

TiO₂ 水溶胶在棉织物多功能免烫整理中的应用

李朝晖

(江苏工程职业技术学院 江苏先进纺织工程技术中心,江苏 南通 226007)

摘要:利用二氧化钛水溶胶和 KH-1 超低甲醛树脂对棉织物进行免烫整理。探讨了制备二氧化钛水溶胶的转速、整理工艺条件及洗涤对整理织物性能的影响。结果表明,以(1 010±20) r/min 的转速制备的 TiO₂ 水溶胶的整理效果最好,最佳整理工艺为 TiO₂ 水溶胶用量 40 g/L, KH-1 树脂用量 70 g/L, pH 值 4.5, 80 °C 预烘 3 min, 150 °C 焙烘 2 min。

关键词: TiO₂ 水溶胶; 免烫整理; 棉织物

中图分类号: TS195.5

文献标识码: B

文章编号: 1673-0356(2018)09-0026-05

棉织物常用的免烫整理剂分为无甲醛免烫整理剂和 N-羟甲基酰胺类树脂两大类,后者含有甲醛。目前市场上常用的超低甲醛树脂基本属于 N-羟甲基酰胺类树脂,经过改性处理,不但防缩防皱效果好,而且能做到整理后织物上释放的甲醛量小于 75 mg/kg,符合生态纺织品中直接接触皮肤类产品的要求。随着技术的发展、生活水平的提高及气候变化等原因,单一功能的产品已经不能满足人们的需求^[1]。市场上的功能整理剂基本都是单一功能型的,且由于整理剂的属性及加工条件各不相同,有些甚至互相干扰,这不仅使得多功能整理的难度加大,而且整理效果也受到很大影响。溶胶-凝胶技术作为材料制备的新方法之一,越来越多地应用于纺织品功能整理中^[2],且溶胶可以很容易进行掺杂改性,能够赋予纺织品更多的功能,这为纺织品的多功能整理开辟了新的道路。本文以二氧化钛水溶胶和超低甲醛树脂作为整理剂,对棉织物进行多功能免烫整理,研究了整理工艺对产品性能的影响。

1 试验部分

1.1 材料和仪器

试验织物:纯棉漂白机织物(29 tex×29 tex, 236 根/10 cm×236 根/10 cm)。

药品:自制 TiO₂ 水溶胶(钛酸丁酯、冰醋酸、水的物质的量比为 1:8:60); KH-1 超低甲醛树脂整理剂(工业级,泰州瑞洋立泰精化科技有限公司)

收稿日期: 2018-06-21

基金项目:南通市科技计划项目(GY12016036);中国纺织工业联合会科技指导性项目(2015050);江苏高校品牌专业建设工程项目(PPZY2015A093)

作者简介:李朝晖(1968-),男,工程硕士,副教授,高级工程师,主要从事特种功能织物的研究开发和生产应用, E-mail: zhaohui_li710@163.com。

仪器:EL303 电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司); HH-S11-1 型电热恒温水浴锅、101AB-1 型电热恒温鼓风干燥箱(上海华联环境试验设备有限公司恒昌仪器厂); SXJQ-1 型数显直流无级调速搅拌器(郑州长城科工贸有限公司); PBI 横式压染机、R-3 自动定型烘干机(Rapid Co. Ltd); WSB-3A 智能数字白度仪、YG(B)912E 纺织品防紫外线测试仪(温州大荣纺织仪器有限公司); YGH065/PC 电子织物强力仪(莱州市电子仪器有限公司); NanoBrook 90 Plus Zeta 纳米粒度仪(美国布鲁克海文仪器公司); PHS-3C 精密 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司)。

1.2 试验方法

工艺处方: KH-1 树脂整理剂 50—100 g/L; TiO₂ 水溶胶 20—100 g/L; 乙酰丙酮(稳定剂)与 TiO₂ 的物质的量比为 1:1。

工艺流程:浸渍整理液(浴比 1:20, 室温, 20 min)→轧液(轧余率 80%)→烘干(80 °C, 3 min)→焙烘(150 °C, 2 min)。

1.3 性能测试

1.3.1 折皱回复角

参照 GB/T 3819-1997《纺织品 织物折痕回复性的测定 回复角法》,采用垂直法测试织物的折皱回复角,以经纬向缓弹之和来表示织物的折皱回复角。

1.3.2 强力

参照 GB/T 3923.1-2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》,测试经向断裂强力。

1.3.3 白度

参照 GB/T 8424.2-2001《纺织品 色牢度试验 相对白度的仪器评定方法》,测试相对白度。

1.3.4 防紫外性能

参照 GB/T 18830—2002《纺织品 防紫外性能的评定》，测试织物整理前后的抗紫外线效果，用 UVA、UVB(紫外线透射比)和 UPF(紫外线防护系数)表示，紫外线透射比越低，紫外线防护系数越高，说明织物抗紫外线效果越好。

