

低压等离子体改性棉织物表面性能研究

朱虹烨, 谢光银*

(西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要:研究了原棉织物进行低温等离子体表面改性以改善其表面性能以及构成复合材料时的界面性能。通过设计对照试验,借助低压等离子体中的高能粒子轰击棉纤维表面,使棉纤维表面产生微小的凹槽,比表面积增大,引入亲水基团,进而改善棉织物的表面性能。对改性前后的棉织物进行了SEM、红外光谱与润湿性测试等性能表征,试验结果显示:经过低温等离子改性的棉纤维表面结构更加粗糙,棉织物的平整性被破坏,出现了大量含氮、含氧等亲水基团,能极大地提升棉织物的亲水性,使棉织物达到瞬吸的效果。

关键词: 低压等离子体; 棉织物改性; 表面性能

中图分类号: TS195.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-0356(2020)07-0020-03

棉纤维作为最常见的纤维,具有多种优良性能,棉织物也是应用最广泛的产品^[1],但原棉生长期在纤维表面常积累杂质,棉织物上浆处理的加工工艺使得棉纤维会残留蜡质浆料及其他杂质,这些杂质会影响棉织物的亲水性,适当地对棉织物表面进行改性,能够增强棉织物的广泛应用性。

射频辉光放电等离子体不仅会对棉织物表面起活化作用,也会对棉织物进行一定程度的刻蚀作用,而过强的刻蚀作用会削弱对织物的活化效果^[2]。等离子体处理是近几十年发展起来的一种新型纺织材料改性方法。等离子体处理可以使棉织物在不损伤材料本身的基础上获得新的性能^[3]。但等离子体处理的研究还停留在负压等离子体上,大多需要填充气体介质,存在设备成本高、技术难度大、处理面积小等缺点,在实际生产中应用难度大,要在实际生产中得到推广,还需要进行技术创新。

等离子体中高能粒子对棉织物的轰击,可以破坏棉纤维中的蜡质,使棉织物获得更广泛的应用,棉纱的上浆在传统的加工工艺中,用到的是高压法和预湿法^[4],不符合当代绿色生态的发展主题。使用等离子体处理可有效减少污染,该技术作为一种节能环保、方便无污染的处理技术为纺织领域开辟了一条新的环保加工方式,是一种很有前景的预处理技术^[5]。

1 试验部分

1.1 材料

选用织物组织为平纹且规格相近的未加工处理的原棉织物。主要规格见表1。

表1 织物规格

试样名称	原 料		线密度/tex		密 度		平方米 克 重 /g·m ⁻²
	经 纱	纬 纱	经 纱	纬 纱	经密	纬密	
纯棉织物	纯棉纱	纯棉纱	19.6	19.6	350	355	116.8

1.2 试验方法与表征

1.2.1 等离子体处理

(1)通过改变等离子体处理时间来分析等离子体处理对棉织物产生的影响。

(2)处理条件为:射频等离子体处理,射频为13.56 MHz,处理功率为80 W。

(3)处理时间分别为30、60、90、120、150 s,按照处理时间不同将棉织物分组并剪成小样,分别放进低压等离子体处理设备中进行处理。

1.2.2 纤维表面形貌表征

(1)仪器:S-4800扫描电子显微镜。

(2)测试方法:将织物按照一定尺寸裁剪,用导电胶带粘于样品台,通过扫描电子显微镜进行观测。

1.2.3 织物红外光谱表征

(1)仪器:VERTEX 70红外测试仪。

(2)测试方法:将织物样品置于样品台,测试面朝金刚石晶体,将压力轮降下,使样品固定并调节压力标杆至2.5,进行样品测试。

收稿日期:2020-04-05;修回日期:2020-04-08

作者简介:朱虹烨(1995-),女,硕士研究生在读,主要研究方向:纺织材料与纺织品设计。

* 通信作者:谢光银,教授,主要研究方向:新型纺织材料的开发及应用,E-mail:xgy164@126.com。

1.2.4 织物亲水性能测试

(1)仪器:OCA 40 接触角测量仪。

(2)测试方法:试样在测量前经无水乙醇超声清洗,得到干净的表面,分别测量涂层试样与水的接触角,取多次测量的平均值。

2 结果与讨论

2.1 纤维表面形貌

织物等离子体处理前后的扫描电子显微镜表征结果如图1、图2所示,可以看出原棉样品表面平整光滑,有天然的纵向条纹,而经过150 s 低压等离子体处理的棉纤维表面平整性被破坏,出现凹槽,表明等离子体处理对纤维表面造成了刻蚀效果,纤维表面变得更加粗糙复杂,使比表面积变大,改善了织物表面性能。

