

涤纶织物接枝丝胶蛋白改性及其服用性能研究

朱慧冕,罗秋兰*,杨炎星,吴炼军,叶登龙,宋俊文

(嘉兴学院 南湖学院,浙江 嘉兴 314001)

摘要:采用丝胶蛋白、戊二醛和壳聚糖溶液对经过碱减量处理后的涤纶织物进行接枝改性处理,并通过正交试验,探究了接枝温度、浸渍时间、丝胶浓度和戊二醛浓度对涤纶织物接枝改性的影响。结果表明:采用2%浓度的丝胶蛋白、30 min的浸渍时间、60 °C的接枝温度、0.6%的戊二醛,可以使得涤纶织物吸湿性得到显著提高,回潮率从原样的0.35%提升至0.96%,织物的抗静电性也有一定的改善,静电半衰期从15 s减少至6 s。丝胶蛋白的接枝,对涤纶织物的透气性和拉伸断裂强力,不会产生大的影响,因此不会影响其穿着使用。

关键词:涤纶织物;丝胶蛋白;接枝改性;吸湿性;抗静电性能

中图分类号:TS156

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2021)05-0012-04

涤纶纤维是合成纤维中产量最大、运用最广泛的一种纤维。涤纶纤维织物具有强度高、挺括抗皱、弹性回复性能好等优点,在纺织服装领域颇受消费者的青睐^[1]。但是,由于涤纶纤维的回潮率仅为0.4%,穿着时汗水不易排出,容易产生闷热感,而且织物经接触或摩擦后,易产生静电而吸附灰尘,严重影响穿着舒适性,并在生活中有一定的潜在危险^[2]。尽管化纤仿真丝、纤维分子改性方面的技术在不断进步,但涤纶回潮率低、吸湿性差这个固有缺陷,并未得到显著改善^[3]。

为了提升涤纶织物的亲水性和抗静电性,很多科研工作者进行了卓有成效的研究,如采用NaOH处理、KMnO₄/H₂SO₄氧化法、等离子体处理、超临界CO₂作用、生物酶处理、紫外辐射或UV/O₃氧化法以及在纺丝过程中加入第二单体等方法^[4],这些方法都能在一定程度上使涤纶制品的亲水性得到改善,但同时也会造成分子链的断裂,使织物的力学性能受到损伤^[5]。随着现代科技的发展,丝胶蛋白的特性被越来越多的科研工作者认识和发现,如特殊的分子结构、良好的机械性能、优异的吸湿性能、优良的抗紫外线性能以及独特的生物相容性等^[6-7]。近些年来,科研工作者们提出了一种备受关注的新型保健——丝胶蛋白接枝处理方法,即采用丝胶对织物进行涂覆、接枝或涂膜整理^[8],通过交联剂可以将丝胶蛋白固定在某些合成纤维表面或内部的微孔或空隙中,利用丝胶蛋白大量

的亲水性氨基酸基团,使织物在保持原有特性的基础上,增加了特有的吸湿放湿、抗静电等性能^[9]。

丝胶蛋白具有很好的生物相容性,与人体皮肤具有良好的亲和性,不会产生刺痒及不适感,并且有很好的吸湿性,在化妆品行业有较普遍的应用^[10-11]。大部分丝胶都在蚕丝精练时作为污染物处理掉,造成很大的资源浪费。如果能够将丝胶蛋白接枝在涤纶织物表面,可得到服用性能和生物相容性都很好的功能性涤纶/丝胶蛋白复合面料。

因此,首先对涤纶织物进行预处理,然后通过不同的工艺条件、不同的丝胶浓度及复配材料对涤纶织物进行接枝改性,并对接枝前后织物的回潮率、透气性、抗静电性及拉伸断裂强力等服用性能进行测试,力争开发出性能优异,适合市场需求,符合绿色化、功能化的涤纶织物。期望改善丝胶蛋白在织物处理中存在的涂覆牢固性较差、涂覆增重率较低、织物手感不佳等弊端,实现实用化的要求。