2 结果与讨论

2.1 制备 TiO₂ 水溶胶的搅拌速度对整理织物性能的影响

在制备 TiO₂ 水溶胶时，搅拌速度分别采用(710±20) r/min 和(1 010±20) r/min，测得溶胶粒径见表 1。

表 1 搅拌速度对 TiO₂ 水溶胶粒径的影响

搅拌速度/r·min ⁻¹	平均粒径/nm
710±20	118.39
1 010±20	39.76

从表 1 中可以看出，转速为(1 010±20) r/min 下制备的溶胶粒径明显比在转速为(710±20) r/min 下制备的溶胶粒径小的多，这说明搅拌速度越快，其溶胶粒径越小。

选用两种不同搅拌速度制得的 TiO₂ 水溶胶，溶胶用量 40 g/L，KH-1 用量 70 g/L，pH 值 4.5，按照 1.2.1 的工艺流程进行整理，测定整理织物的性能，结果见表 2。从表 2 可看出，与未整理织物相比，整理后织物的折皱回复角明显增加，白度、断裂强力有所下降。不同搅拌速度下制得的溶胶，对织物抗紫外效果有很大影响，但对其他性能的影响没有明显差别。

整理后的织物，在溶胶与树脂的共同作用下，纤维之间发生了交联反应，故折皱回复角明显增加，白度、断裂强力有所下降。此外，配置整理液时发现，加入乙酰丙酮后整理液明显偏黄，这可能是造成织物白度下降的主要原因。

在(710±20) r/min 转速下制得的溶胶的粒径较大，没有明显的抗紫外效果；在(1 010±20) r/min 转速下制得的溶胶的粒径较小，有明显的抗紫外效果。这是因为溶胶是静电相互作用引起的，醋酸提供 H⁺，吸附在粒子表面，从而在粒子表面形成双电层，粒子表面的双电层使粒子之间产生静电排斥作用，当粒子之间的吸引力小于排斥力时，聚集的粒子分散成小粒子形成溶胶^[3]。溶胶粒径越小，粒子之间的相互吸引力也就越小，粒子之间相互碰撞聚集的几率也就变小，溶

胶的稳定性就会增加，与树脂复配时的稳定性也增加，容易均匀附着在织物表面，形成空间网状结构，从而具有更好的抗紫外性能。

综合以上结果，确定选用(1 010±20) r/min 的转速制备的 TiO₂ 水溶胶进行整理工艺研究。

2.2 整理液 pH 值对整理织物性能的影响

固定 TiO₂ 水溶胶用量为 40 g/L，KH-1 用量为 70 g/L，预烘温度 80 °C，预烘时间 3 min，焙烘温度 150 °C，焙烘时间 2 min，调节整理液的 pH 值，测定 pH 值的变化对整理织物性能的影响，测试结果见表 3。

从表 3 可以看出，随着整理液 pH 的增加，抗紫外性能逐渐提高，在 pH 值为 4.5 时达到最高，而后又有所下降。这可能与 TiO₂ 水溶胶的交联成膜性能有关，在 pH 值等于 4.5 时成膜性最好，所以抗紫外性能最高。试验中发现，当 pH 值等于 6.0 时，整理液开始出现浑浊，这说明，随着酸性的进一步减弱，TiO₂ 已不能以溶胶的形式存在，而以沉淀形式从整理液中析出，交联成膜性能下降，抗紫外性能也随之降低。

随着整理液 pH 的增加，断裂强力逐渐增大然后趋于稳定，这是因为棉纤维的纤维素大分子中的 1,4-β 键对酸的稳定性很差，H⁺ 会使 β 键发生断裂，导致纤维受到损伤，造成强力下降；随着 pH 值的增大，酸性变弱，断裂强力也逐渐增大，pH 值达到 4.0 以后，棉纤维的受损程度趋于稳定，强力不再有明显变化。

随着整理液的 pH 的增加，织物的折皱回复角先增加然后又略有下降，在 pH 值等于 4.5 时，折皱回复角有最大值；pH 值小于 4.5 时，织物的折皱回复角随 pH 值增加而明显增大；pH 值大于 4.5 时，织物的折皱回复角随 pH 值增加而略有下降。这可能是因为在弱酸条件下，TiO₂ 的催化能力强，在 pH 值等于 4.5 时达到最强，促使树脂与树脂之间、树脂与纤维之间能够充分交联。

