

基于有机硅处理的高透湿性丝织物的研究

洪少琰¹, 王亚平², 傅雅琴¹

(1.浙江理工大学 材料与纺织学院, 杭州 310018; 2.广西华虹绸缎股份有限公司, 广西 蒙山 546700)

摘要: 为了改善丝绸的透湿性能, 以 γ -缩水甘油醚氧丙基三甲氧基硅烷(KH560)、正硅酸乙酯(TEOS)为前驱体, 固体酸对甲苯磺酸为催化剂, 合成有机硅溶胶, 并对皱纹类丝绸进行改性。利用扫描电子显微镜、织物透湿仪、电子织物强力仪、激光织物折皱弹性测试仪等, 对改性后的丝绸的透湿性等进行测定和分析。结果表明: 当 TEOS 的质量分数为 2 %, 偶联剂的质量分数为 2 % 时, 制备的有机硅可与丝绸很好地结合, 丝绸的透湿性得到明显改善, 且其他力学性能、透气性能等有所改善或基本不变, 显示用该方法改性丝绸、制备高透湿性丝绸具有可行性。

关键词: 纳米硅; 丝绸改性; 溶胶凝胶法; 透湿性

中图分类号: TS195.644

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2012)07-0006-04

Research on silk with high moisture-penetrability based on the treatment of organosilicon

HONG Shao-yan¹, WANG Ya-ping², FU Ya-qing¹

(1.College of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2.Guangxi Hua Hong Share Silks & Satins Co., Ltd., Mengshan 546700, China)

Abstract: To improve the moisture-penetrability of silk, γ -glycidyl ether oxygen propyl-group trimethoxy-silane (KH560) and silicic acid ethyl ester (TEOS) are used for presoma. Besides, solid acid p-toluenesulfonic acid is used as catalyst to compound organic silica sol to improve the performance of wrinkle-type silk. This thesis adopts scanning electron microscope, fabric breathable equipment, electronic fabric strength tester and laser tester for fabric cockle elasticity to detect and analyze the moisture-penetrability of the improved silk. According to related results, when both the concentration of TEOS and the concentration of coupling agent are 2 %, the prepared organosilicon can combine with silk better, the moisture-penetrability of silk is improved obviously, other mechanical properties and mechanical properties are improved or remained, which showed that this method is feasible to improve the performance of silk and prepare silk with high moisture-penetrability.

Key Words: Nanocrystalline silicon; Silk modification; Sol-Gel; Moisture-penetrability

织物透湿性是指在织物两侧存在湿度差的条件下, 水汽从相对湿度较高的一侧迁移到相对湿度较低一侧的性能, 是服用性能的重要指标之一。为此, 许多学者对透湿性的测试方法及透湿性能进行了研究^[1-2]。张怀珠等^[3]通过对丝织物与涤纶织物热湿移动性能的比较研究后认为, 丝织物的热舒适性明显优于涤纶织物, 但丝绸在对显性出汗时的透湿性能存在不足。由于丝绸织物一般比较薄, 当夏天人体显性出汗时, 往往容易产生贴身现象, 影响服用性能。因此, 进一步改善丝织物的透湿性能, 对提高丝绸织物

的热湿舒适性具有重要作用。

有机硅作为一种优良的生态型纺织品整理剂, 兼备有机材料与无机材料的双重特性, 对环境无有害污染, 其附着固化于纤维表面, 有修饰、修复、美化纤维观感, 改善纤维功能的作用。棉、毛、丝、麻、合纤等各种织物通过有机硅整理剂处理, 可以使织物的手感、色牢度、平滑性、耐磨性、抗起毛起球性、毡缩性、抗菌性、防紫外线性能得到改善^[4-7]。

目前, 采用原位法制备高透湿性丝织物的研究未见报道。本研究以 γ -缩水甘油醚氧丙基三甲氧基硅烷(KH560)、正硅酸乙酯(TEOS)为前驱体, 以固体酸对甲苯磺酸为催化剂, 合成有机硅溶胶[®], 并对丝织物进行改性, 探讨硅溶胶原位改性丝织物对丝织物透湿性能的影响, 以期制备高透湿性丝织物提供理论指导。

收稿日期: 2012-04-10

作者简介: 洪少琰(1989 -), 男, 2008级材料科学与工程专业本科生。通讯作者: 傅雅琴, 教授, fuyq01@zstu.edu.cn。

1 试验

1.1 材料

12103白坯双绉, 95 g/m²; 正硅酸乙酯(TEOS), 分析纯; 无水乙醇, 分析纯; γ -缩水甘油醚氧丙基三甲氧基硅烷(硅烷偶联剂KH-560), 分析纯; 对甲苯磺酸, 分析纯; 无水氯化钙, 分析纯。

