fig. 6. Transmittance spectra of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

Fig. 7은 TiO_2/PEG처리 농도에 따른 두 고착방법의 자외선 차단율을 나타냈다. TiO_2/PEG의 농도와 고착방법은 자외선 차단에 있어 큰 유의성의 보이지 않았고, TiO_2/PEG 5%의 농도로 충분한 자외선 차단효과를 나타내고 있다.

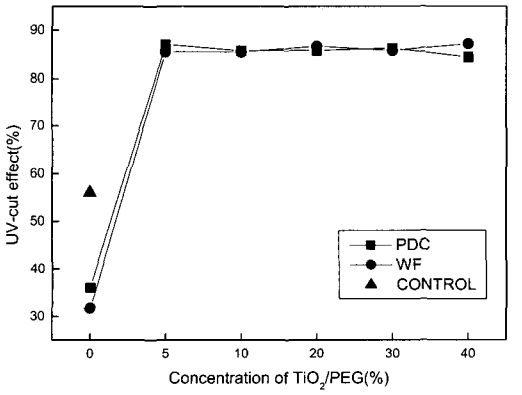

Fig. 7. Effect of TiO_2/PEG concentration on the UV-cut of cotton fabrics treated with TiO_2/PEG.

4. 결 론

이 연구는 이산화 티탄이 가공 직물의 기능성 향상에 이용될 수 있도록 PEG에 TiO_2를 분산시킨 콜로이드 용액을 각 농도별로 PDC(pad-dry-cure)법과 WF(wet-fixation)법으로 고착방법을 달리하여 처리하였다. 가공한 면직물의 내구성은 30회 반복세탁 후에도 우수하였으며, 또한 고착방법은 WF법이 PDC법에 비하여 TiO_2/PEG를 더 많이 고착함을 확인한 전보[8]에 이어, 가공 직물의 물성과 자외선 차단능을 실험하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PDC법이나 WF법 모두 TiO_2/PEG를 처리하지 않은 시료는 글리옥살 가교제의 작용으로 강연성과 방추성 향상을 보인 반면 인장강도와 인열강도가 감소되었다.
2. TiO_2/PEG농도 증가에 따라 PDC법이나 WF법 모두 인장강도 감소가 완화되었고 방추성은 TiO_2/PEG농도 0%에 비해 다소 떨어졌지만 미처리 면에 비해서는 증가함을 보였다.
3. TiO_2/PEG의 처리농도가 증가할수록 동일농도에서의 WF법이 PDC법보다 TiO_2/PEG의 부착량이 많은 이유로 인해 두 방법간의 물성에서도 차이가 나타났다.
4. TiO_2/PEG가 처리된 면직물은 자외선 차단에 효과적인 것으로 나타났고, 두 고착방법과 TiO_2/PEG의 농도에 있어서는 크게 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

1. SEN-I-SHA Edit., "*Textile and Finishing*", SEN-I-SHA, Japan, pp.252~253(1995).
2. E. Yamasaki, "Textile Testing Method for Comfort · Health · Hygiene", *Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses.*, **37**(1), 15~19(1996).
3. J. K. Kim, T. K. Kim, T. S. Park, and Y. J. Lim, "The Effect of Benzophenone Derivatives on the Shielding of Ultraviolet Rays and Light-fastness of Dyed Fabrics", *J. Korean Fiber Society*, **10**(4), 53~61(1998).
4. Y. S. Suh, and S. H. Kim, "UV-Cut Effects of Cotton Fabrics Treated with UV Absorbents", *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **18**(5), 622~627(1994).
5. M. J. Kang, and Y. A. Kwon, "A Study on the UV-cut Properties of Cotton Fabrics Treated with UV-absorber", *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **25**(5), 925

~932(2001).
6. S. S. Kim, S. D. Kim, and K. M. Cho, "A Study on UV-CUT Processing", *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **6**(3), 52~59(1994).
7. H. Sakamoto, Ultraviolet Rays Shielding Fibre "ESMO", *J. Text. Mach. Soc. of Jap.*, **46**(6), 213~219(1993).
8. J. J. Kim, and J. D. Jang, "Properties of cotton fabric treated with TiO_2/PEG", *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **14**(3), 53~58(2002).
9. K. W. Oh, and E. J. Jung, "Nonformaldehyde Anti-crease Finish of Ramie with Glyoxal (Part Ⅱ) -Effect of PEG and Fixation Methods-", *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **24**(3), 411~421(2000).
10. Y. J. Choi, and H. S. Ryu, "A study on the Sorption and Physical Properties of the BTCA Finished Cotton Fabrics", *J. Korean Society of Clothing and Textiles*, **22**(4), 535~542(1998).