1 试验部分

1.1 主要材料与仪器

材料:7.15 tex×7.15 tex涤纶织物、4.62 tex×3.63 tex涤纶织物、26.40 tex×11.00 tex涤纶织物(苏州金翔纺织有限公司)、医药级丝胶蛋白粉(西安瑞林生物科技有限公司)。

试剂:氢氧化钠、戊二醛、柠檬酸、壳聚糖、十二烷基二甲基苄基氯化铵,以上试剂均为分析纯。

仪器:CP114电子天平(上海上天精密仪器有限公司);HH-6型数显恒温水浴锅(江苏省金坛市荣华仪

收稿日期:2020-12-15

基金项目:嘉兴学院南湖学院2020年SRT项目(NH8517203015);嘉兴学院南湖学院2020年SRT项目(NH8517201037)

作者简介:朱慧冕(1999-),女,本科在读,主要研究方向:功能纺织品。

*通信作者:罗秋兰(1985-),女,讲师,主要研究方向:功能纤维与功能纺织品,E-mail:lanlan1207@163.com。

器制造有限公司);DHG-9075A型鼓风干燥箱(上海天呈实验仪器制造有限公司);P-AO/BO型气压电动小轧车(佛山市精柯纺织印染设备有限公司);M-6型连续式定型小样机(佛山市顺德区容桂芸宝染整机械厂);YG461E型电脑式透气性测试仪(宁波纺织仪器厂);YG(B)342E型织物感应式静电测定仪(温州市大荣纺织仪器有限公司);YG065H型电子织物强力机(莱州市电子仪器有限公司);Y802K型快速八篮烘箱(莱州市电子仪器有限公司)。

1.2 试验内容

1.2.1 涤纶织物碱减量处理

在浴比为1:50,水浴温度为80℃,浸渍时间为60 min的条件下,采用NaOH(浓度为15 g/L)和涤纶碱减量促进剂1227(浓度为2 g/L),对涤纶织物进行碱减量处理,具体步骤为:准确称量7.5 g NaOH和1 g的促进剂1227加入烧杯中,缓慢加入500 ml去离子水,搅拌使试剂完全溶解均匀,采用水浴加热,升温至80℃时,将烧杯中的溶液放入恒温水浴锅中,并加入5.0 g涤纶织物,用玻璃棒均匀搅拌60 min;将经碱减量处理的涤纶织物取出,用热的蒸馏水洗涤4~5次;将洗净后的涤纶织物取出,于70℃的烘箱中烘7~10 min;织物烘干后,在电子天平上准确称量并记录。

1.2.2 丝胶蛋白溶液对涤纶织物的接枝改性

在不同浓度的丝胶蛋白、不同浓度的戊二醛和浓度为1%的壳聚糖及少量柠檬酸配置成的溶液中放入涤纶织物,分别在不同水浴温度、不同浸渍时间下进行接枝,试验过程中,采用二浸二轧工艺,其中轧余率为70%,预烘温度为90℃,焙烘温度为120℃。丝胶蛋白对涤纶接枝改性的因素水平见表1。

按照正交试验表设计试验,具体正交试验设计见表2。

表1 丝胶蛋白对涤纶接枝改性的因素水平表

水平	水浴温度/℃	浸渍时间/min	丝胶浓度/%	戊二醛浓度/%
1	60(1)	10(1)	1(1)	0.5(1)
2	70(2)	20(2)	1.5(2)	0.6(2)
3	80(3)	30(3)	2(3)	0.7(3)

具体试验步骤如下:配置不同浓度的壳聚糖溶液,再加入相应编号的经过碱减量处理过的涤纶织物。在不同的水浴温度、浸渍时间下进行搅拌,处理一定时间后将涤纶织物取出,在电动小轧机上进行二浸二轧(轧余率保持在70%),然后90℃预烘5 min,120℃焙烘

5 min;焙烘完成后,用蒸馏水清洗织物3~4次,并在70℃的烘箱中烘7~10 min,最后对烘干的涤纶织物进行称量和记录。

表2 四因素三水平的正交试验表

试验号	水浴温度/℃	浸渍时间/min	丝胶浓度/%	戊二醛浓度/%
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