1.2 方法

将白坯双绉裁剪成大小为20 cm × 30 cm的试样, 每块试样置于100 mL的75 %乙醇溶液中, 然后放入超声波清洗仪中, 超声清洗15 min, 取出试样置于50 烘箱中, 2 h后取出, 按GB/T 6529 - 2008《纺织品 调湿和试验标准大气》, 将试样置于恒温恒湿室中平衡24 h备用, 记为试样Y-0。

经过多次前期的探索性试验, 确定了适合丝织物改性的基本工艺参数: 按 $m_{\text{TEOS}} : m_{\text{KH560}} : m_{\text{甲苯磺酸}} = 1 : 1 : 0.05$ 的质量比配制TEOS的质量分数分别为1 %和2 %的乙醇溶液, 放置6 h后。取试样Y-0, 按溶比1 : 50分别浸渍于上述溶液中, 20min后取出, 阴干5 d后, 在50 条件下烘干2 h, 置于恒温恒湿室中平衡24 h备用, 分别标注为Y-1和Y-2。

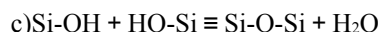
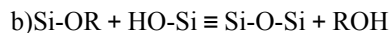
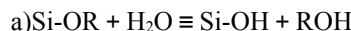
采用LIBRA-200FE型透射电子显微镜, 对2 %KH560乙醇溶液处理样及2 %TEOS纳米硅溶胶处理样进行观察表征。采用YG601型电脑式织物透湿仪, 按GB/T 12704.1 - 2009《纺织品 织物透湿性试验方法 第1部分: 吸湿法》, 对试样进行透湿性测试; 采用KES-F8-API型织物透气仪对试样的透气性能进行测试; 采用YG541E型激光织物折皱弹性测试仪, 按GB/T 3819 - 1997《纺织品 织物折痕回复性的测定 回复角法》, 对试样进行抗皱性测试; 采用YG065型电子织物强力机, 按GB/T 3923.1 - 1997《纺织品 织物拉伸性能 第1部分: 断裂强力 and 断裂伸长率的测定》, 对试样进行力学性能测试; 参照GB/T 3921.3 - 2008《纺织品色牢度试验 耐皂洗色牢度》, 对Y-1和Y-2试样进行皂洗, 将皂洗后的试样标注为Y-1x和Y-2x, 并对织物的透湿性能进行测试。

2 结果与讨论

2.1 有机硅改性剂的制备原理及其形貌

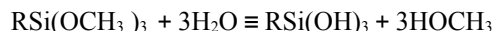
为了改善丝织物的透湿性能, 本研究提出了以硅烷偶联剂、TEOS为前驱体, 固体酸为催化剂合成有机硅原位改性丝织物的新方法, 其中, 改性剂的制备原理如下。

1)TEOS在催化剂作用下发生如下水解:



d) Si-O-Si与Si-O-Si之间脱水形成二氧化硅网络结构。

2)KH560在醇水中主要发生下列水解:



3)RSi(OH)₃之间脱水缩合可形成有机立体网络结构, 如图1所示。

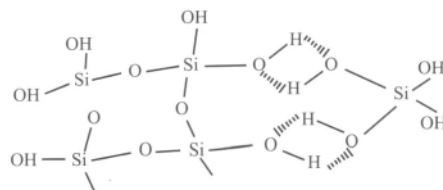


图1 KH560与TEOS形成的网络结构示意图
Fig.1 The network structure schematic drawing of the combination of KH560 and TEOS