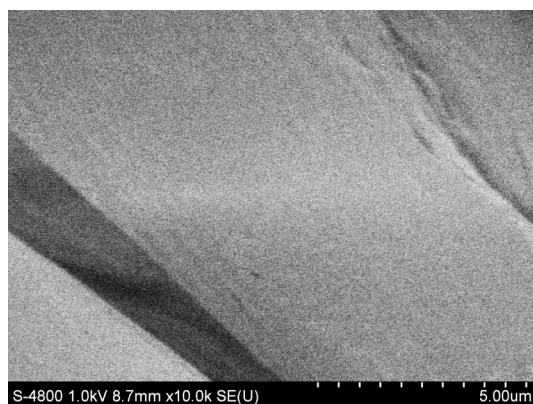


图1 原棉样品 SEM 测试结果

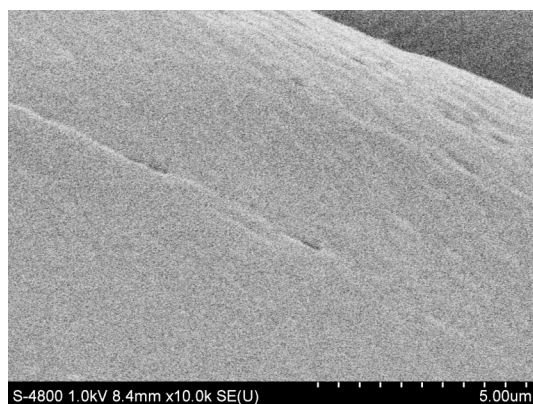


图2 等离子处理150 s后 SEM 测试结果

2.2 红外光谱

经不同时间等离子体处理织物的红外光谱图如图3所示,可以看出经过等离子体处理之后,没有出现新的显著性特征吸收峰,但各吸收峰的强度较未处理织物有所变弱。890~1 030 cm^{-1} 附近为饱和碳氢基团

中甲基、乙基等基团的面内摇摆振动峰;1 069.23 cm^{-1} 附近很明显能分辨出是羰基化合物中伯醇(C-O)的伸缩振动峰,此吸收峰强度非常大;1 319.65 cm^{-1} 和1 590.11 cm^{-1} 附近分别是羧基中C-O基团的伸缩振动峰和烷基羧酸羧基中C=O振动峰;2 921.05 cm^{-1} 处的吸收峰为亚甲基的,表明了羧甲基化的棉纱布中存在亚甲基,且与氧原子直接相连;3 200~3 400 cm^{-1} 附近为醇羟基的吸收峰。在红外的测试过程中,样品采用了酒精进行洗涤,故也可证明最后检测时的棉纤维中残留有少量的乙醇。

经过低温等离子体处理的织物表面被活化,产生了自由基,引起了吸收峰强弱的变化,并没有出现偏移或其他变化,其化学结构没有改变,但高能粒子撞击织物表面的浆料和杂质,撞击后部分浆料及杂质可能被去除,使吸收峰减弱。

