

纳米 TiO_2 的抗紫外线整理应用研究

邓桦¹, 忻浩忠²

(1. 天津工业大学, 天津 300160; 2. 香港理工大学, 香港)

摘要 采用溶胶-凝胶法制备纳米二氧化钛及其整理剂, 通过浸-轧工艺将其用于棉织物的抗紫外线整理。用扫描电镜对制得的纳米二氧化钛粒子及整理前、后织物的表面进行了观察, 同时测定了整理织物的抗紫外线性能。结果表明, 整理后的织物具有优异而持久的抗紫外线效果, 其 $\text{UPF} \geq 50$; UPF 值随整理液中二氧化钛的增加而升高; 经 50 次洗涤后, UPF 值仍保持在较高的水平, 且织物的白度、手感等性能较好。

关键词 溶胶-凝胶; 纳米二氧化钛; 抗紫外线; 棉织物

中图分类号: TS 195.5 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)06-0047-03

Application study on anti-ultraviolet finishing with nano-titanium dioxide

DENG Hua¹, XIN John H²

(1. Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China; 2. The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China)

Abstract Nano-titanium dioxide was prepared by sol-gel method. And the finishing agent containing nano-titanium dioxide was used as anti-ultraviolet finishing agent for cotton fabric by dip padding techniques. Scanning electron microscopy was used to observe the morphology of nano-titanium dioxide particles and the surfaces of untreated/ treated cotton fabrics. The anti-ultraviolet property of the treated fabrics was tested. The results showed that the treated fabrics have excellent and durable UV protection properties, with $\text{UPF} \geq 50$. The UPF values increased with increase of the concentration of nano-titanium dioxide. And after home launderings, the UPF still maintained at a high level. Also, the whiteness and handle of the treated fabrics were kept good.

Key words sol-gel; nano-titanium dioxide; anti-ultraviolet radiation; cotton fabric

近年来, 应用纳米材料和纳米技术制备功能性纺织品如超双疏(防水、防油)、超双亲、抗紫外线、远红外保健、抗静电、抗菌消臭的纺织品均有报道^[1,2]。在应用过程中, 如何制得稳定的纳米整理液, 使纳米粒子均匀地分布, 实现纳米粒子与纤维之间的牢固结合, 赋予织物持久的功能性, 是纳米功能纺织品开发和应用的 key 问题。本文采用溶胶-凝胶方法, 在控制条件下制备出纳米 TiO_2 整理剂, 并将其用于棉织物的整理。对制得 TiO_2 粒子的形貌、尺寸及整理后织物的抗紫外线效果及其耐洗性、手感等进行了研究。

1 实验部分

1.1 实验材料

纳米 TiO_2 抗紫外线整理剂采用溶胶-凝胶方法自制; 棉平布(270 根/10 cm × 236 根/10 cm)、棉卡其(508 根/10 cm × 252 根/10 cm)。

1.2 织物整理

按一定浓度配制纳米 TiO_2 整理液, 加入渗透剂 JFC(1 g/L)。将洁净干燥的精练棉织物浸入到上述工作液中, 二浸二轧(轧液率 70%) → 放置(3 min) → Na_2CO_3 溶液处理(Na_2CO_3 1 g/L, 1 min) → 充分水洗 → 烘干(100 °C, 5 min)。

1.3 测试方法

1.3.1 扫描电镜分析 用扫描电镜(Field SEM Inst. JSM 6335F, Leica Stereoscan 440)以不同放大倍数观察 TiO_2 粒子的形貌、粒径及整理后织物的表面。

1.3.2 织物抗紫外线测试 用紫外-可见分光光度计(Varian Cary 300 Conc.)按澳大利亚-新西兰 AS/NZS 4399:1996 标准进行测定^[3]。织物抗紫外线效果用紫外线透射率(UVA、UVB)和紫外线防护因子(UPF)表示。

1.3.3 耐洗性测试 参照 AATCC 61-2001 标准进行测试。

1.3.4 其它测试 织物白度用 Datacolor 电子测色系统测试;织物断裂强力参照 ASTM D5034—2001 标准方法进行;织物手感用织物风格仪(Kawabata KES-FB2)测试织物的弯曲刚度。