随着整理液的 pH 的增加，白度也是先增加然后趋于稳定，这可能是因为在酸性较强时，棉纤维更容易受到损伤，导致泛黄，当 pH 值达到 4 以后，酸性变弱，棉纤维的受损程度趋于稳定，白度也逐渐趋于稳定。

综合考虑，pH 值取 4.5。

2.3 TiO₂ 水溶胶用量对整理织物性能的影响

固定 KH-1 树脂用量为 70 g/L，pH 值 4.5，80 °C 预烘 3 min，150 °C 焙烘 2 min，改变水溶胶的用量，测试溶胶用量的变化对整理织物性能的影响，测试结果见表 4。

表 2 制备 TiO₂ 水溶胶的搅拌速度对整理织物性能的影响

搅拌速度 /r · min ⁻¹	折皱回复角 /(°)	白 度 /%	断裂强力 /N	抗紫外性能		
				UVA 透射率/%	UVB 透射率/%	UPF
原 样	128.9	81.9	326	9.9	6.89	12.91
710±20	246.8	76.8	298	8.89	3.45	21.75
1 010±20	248.9	75.5	305	3.59	1.69	50+

表 3 整理液 pH 值对整理织物性能的影响

pH 值	折皱回复角 /(°)	白 度 /%	断裂强力 /N	抗紫外性能		
				UVA 透射率/%	UVB 透射率/%	UPF
2.0	223.3	70.3	227	5.85	2.24	30+
3.0	235.4	72.4	261	5.40	2.13	30+
4.0	240.2	75.8	303	4.00	1.86	30+
4.5	248.9	75.5	305	3.59	1.69	50+
5.0	246.8	76.7	295	4.16	2.13	30+
5.5	243.4	77.1	301	5.22	2.23	30+

表 4 TiO₂ 水溶胶用量对整理织物性能的影响

TiO ₂ 溶胶用量 /g · L ⁻¹	折皱回复角/(°)	白 度 /%	断裂强力 /N	抗紫外性能		
				UVA 透射率/%	UVB 透射率/%	UPF
20	221.5	76.5	299	5.76	2.07	30+
30	238.5	75.7	303	4.69	1.94	30+
40	248.9	75.5	305	3.59	1.69	50+
50	249.2	76.7	292	3.47	1.49	50+
60	249.8	73.5	295	2.84	1.43	50+
70	250.2	70.3	297	2.72	1.27	50+
80	249.5	69.4	289	2.63	1.08	50+
90	249.2	67.7	281	2.03	0.73	100+
100	250.7	65.2	272	1.65	0.68	100+

从表 4 可以看出,随着溶胶用量的增加,织物的抗紫外性能逐渐提高,这是因为 TiO₂ 本身就具有很好的抗紫外性能,随着溶胶用量的增加,织物上的 TiO₂ 含量增加,且交联成膜也愈加充分,在溶胶用量达到 40 g/L 以后,整理后的织物都达到防紫外产品的要求。

随着溶胶用量的增加,织物的折皱回复角逐渐增加并趋于稳定,当溶胶用量小于 40 g/L 时,折皱回复角随溶胶用量的增加而增大;当溶胶用量达到 40 g/L 以后,折皱回复角的变化不再明显,这是因为一方面 TiO₂ 对 KH-1 树脂的催化作用,使树脂与树脂之间、树脂与纤维之间能够充分交联,形成三维网状结构,限制了棉纤维的移动,赋予棉织物较好的抗皱性能;另一方面溶胶在纤维表面形成二氧化钛空间网状结构,也阻碍了纤维发生扭曲形变,从而达到抗皱的效果。

随着溶胶用量的增加,织物的断裂强力一开始没有明显变化,当溶胶的用量达到 80 g/L 以后,断裂强力逐渐下降。这是因为随着溶胶用量的增加,TiO₂ 交联成膜程度以及树脂与树脂之间、树脂与纤维之间的

交联程度都在增加,造成棉纤维的活动性能下降,在外力作用下容易造应力集中而导致强力下降。

随着溶胶用量的增加,织物的白度也在逐渐降低。这是因为乙酰丙酮的用量与 TiO₂ 水溶胶用量是相关联的,溶胶用量增加,乙酰丙酮的用量也在增加,造成白度逐渐降低。

综合考虑,溶胶用量为 40 g/L 时效果最合适。

2.4 KH-1 树脂用量对整理织物性能的影响

固定 TiO₂ 水溶胶用量 40 g/L, pH 值 4.5, 80 °C 预烘 3 min, 150 °C 焙烘 2 min, 改变 KH-1 树脂的用量, 测试树脂用量的变化对织物性能的影响, 测试结果见表 5。