2 性能测试

2.1 碱减量处理前后涤纶织物的减重率测定

将未进行碱减量处理的白色纯涤纶织物在电子天平上进行称重,记录下数据,之后再将处理后的白色纯涤纶织物在电子天平上进行称重,也记录数据,根据前后称量得到的重量来计算织物的减重率。

$$\text{减重率}(\%) =$$

$$\frac{\text{碱减量前织物重量} - \text{碱减量后织物重量}}{\text{碱减量前织物重量}} \times 100 \quad (1)$$

2.2 接枝改性前后涤纶织物的增重率测定

将未进行丝胶蛋白处理的白色纯涤纶织物在电子天平上进行称重,记录下数据,之后再将处理后的纯涤纶织物在电子天平上进行称重,通过公式(2)来计算织物的增重率。

$$\text{增重率}(\%) =$$

$$\frac{\text{接枝后织物重量} - \text{接枝前织物重量}}{\text{接枝后织物重量}} \times 100 \quad (2)$$

2.3 碱减量处理前后以及接枝改性后涤纶织物的回潮率、吸湿性测定

按照GB/T 6529—2008《纺织品调湿和试验用标准大气》标准执行。将白色纯涤纶织物整齐置于烘箱中进行烘干,待90 min之后取出织物在电子天平上称取重量;然后将白色纯涤纶织物在室温下静置20 min,再在电子天平上称取织物的重量,根据吸湿前后的重量来计算织物的回潮率。根据回潮率,判断吸湿性是否改善。

$$\text{回潮率}(\%) =$$

$$\frac{\text{干燥前织物重量} - \text{干燥后织物重量}}{\text{干燥后织物重量}} \times 100 \quad (3)$$

2.4 接枝改性后涤纶织物的抗静电性测定

采用 FZ/T 01042《纺织材料静电性能静电压半衰期的测定》方法,采用织物抗静电性能测试仪,在+10 kV 高压对处在旋转金属平台上的涤纶织物试样放电 30 s,测得感应电压的半衰期。

2.5 接枝改性后涤纶织物的透气性测定

根据 GB/T 5453—1997《纺织品织物透气性的测定》^[7]在 YG461E 电脑式透气性测试仪上测试涤纶织物透气性。

2.6 接枝改性后涤纶织物的拉伸断裂强力测定

处理后的织物按照 ASTM D503495《断裂强力和断裂伸长的标准试验方法(抓样法)》标准执行^[5]。将 5 cm×15 cm 大小的试样中心部分夹持在拉伸强力仪的夹钳中,并施加张力直到试样被拉断。试验间距设为 100 mm,拉伸速度设为 100 mm/min,定负荷设为 200 N,定伸长设为 300 mm。测试结果(断裂强力和断裂伸长)可以从拉伸强力仪上直接读数。

3 结果与讨论

3.1 涤纶织物的碱减量处理

在 NaOH 浓度 15 g/L、处理时间 60 min 的条件下,对涤纶织物进行碱减量处理,并对处理前后涤纶织物的减重率及回潮率进行计算,结果见表 3。

表 3 碱减量处理前后的涤纶织物检测结果

织 物	克 重/g	减重率/%	回潮率/%
涤纶原样	4.75	/	0.35
碱减量处理后	3.95	16.8	0.51

由表 3 结果可知,经碱减量处理后的织物质量减少了 0.8 g,其减重率为 16.8%,这可能是因为纤维中的酯键对碱较敏感,在处理的过程中,纤维的晶区表面以及无定形区中酯键水解,其次纤维中大分子聚集体一起掉落下来,使得纤维质量减少,并且在纤维的表面留下孔洞,这种孔洞使其表面反射下降,使得涤纶制品具备柔软的手感和柔和的光泽。通过对织物进行烘干和称重,发现涤纶制品的回潮率从 0.35% 提高到 0.51%,这是由于碱减量预处理使得涤纶织物表面出现空隙,并在其表面引入了少量的—COOH 基团,使其吸湿性有所提高。