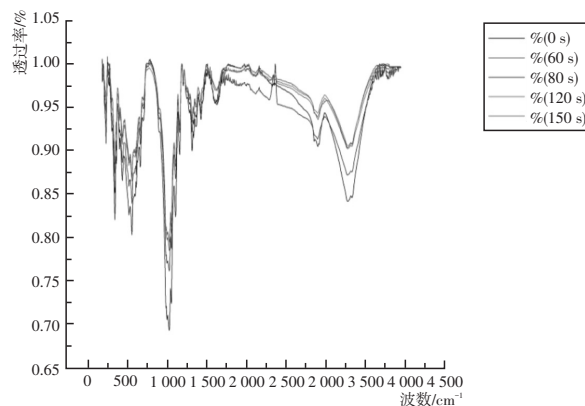


图3 低压等离子体处理红外光谱图

2.3 织物亲水性能

织物亲水性能测试结果见表2。棉织物在经过真空低温等离子体处理后,表面的亲水性能增强,且效果明显。处理时间为30 s时,棉织物吸水性不明显,随处理时间的增加,棉织物的润湿时间逐渐缩短,当处理时间为150 s时,棉织物达到瞬吸状态。在表2中,第一组、第二组、第三组为将棉织物分别进行等离子体处理60、90、120 s时所得到的试验数据,从第一组数据可以看出,等离子体对棉织物的处理不均匀,亲水效果不好,数据差别较大,上下浮动较大,但总体趋势是随着处理时间的增加,棉织物的润湿时间随之缩短,亲水效果越好;第三组几乎可以达到瞬吸的效果,但是处理不均匀。当棉织物被等离子体处理时间达到150 s时,亲水效果达到最佳,出现了瞬吸的效果。(其中等离子体处理功率为80 W,处理时间为30 s的试验材料处理效

果不好,多次在 10 min 内未被润湿,所以不在比较范围之内,150 s 时的试验材料已经达到瞬吸的效果,润湿时间不能测得,故也不在比较范围之内。)

表 2 织物润湿时间

组别	润湿时间/s		
	一组	二组	三组
第 1 次	86	14	3.4
第 2 次	278	39	6.2
第 3 次	22	11.2	2.7
第 4 次	80	7.6	1.8
第 5 次	62	22	2.8

3 结语

原棉织物经纺织材料低压等离子体处理设备处理,在处理功率为 80 w,处理时间为 150 s 时原棉织物能达到瞬吸的效果,亲水性得到极大的改善。

棉织物的亲水性与其表面活性、所含基团以及浆料杂质等因素有关,将棉纤维表面用等离子体进行处理后,棉纤维表面的平整性被破坏,表面变得更为复杂粗糙,增大了棉纤维表面的比表面积,破坏了棉纤维表面的浆料及杂质。比表面积是影响棉纤维吸附能力的一个重要因素,比表面积越大,其吸附能力和吸附效果越好,随着等离子体处理时间增长和功率增大,表面变

得更加粗糙不平,比表面积也就越大,吸附能力也就越好。经过等离子体处理后,棉纤维表面存在大量的含氮、含氧等亲水基团,氮和氧的存在非常容易和游离的水分子之间形成氢键,大量吸附水分子,棉纤维表面氢键的形成,不仅提高了纤维的吸水能力,也相应提高了其保水能力和吸水速率。

参考文献:

- [1] RAMAMOORTHY S K, SKRIFVARS M, PERSSON A. A review of natural fibers used in biocomposites: Plant, animal and regenerated cellulose fibers[J]. *Polymer Reviews*, 2015, 55(1):107-162.
- [2] 李永强. 温敏纺织品的等离子体诱导接枝制备及机制研究[D]. 杭州:浙江理工大学, 2013.
- [3] 李莹,徐宁,高明. 棉纺织品的低温等离子体抗菌改性研究进展[J]. *棉纺织技术*, 2019, 47(8):80-84.
- [4] SUN S, SUN J, YAO L, *et al.* Wettability and sizing property improvement of raw cotton yarns treated with He/O₂ atmospheric pressure plasma jet[J]. *Applied Surface Science*, 2011, 257(6):2 377-2 382.
- [5] 冯仑仑,王雪燕,庄小雄,等. 棉织物等离子体预处理后的前处理工艺研究[J]. *染整技术*, 2010, 32(4):17-19, 34.

Surface Modification of Cotton Fabrics by Low Pressure Plasma

ZHU Hong-ye, XIE Guang-yin*

(School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Low-temperature plasma surface modification of raw cotton fabrics was studied to improve their surface properties and interface properties when forming composite materials. Controlled experiment was designed. By bombarding the surface of cotton fibers with high-energy particles in low-pressure plasma, tiny grooves on the surface of cotton fibers were formed, the specific surface area was increased, hydrophilic groups were introduced, and ultimately the surface performance of the cotton fabric was improved. The properties of cotton fibers before and after modification were characterized by SEM, infrared spectroscopy and wet ability test. The results showed that the surface structure of cotton fiber modified by low-temperature plasma became rougher, the flatness of cotton fabric was destroyed, a large number of hydrophilic groups such as nitrogen and oxygen appeared, which greatly improved the hydrophilicity of cotton fabric and made cotton fabric achieve the effect of instant absorption.

Key words: low-pressure plasma technology; cotton fabric modification; surface property

欢迎订阅《纺织科技进展》杂志!

邮发代号:62-284
海外发行代号:DK51021