2 纳米 TiO_2 的制备

制备纳米 TiO_2 有许多不同的方法。其中溶胶-凝胶技术的应用较为广泛,它可分为有机途径和无机途径两类,其基本原理及反应式参考文献[4]。与其它方法相比,溶胶-凝胶法具有温度低、纯度高、均匀性好、工艺简单等优点,因此本文采用溶胶-凝胶法制备纳米 TiO_2 。

以有机钛酸酯(Ti-OR)作为 TiO_2 的前驱物,在控制条件下使其水解,得到透明溶胶,陈化一定时间后即制得纳米 TiO_2 抗紫外线整理剂水溶液。

3 结果与讨论

3.1 纳米 TiO_2 形态的表征

将 TiO_2 溶胶滴在洁净的玻璃片上,室温下自然干燥。用扫描电镜观察 TiO_2 粒子的形貌及经整理液处理后的织物表面,结果见图1。从图1(a)看出,自制的整理剂中, TiO_2 粒子尺寸约在 20~30 nm 范围,而且颗粒分散比较均匀。从图1(b),(c)处理前后织物表面的图像对比可看到,处理织物的表面均匀地覆盖了一层纳米 TiO_2 粒子,形成了连续的纳米 TiO_2 膜。

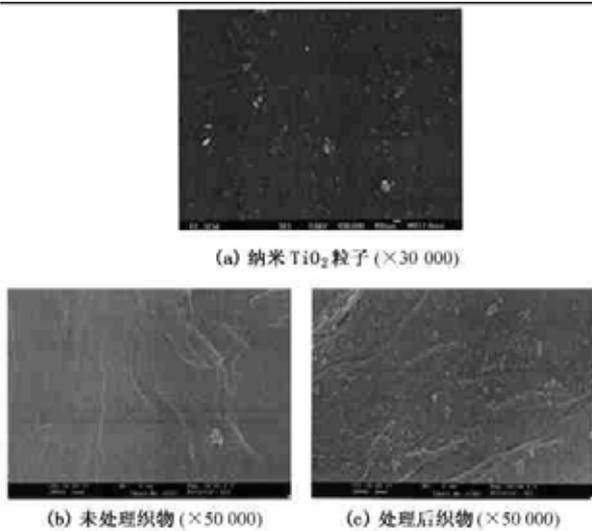


图1 纳米 TiO_2 与棉织物表面的 SEM 照片

3.2 纳米 TiO_2 整理织物的抗紫外线性能

3.2.1 整理液浓度的影响 整理液中 TiO_2 的浓度用加入前驱物(Ti-OR)的量占整理液总量的质量分

数表示。在试验浓度范围内,水解生成 TiO_2 的量与前驱物含量成正比。分别配制质量分数为 0.3%~5%的整理液,并对棉织物进行处理。结果见表1。

表1 整理液浓度对抗紫外效果的影响

织物	质量分数/ %	UVA ^① / %	UVB ^② / %	UPF	UPF 等级
棉卡其	K0 未处理	9.65	5.75	14.7	10
	K1 0.3	6.47	0.100	142.2	50+
	K2 0.5	5.96	0.100	156.1	50+
	K3 1	5.37	0.100	177.8	50+
	K4 2	4.82	0.100	206.3	50+
棉平布	P0 未处理	20.7	17.7	5.25	5
	P1 0.5	15.6	3.10	19.6	15
	P2 1	13.8	1.98	27.3	25
	P3 2	12.6	1.30	37.0	35
	P4 5	10.4	0.76	56.8	50

注:①UVA为315~400 nm;②UVB为290~315 nm。

从表1看出,随整理液中纳米 TiO_2 质量分数的增加,2种棉织物的紫外线透射率(UVA,UVB)均大大下降,UPF值显著提高,说明整理织物的抗紫外线效果大大增加了。尤其是在UVB段,棉卡其的透射率在试验浓度范围全部降至0.10%;棉平布的透射率在质量分数为5%时可降至1%以下。可见所制备的纳米 TiO_2 整理剂对紫外线的UVB段有极为显著的屏蔽效果,这对保护人体健康是十分有益的。因为已有的研究认为,紫外线中UVB辐射对人体皮肤的损伤最大,是导致皮肤癌的主要原因之一^[5]。