3.2 丝胶蛋白的接枝工艺

将碱减量处理的涤纶织物,采用丝胶蛋白溶液进行接枝改性,其正交试验见表 4。

从表 4 正交试验数据分析可知,极差 R 最大的因素是 B,其次是 C,再接着是 A 和 D,说明浸渍时间是该正交试验的最主要影响因素,对试验结果影响最大。所以可得各因素对正交试验影响主次为:浸渍时间>丝胶浓度>水浴温度>戊二醛浓度,这说明在丝胶蛋白接枝过程中,浸渍时间的变化对涤纶制品的回潮率影响程度较大。各因素水平的指标平均值 K_n ($n=1, 2, 3, 4$) 大小可以表示不同因素水平对回潮率的影响,数值越大,则表示该因素水平影响越大,所以,丝胶蛋白接枝最佳工艺为 $A_3B_3C_3D_2$,即以回潮率为指标的丝胶蛋白接枝最优方案:水浴温度为 60 °C,浸渍时间为 30 min,丝胶浓度为 2%,戊二醛浓度为 0.6%。

表 4 丝胶蛋白接枝工艺下涤纶织物回潮率的正交表

试验号	因 素				回潮率 /%
	水浴温度 (A)/°C	浸渍时间 (B)/min	丝胶浓度 (C)/%	戊二醛浓度 (D)/%	
1	1	1	1	1	0.93
2	1	2	2	2	0.94
3	1	3	3	3	1.27
4	2	1	2	3	0.64
5	2	2	3	1	1.09
6	2	3	1	2	1.18
7	3	1	3	2	0.82
8	3	2	1	3	0.92
9	3	3	2	1	0.88
K_1	3.1	2.4	3.0	2.87	
K_2	2.9	3.0	2.5	2.93	
K_3	2.6	3.3	3.2	2.8	
k_1	1.0	0.8	1.0	1.0	
k_2	1.0	1.0	0.8	1.0	
k_3	0.9	1.1	1.1	0.9	
极差 R	0.52	0.94	0.73	0.10	

因素主→次 浸渍时间 丝胶浓度 水浴温度 戊二醛浓度
优方案 水浴温度 60 °C, 浸渍时间 30 min, 丝胶浓度 2%, 戊二醛浓度 0.6%

将表 4 与表 3 中的涤纶制品回潮率进行对比,能够发现回潮率有明显的增加,从 0.51% 增加到 0.96% 左右,说明其吸湿性有一定程度的提升。这是因为通过改性工艺,丝胶蛋白和少量壳聚糖已经顺利接枝到涤纶制品上,而丝胶蛋白自身的侧链中含有大量亲水性基团(如多种氨基酸),壳聚糖分子也具备较好的吸湿性,导致涤纶制品上也存在一定的亲水性基团,增强了涤纶制品的吸湿性,使其回潮率提高。

3.3 丝胶蛋白接枝工艺下涤纶增重率

由表 5 可知,经丝胶蛋白接枝改性后,涤纶织物的重量都有所增加,由于 1 号和 9 号涤纶织物的增重率与其他编号织物有较大的误差,因此在计算平均增重

率时,不将1号和9号包含在内,其他涤纶织物增重率平均为0.22%,说明丝胶蛋白和壳聚糖有接枝到涤纶制品上,但是因为其增重率普遍不高,所以接枝到织物上的丝胶蛋白和壳聚糖量较少,分析原因可能是因为交联剂戊二醛浓度不够高,不能很好地让丝胶蛋白接枝到涤纶制品上,也有可能是因为碱减量处理程度不够,如碱减量温度不够高或NaOH溶液浓度不高,使得纤维表面孔隙过少,丝胶蛋白只有少量可以进入到内部与交联剂戊二醛交联接枝到涤纶制品上。

表5 丝胶蛋白接枝工艺下涤纶织物增重率

处理编号	接枝前织物重量/g	接枝后织物重量/g	增重率/%
1	4.36	4.33	0.693(去除)
2	4.29	4.28	0.234
3	4.78	4.77	0.210
4	4.73	4.72	0.212
5	4.62	4.61	0.217
6	4.3	4.29	0.233
7	4.92	4.91	0.204
8	4.37	4.36	0.229
9	4.61	4.57	0.875(去除)
平均值	/	/	0.22