将得到的有机硅处理剂利用透射电子显微镜观察后, 得到的形貌如图2所示。

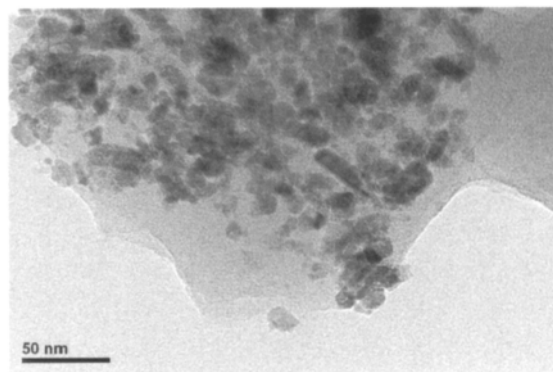


图2 有机硅处理剂的透射电子显微镜照片
Fig.2 TEM images of organic silicon treatment

从图2可以看出, 制备的处理剂干燥后, 内部存在有明显的颗粒, 颗粒直径小于50 nm, 且颗粒大小基本均匀。这有利于对丝织物进行改性。

2.2 改性处理对丝织物透湿性能的影响

图3是试样的透湿性能测试结果。从图3可以看出, 与未处理的丝织物相比, 经过表面处理后的丝织物试样的透湿性能得到了明显改善。当KH560、TEOS、固体酸质量分数分别为2 %、2 %、0.05 %时, 与未处理的丝织物相比, 处理后丝织物的透湿性能提高了50 %以上, 显示了非常显著的透湿改性效果。这是由于透过织物的水汽总量除了“空隙扩散”外, 还与“吸附—扩散—解析”和“毛细管”传递有关。一方面织物经过硅溶胶表面处理后, 虽然空隙的孔径有所减少, 但由于处理剂的质量分数较小, 对孔

径的影响较小；另一方面，硅溶胶处理后，表面的润滑性能增加，在“扩散—解析”效果增加的同时，由于孔径的减小，毛细管效果也有所增加，从而使织物的透湿性能增加。

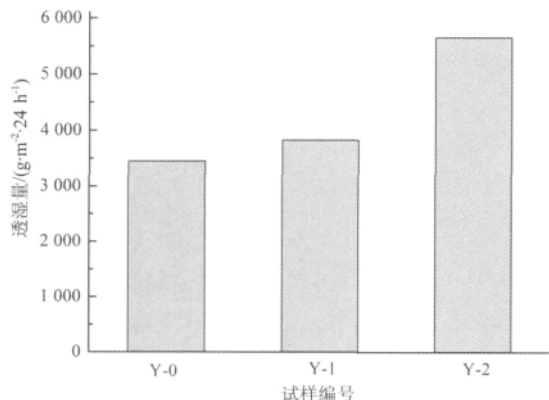


图3 试样的透湿性能测试结果
Fig.3 Moisture-permeability of samples

2.3 改性处理对丝织物抗皱性能的影响

为了了解改性对丝织物抗皱性能的影响，对处理前后丝织物折皱回复角进行了测试，结果如表1所示。

表1 试样品的折皱回复角

Tab.1 Wrinkle recovery angle of samples in warp direction

试样编号	经向回复角/(°)		纬向回复角/(°)	
	急弹	缓弹	急弹	缓弹
Y-0	130.33	145.68	126.7	141.2
Y-1	133.20	148.60	136.7	150.4
Y-2	135.60	157.80	145.6	160.7

织物抗皱性是织物在受到外力作用后发生形变，当外力撤除后其恢复原来形状的能力。织物的抗皱性由纤维的柔软度、相互间摩擦大小决定。从表1可以看出，无论是经向还是纬向，处理后试样的抗皱性能都得到了一定程度的改善。这主要是由于有机硅可以在丝织物表面形成膜，其中含有的活性基团可与纤维表面的活性基团发生交联附着，有利于提高织物的弹性，从而改善抗皱性。表明该处理方法在提高透湿性能的同时，还有利于改善丝织物的抗皱性能。

2.4 改性处理对丝织物透气性能的影响

织物的透气性是指织物两面存在压差的情况下，空气透过织物的性能。织物透气性除了取决于织物中纱线与纱线之间形成的孔隙的大小与多少外，也与织物的组织结构、厚度等因素有关。

表2 试样的透气性能测试结果

Tab.2 Air permeability of samples

试样编号	透气抗阻/(kPa·s·m ⁻¹)
Y-0	0.225
Y-1	0.218
Y-2	0.243

从表2可以看出，经过改性处理后，织物的透气性能变化不大。这一方面是由于处理剂的质量分数较小，对孔径大小的影响不大；另一方面，由于处理后的试样透湿性能提高，试样中本身滞留的水分有所减少。这两方面的原因使试样的透气性能变化不大。

2.5 改性处理对丝织物力学性能的影响

由于丝织物的力学性能影响着丝织物产品的耐用性和成形性^[9]，是丝织物重要的品质指标之一。为此，测试分析了改性处理前后丝织物的力学性能，其结果如表3所示。

表3 试样的力学性能

Tab.3 Mechanical properties of samples

试样编号	强力/N		伸长率/%	
	经向	纬向	经向	纬向
Y-0	593.1	451.8	48.8	37.7
Y-1	583.7	445.9	49.5	37.4
Y-2	581.2	448.7	51.2	38.1