从表 5 可以看出,随着 KH-1 树脂用量的增加,抗紫外性能和白度都没有明显变化,说明树脂用量的变化基本不会影响织物的抗紫外性能和白度。

随着 KH-1 树脂用量的增加,织物的折皱回复角先逐渐增大,在树脂用量达到 70 g/L 时折皱回复角出现最大值,然后折皱回复角略有下降并趋于平缓。这说明树脂用

量达到一定值以后,继续增加树脂用量,树脂与纤维间的交联程度不再增加,无法进一步提高折皱回复角。

随着 KH-1 树脂用量的增加,织物的断裂强力逐渐下降,这是因为树脂与树脂之间、树脂与棉纤维之间的交联程度逐渐增加造成棉纤维的活动性能下降,在外力作用下容易造应力集中而导致强力下降。

综合考虑,树脂用量 70 g/L 为宜。

2.5 洗涤对整理织物性能的影响

按照 TiO₂ 水溶胶用量 40 g/L, KH-1 树脂用量 70 g/L, pH 值 4.5, 80 °C 预烘 3 min, 150 °C 焙烘 2 min 的工艺条件整理织物, 分别进行热水洗和皂洗, 在烘干后测试其前后性能变化, 测试结果见表 6。

表 5 KH-1 树脂用量对整理织物性能的影响

树脂用量 (g·L ⁻¹)	折皱回复角 (°)	白度 /%	断裂强力 /N	抗紫外性能		
				UVA 透射率/%	UVB 透射率/%	UPF
50	226.2	76.1	312	3.43	1.62	50+
60	235.1	75.8	310	3.55	1.75	50+
70	248.9	75.5	305	3.59	1.69	50+
80	246.6	75.7	283	3.42	1.66	50+
90	245.3	76.1	267	3.57	1.68	50+
100	245.8	76.5	256	3.45	1.55	50+

表 6 洗涤对整理织物性能的影响

水洗条件	折皱回复角 (°)	白度 /%	断裂强力 /N	抗紫外性能		
				UVA 透射率/%	UVB 透射率/%	UPF
未水洗整理样	248.9	75.5	305	3.59	1.69	50+
热水洗	1次	241.2	289	3.59	1.54	50+
	2次	240.8	278	3.21	1.35	50+
	3次	240.3	280	2.83	1.08	50+
	4次	240.5	281	3.47	1.41	50+
皂洗	248.5	94.5	315	3.81	2.60	30+

注:热水洗条件为沸煮 30 min, 浴比 1:50; 皂洗条件为皂片 5 g/L, 碳酸钠 2 g/L, 60 °C 皂煮 30 min, 浴比 1:50。

从表 6 可以看出, 经过热水洗后, 织物的折皱回复角略有下降, 洗涤次数对折皱回复角没有明显影响。抗紫外性能随着洗涤次数的增加反而有所提高, 但次数过多, 抗紫外性能又有所下降, 这可能是由于热水沸煮可改变纳米二氧化钛的构型, 改善与织物的结合牢度, 提高了抗紫外能力, 但煮的次数过多可能会造成织物上二氧化钛的流失, 导致抗紫外性能又有所下降。热水洗后断裂强力有所下降, 这可能是由于整理是在酸性条件下进行的, 布面偏酸性, 在沸煮时酸性对织物又会造成损伤, 导致强力下降, 多次热水洗后, 布面的酸性已基本消除, 不会再进一步损伤织物, 所以强力不再持续下降。热水洗后, 织物的白度逐渐上升, 甚至比原布的白度还要好, 这可能是织物上的乙酰丙酮被逐渐洗净造成的。

经过皂洗后, 织物白度大幅提高, 比热水洗的白度还要好, 可能是碱性条件下皂片对乙酰丙酮的去除非常彻底。皂洗对折皱回复角和断裂强力基本没有影响。经过皂洗的织物的 UVA 和 UVB 透射率及 UPF 都有所降低, 比热水洗的效果差, 可能是由于皂洗时流

失的二氧化钛更多, 导致抗紫外性能下降。

3 结论

(1) 以 (1 010 ± 20) r/min 的转速制备的 TiO₂ 水溶胶的整理效果好。

(2) TiO₂ 溶胶免烫整理的最佳工艺为 TiO₂ 水溶胶用量 40 g/L; KH-1 树脂用量 70 g/L; pH 值 4.5; 80 °C 预烘 3 min; 150 °C 焙烘 2 min。