3.4 最佳工艺下涤纶织物的抗静电性能

从表6可以看出,经过丝胶蛋白最佳工艺处理后的涤纶制品抗静电性有所改善,静电电压值从226 V减小到160 V,静电半衰期从15 s缩短到6 s,分析原因,一方面可能是因为涤纶制品接枝丝胶蛋白之后,涤纶制品表面存在极性基团,可以吸附空气中的水分子,所以其抗静电性提高;另一方面,可能是因为壳聚糖在酸性环境下能够吸附质子,使得其带正电可与涤纶织物表面的负电荷中和。

表6 最佳工艺处理前后涤纶织物的抗静电性

处理工艺	静电电压/V	静电半衰期/s
涤纶原样	226	15
最佳工艺处理	160	6

3.5 最佳工艺对涤纶织物透气性、拉伸断裂强力的影响

由表7能够发现,经丝胶蛋白最佳工艺改性后的涤纶制品透气性较未经过改性处理的涤纶制品透气性略有提升。说明丝胶蛋白的接枝改性,并未堵塞纤维与纤维之间、以及纱线之间的空隙,对涤纶制品的透气性不会产生大的影响,对其使用过程中的舒适性无明显影响。

从表8得出,经过丝胶蛋白最佳工艺处理后的涤纶制品,其拉伸断裂强力无非常显著的改变,说明丝胶蛋白的

接枝改性对涤纶制品的拉伸断裂强力无明显影响。

表7 最佳工艺处理前后涤纶织物的透气性

处理工艺	喷嘴号	试样压差/Pa	透气量/mm·s ⁻¹
涤纶原样	6	100	133.46
最佳工艺处理	6	100	142.68

表8 最佳工艺处理前后涤纶织物的拉伸断裂强力

处理工艺	断裂强力/N	伸长/mm
涤纶原样	456	33.3
最佳工艺处理	441	30.4

4 结论

(1)采用丝胶蛋白、戊二醛和壳聚糖对经碱减量处理后的涤纶制品进行接枝改性,通过正交试验得出最佳工艺为:丝胶浓度2%,水浴温度60℃,浸渍时间30 min,戊二醛浓度0.6%。

(2)经碱减量处理过的涤纶制品表面存在孔洞,其表面引入了少量的—COOH基团,回潮率从0.35%提高到0.51%;通过丝胶蛋白接枝改性处理,涤纶制品的回潮率提升至0.96%,说明丝胶蛋白改性可以使得织物的吸湿性有明显的改善。

(3)经丝胶蛋白接枝改性后的涤纶制品的抗静电性有一定的提高,静电电压值从226 V减小到160 V,静电半衰期从15 s缩短到6 s。

(4)涤纶制品经丝胶蛋白改性前后的透气量、拉伸断裂强力无明显变化,因此丝胶蛋白接枝改性工艺对织物的穿着和使用性能不会产生大的影响。

参考文献:

- [1] 黄敏.仿棉涤纶纤维及其针织物热湿舒适性研究[D].上海:东华大学,2013.
- [2] 申晓.涤纶纤维表面改性处理及其复合材料性能研究[D].杭州:浙江理工大学,2017.
- [3] 王建国.改性异形截面吸湿排汗涤纶长丝生产工艺探讨[J].化纤与纺织技术,2013,42(2):5.
- [4] 武昊岩,谢光银.高强涤纶纤维等离子体改性的研究[J].纺织科技进展,2020,(3):27—30,38.
- [5] 王宗舞,刘伟,陈玉行,等.碱减量对涤纶亲水性改性影响的研究[J].广东化工,2018,45(13):133—134.
- [6] 胡玮,张光先,张凤秀,等.涤纶半镶嵌接枝丝胶蛋白功能性面料的研究[J].纺织学报,2013,34(1):56—61.
- [7] 周洪荣.丝胶改性纤维的研究进展[J].化纤与纺织技术,2011,40(3):37—39.

(下转第64页)