此外,不同组织结构和厚度的棉织物要达到较高的抗紫外线水平,所需的整理液浓度不同。

3.2.2 纳米 TiO_2 处理织物的耐久性 处理织物洗涤次数对UPF的影响见表2。从表2可看到,处理后织物经洗涤,其UPF值稍有下降,但幅度不大,而且与未洗试样相比,洗50次样品的UPF等级基本不变。由此可以说明,制备的纳米 TiO_2 整理剂可达到耐久性的抗紫外线效果。这是因为 TiO_2 纳米粒子的小尺寸效应和表面效应,导致表面原子数增多,由于原子配位不足,及较高的表面能,使这些表面原子具有高的活性,极不稳定,很容易与其它原子结合^[1]。而棉纤维中含有大量的—OH,纳米 TiO_2 可通过氢键、范德华力吸附在棉纤维表面,经烘干,液体蒸发, TiO_2 溶胶转变为凝胶而固着在棉上,而且与棉的结合比较牢固。

表2 处理织物洗涤次数对UPF值的影响

织物	质量 分数/ %	UPF				UPF 等级 (洗 50 次)	
		未水洗	洗 10 次	洗 20 次	洗 50 次		
棉 卡 其	K0 未处理	14.7				10	
	K1	0.3	142	127	125	121	50+
	K2	0.5	156	140	145	142	50+
	K3	1	178	167	173	171	50+
	K4	2	206	196	189	191	50+
	K5	5	318	292	294	296	50+
P0	未处理	5.25					5
棉 平 布	P1	0.5	19.6	18.3	18.9	19.2	15
	P2	1	27.3	25.6	24.1	25.3	25
	P3	2	37.0	34.2	33.9	36.5	35
	P4	5	56.8	52.5	53.4	51.8	50

3.3 处理后织物的其它性能

为了评价纳米 TiO_2 整理剂处理后织物的其它性能,分别测试了处理后棉平布的白度、手感和断裂强度,结果见表3。织物手感采用客观评价方法,用织物的弯曲刚度来表示,其值越小,表示手感越柔软。

表3 处理织物的其它性能

棉平布	质量 分数/ %	白度 (Hunter) / %	断裂 强力/ N	弯曲刚度/($\text{mN} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-1}$)	
				经向	纬向
P0	未处理	86.3	475	1.005 1	0.558 0
P1	0.5	86.8	455	1.018 8	0.550 1
P2	1	86.4	460	1.033 6	0.570 7
P3	2	85.8	452	1.121 8	0.511 9
P4	5	85.0	458	1.306 2	0.672 7

由表3可见,处理织物的白度与整理剂质量分数有关。当质量分数小于等于1%时,织物的白度

稍有增加;质量分数大于1%后,织物白度随质量分数升高略有下降。织物的手感在低浓度时较好,但随浓度升高稍有下降。织物的断裂强度在整理后有所变化,但整理剂对其影响不大。

4 结 论

用溶胶-凝胶法制得的纳米 TiO_2 有良好的紫外线吸收屏蔽功能。将该整理剂用于织物整理,可通过简单的浸轧烘工艺赋予棉织物优异、持久的抗紫外线性能,经50次洗涤后,效果仍良好。在一定浓度范围内,随整理液中纳米 TiO_2 浓度的增加,处理棉织物的抗紫外线性能提高,但提高幅度因织物组织结构、厚度不同而异。整理后棉织物的白度、手感和断裂强度均较好。

参考文献:

- [1] 李继泉. 纳米科技与纺织产业升级[A]. 见:第二届功能性纺织品及纳米技术应用研讨会论文集[C]. 北京:纺织行业生产力促进中心,等,2002.118-122.
- [2] Xin J H, Daoud W A. A new approach to UV-Blocking treatment for cotton fabrics[J]. TRJ, 2004, 74(2): 97-100.
- [3] Standards Australia/Standards New Zealand. Sun protective clothing evaluation and classification[S]. AS/NZS 4399:1996.
- [4] 张立德,牟季美. 纳米材料和纳米结构[M]. 北京:科学出版社,2001. 51-64,135-138.
- [5] Reinert G, Fuso F, Hilfiker R, et al. UV-protecting properties of textile fabrics and their improvement[J]. Textile Chemist and Colorist 1997, 29(12): 36-43.