(3) 整理后的织物热水洗 2~3 遍, 可以提高白度, 进一步提升抗紫外性能。

参考文献:

- [1] 魏孟媛, 和杉杉, 隋阳华, 等. 功能性纺织品的上海市场调研及分析[J]. 产业用纺织品, 2014, (2): 35-39.
- [2] 汪青. 溶胶-凝胶技术在纺织品多功能整理中的应用[D]. 上海: 东华大学, 2010: 1-3.
- [3] 王佳, 陈英, 杨悦. 二氧化钛水溶胶的制备及应用[J]. 北京服装学院学报, 2011, 31(4): 46-51.

Application of TiO₂ Hydrosol in Multi-functional Easy-care Finishing of Cotton Woven Fabric

LI Zhao-hui

(Jiangsu Advanced Textile Engineering Technology Center,
Jiangsu College of Engineering and Technology, Nantong 226007, China)

Abstract: The easy-care finishing of cotton woven fabric was carried out with TiO₂ hydrosol and KH-1 resin. The effects of the agitation speed, finishing process and washing on the performances of finished fabrics were discussed. When TiO₂ hydrosol was prepared at agitation speed of $(1\ 010 \pm 20)$ r/min, the finished fabric had good effect. The optimal finishing process was as follows: TiO₂ hydrosol 40 g/L, KH-1 resin 70 g/L, pH value 4.5, drying at 80 °C for 3 min, curing at 150 °C for 2 min.

Key words: TiO₂ hydrosol; easy-care finishing; cotton fabric

(上接第 25 页)

Application of Machine Learning Technology in Loom Production Status Prediction

HOU Tao

(Computer Science College, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710600, China)

Abstract: In order to extend service life of warp knitting machine, machine learning techniques included principal component analysis theory and distance discrimination method were introduced into the real-time monitoring and fault prediction system of warp knitting machine, so as to improve the adaptability of operation state prediction under complex and changeable production environment, and provide intelligence of its fault prediction. On the basis of repeated experiments, the various indexes of warp machine fault prediction were analyzed, and the warp knitting machine fault prediction model based on distance discrimination method was established. The experimental results showed that the fault prediction model constructed by the distance discriminant method had high prediction accuracy, and the prediction result was less affected by external environment. Good prediction results were obtained. It had certain practicability and reliability in ensuring the normal operation of looms.

Key words: fault prediction of warp knitting machine; principal component analysis theory; distance discrimination method; machine learning technology

《合成纤维工业》2019 年征订启事

《合成纤维工业》是国家科委批准发行的合成纤维领域的专业性科技期刊,全方位报道国内外科研生产的科技成果、实用技术和科技信息。辟有“研究与开发”、“科研快报”、“综述与专论”、“设备与控制”、“实践与经验”、“分析与测试”、“国内外动态”等主要栏目。每期提供近 15 万字的技术信息,是合成纤维工业生产、研究开发、设计、管理、经营等部门专家、技术人员、管理人员的首选期刊。

《合成纤维工业》是中国期刊方阵双效期刊,中国科技核心期刊,RCCSE 中国核心学术期刊,中国石化集团公司核心期刊和中国科技论文统计源期刊,CA 收录刊源。《合成纤维工业》已入编《中国学术期刊(光盘版)》、《万方数据-数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》等。

《合成纤维工业》是化纤界专家和企业家的朋友,也是化纤科技成果通向企业的桥梁与纽带;《合成纤维工业》愿为您提供全方位的咨询、中介和广告服务,竭诚欢迎海内外合成纤维专家、企业家垂询;《合成纤维工业》网站(www.hcxwgy.com)

欢迎各信息网站及化纤企业与本站互换友情链接。《合成纤维工业》自 2016 年开始启用网络采编办公平台 <http://www.hcxwgy.com>,投稿方式开始接受网上投稿。

《合成纤维工业》为大 16 开本,双月刊。国内外公开发行,国内邮发代号 42-21。订价 10.00 元/期,年价 60.00 元。请读者及时到当地邮局订阅!也可直接与编辑部联系补订。编辑部现有 1994~2017 年合订本(定价 70 元/本),欢迎读者踊跃订阅。

地址:湖南岳阳市云溪区 巴陵石化分公司技术中心(原岳化研究院) 《合成纤维工业》编辑部

联系人:余毅

邮政编码:414014

电话:0730-8482342

传真:0730-8482342

E-mail: hcxwgy.blsh@sinopec.com

<http://www.hcxwgy.com>