从表3可以看出，改性处理使试样的经向强力略有下降，伸长率有所增加，但变化很小，可以认为基本不变。这主要是由于处理剂的质量分数很小，对丝织物的力学性能影响很小，试样的受力主要由丝织物本身决定。

2.6 皂洗对改性丝织物透湿性能的影响

纺织产品在使用过程中，洗涤是不可避免的，为此，对试样进行了皂洗，并对皂洗后试样的透湿性能进行了测试，得到结果如表4所示。

表4 试样洗涤后的透湿性能

Tab.4 Moisture-permeability of samples after washing

试样编号	透湿量/(g·m ⁻² ·24 h ⁻¹)
Y-0	3 825
Y-1	3 803
Y-2	5 658
Y-2x	5 582

从表4可以看出，试样经过水洗后，透湿性能虽然略有下降，但下降程度不明显。表明有机硅与丝织物具有良好的结合牢度。

3 结 论

1)以KH560、TEOS为前驱体，固体酸为催化剂，采用溶胶-凝胶法合成的有机硅，颗粒直径在50 nm以下。

2)溶胶中前驱体的组分对丝织物的透湿性能和其他性能有明显的影 响，当KH560、TEOS、固体酸质量分数分别为2 %、2 %、0.05 %时，丝织物的透湿性能得到了明显的改善，与未处理的丝织物相比，处理后丝织物的透湿性能提高了50 %以上，且其他性能有所改善或基本不变。

志谢：浙江理工大学启新学院2007级夏晨薇同学为本研究做了大量前期探索性实验，在此表示感谢。

参考文献：

- [1]张辉.用恒温板测试织物透湿性能[J].丝绸, 2006(5): 37-39.
ZHANG Hui. Fabric moisture permeable performance test by constant temperature board[J]. Journal of Silk, 2006(5): 37-39.
- [2]ZHANG X R, ZHANG L Z, LIU H M, et al. One-step fabrication and analysis of an asymmetric cellulose acetate membrane for heat and moisture recovery[J]. Journal of Membrane Science, 2011, 366(1-2): 158-165.
- [3]张怀珠.丝织物与涤纶织物热湿移动性能的比较研究[J].浙江丝绸工学院学报, 1991, 8(1): 1-6.
ZHANG Huaizhu. Comparative study of the heat and moisture performance between silk and polyester fabrics[J]. Journal of Zhejiang Institute of Silk Textiles, 1991, 8(1): 1-6.
- [4]楼卫东.柔软剂对BTCA免烫整理棉织物性能的影响[J].纺织学报, 2007, 28(5): 89-92.
LOU Weidong. Effect of softeners on the durable press finishing of cotton fabric with BTCA[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(5): 89-92.
- [5]郑秋生, 李龙.纯毛织物抗皱整理工艺方法[J].毛纺科技, 2009, 37(11): 14-16.
ZHENG Qiusheng, LI Long. Methods for wrinkle-resistant finishing of pure wool fabrics[J]. Wool Textile Journal, 2009, 37(11): 14-16.
- [6]姜凤琴, 魏春艳, 叶方.大麻织物有机硅柔软整理[J].大连轻工业学院学报, 2007, 26(4): 372-374.
JIANG Fengqin, WEI Chunyan, YE Fang. Pliable silicone finishing for the hemp fabric[J]. Journal of Dalian Institute of Light Industry, 2007, 26(4): 372-374.
- [7]WATT J A C. Water-repellent treatment of textiles with silicones: studies on the mechanisms of two processes [J]. Journal of the Textile Institute Transactions, 1957, 48(6): 175-192.
- [8]徐龙彬, 傅雅琴, 杜明亮.形状记忆聚氨酯/二氧化硅纳米复合材料的结构与性能研究[J].中国化学, 2011, 29(4): 703-710.
XU Longbin, FU Yaqin, DU Mingliang. Investigation on structures and properties of shape memory Polyurethane/Silica nanocomposites[J]. Chinese Journal of Chemistry, 2011, 29(4): 703-710.
- [9]周爱英, 张明杰, 张怀珠.真丝织物的力学性能与服装外观的造型性能[J].中国纺织大学学报, 1999, 25(1): 100-107.
ZHOU Aiyang, ZHANG Mingjie, ZHANG Huaizhu. Relationship between the mechanical properties of pure silk fabrics and dress performance[J]. Journal of China Textile University, 1999, 25(1): 100-107.