

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.11.004

常压等离子体处理对棉织物毛细效应的影响

陈彩云

(广东理工学院 艺术系, 广东 肇庆 526100)

摘要:为进一步优化棉织物的毛细效应,将常压等离子体处理技术应用于棉织物的表面处理。以棉织物的芯吸高度为指标,探讨等离子体处理时间、电流强度和放电距离对棉织物毛细效应的影响,并利用二次通用旋转组合设计,得出最优工艺参数。试验结果表明:随着处理时间、电流强度的增大或放电距离的减小,精炼棉织物的芯吸高度上升,但当参数变化到一定程度时,棉织物的芯吸高度反而有所下降;当处理时间 20.2 min、电流强度 1.84 A、放电距离 11.2 mm 时,棉织物的等离子表面处理效果最优。

关键词:常压;等离子体处理;棉织物;二次通用旋转;毛细效应;芯吸高度

中图分类号:TS117;TS101.923.3

文献标识码:B

文章编号:1001-2044(2018)11-0010-03

Effects of atmospheric plasma treatment on capillary effect of cotton fabric

CHEN Caiyun

(Art Department, Guangdong Polytechnic College, Zhaoqing 526100, China)

Abstract: In order to optimize the capillary effect of cotton fabric, atmospheric plasma treatment technology is applied to the surface treatment of scoured cotton fabric. Based on the wicking height of cotton fabric, the effect of the plasma treatment time, current intensity and discharge distance on the scoured effect of cotton fabric is investigated by using the second-order regression general rotation design. The test results show that with the increase of processing time, current intensity, and the decrease of discharge distance, the capillary height of the treated cotton fabric increase, but the capillary height of the cotton fabric decreases when the parameters changed to a certain extent. Under conditions of the processing time of 20.2 min, the current strength of 1.84 A, and the discharge distance of 11.2 mm, the plasma surface treatment effect of cotton fabric is the best.

Key words: normal pressure; plasma treatment; cotton fabric; second-order regression general rotation; capillary effect; wicking height

近年来,环保问题越来越受到人们的重视。染整行业是我国纺织行业的重要板块,但其用水和工业废水排放量较大^[1]。为了寻找更加环保、清洁的印染技术,科研人员针对同等材料如何减少用水量,开发出许多新工艺、新技术。其中,等离子体技术引起了人们的极大关注,并迅速成为印染行业的研究热点^[2]。

由于棉纤维结构的特殊性、易染色性和舒适性,其在服装面料中应用较广。如何利用等离子体技术进一步提高棉织物的亲水性使其染色性能得到进一步发挥,从而实现节约用水是一项非常必要的研究。常压等离子体处理技术清洁、环保,可用于各种纤维、纱线、织物的表面改性,对纤维基体内部影响小,不损伤纤维的原有性能^[3]。经查阅文献可知,用常压等离子体对棉制品进行改性的研究已有一些报道,但主要集中在对棉纤维和坯布的改性,而对练漂后棉织物的改性研究不多^[4-6]。

为此,本文尝试采用常压等离子体处理技术对精练后的棉织物进行改性,测试处理后棉织物的芯吸高

度,并通过二次通用旋转组合设计和单因素分析方法进行研究,以期对棉织物的后整理提供试验依据,寻求一种快速、简便、低成本、环境友好和节能的方法来改善棉织物的润湿性。

1 试验部分

1.1 织物、试剂和仪器

织物:纯棉平纹白坯布。

试剂:氢氧化钠、重铬酸钾均为分析纯(广东盛方化工有限公司),精炼剂 86H(亿思达纺织化学),渗透剂 CR,去离子水。

仪器:YC-081A 型等离子表面处理机(深圳市研创精密设备有限公司),辅助等离子体处理装置(实验室自制),YG871 型毛细管效应测定仪(温州方圆仪器有限公司),101A-2 型电热鼓风烘箱(上海实验仪器厂有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 棉织物精炼处理

棉坯布煮练配方:氢氧化钠 46 g/L、精炼剂 8 g/L、渗透剂 2 g/L、浴比 1:30,在 100℃ 下煮练 1 h,再经过热水洗和冷水洗,然后烘干备用。

1.2.2 精炼棉织物的等离子处理

收稿日期:2017-12-04

作者简介:陈彩云(1984—),女,广东韶关人,硕士,主要从事功能服装面料的研究。

将精练棉坯布裁剪为尺寸3 cm×14 cm的条带,并将其缠绕在自制的辅助装置上;调整辅助装置与等离子体处理机喷头间的距离;启动等离子体处理机,并设定电流强度和收集装置的转速,对棉织物进行等离子处理。等离子处理装置见图1。

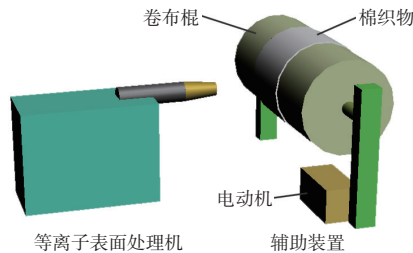


图1 等离子处理装置

1.3 棉织物芯吸高度的测定

根据 FZ/T 01071—2008《纺织品 毛细效应试验方法》,将精练棉布裁剪为 30 mm×250 mm 的试样。采用 YG871 型毛细管效应测定仪,以重铬酸钾溶液作为测试液,将试样固定在仪器上,并在试样下端装上适当质量的张力夹,使试样保持垂直;调整试样位置,使试样靠近并平行于标尺,下端位于标尺零位以下 15 mm 处;降低横梁使液面处于标尺的零位,开始计时,15 min 后,测量棉织物的芯吸高度。

2 二次通用旋转组合设计及结果

在前期的探索试验过程中,基本确定了因素及范围后,本文以处理时间 X_1 、电流强度 X_2 和放电距离 X_3 为试验因子,以芯吸高度 Y 为试验指标,采用三因子二次通用旋转组合设计试验^[7],探讨了最优的工艺参数。其中,试验因素水平编码见表1,试验方案及结果见表2。

利用 DPS 软件进行数据处理,建立回归方程见式(1):

$$Y = 11.32743 + 0.35656X_1 + 0.28134X_2 - 0.36252X_3 - 0.20390X_1^2 - 0.11551X_2^2 - 0.37538X_3^2 - 0.05625X_1X_2 - 0.09375X_1X_3 + 0.00625X_2X_3 \quad (1)$$

在 $\alpha=0.10$ 显著水平下剔除不显著项,简化后的回归方程见式(2):

$$Y = 11.32743 + 0.35656X_1 + 0.28134X_2 - 0.36252X_3 - 0.20390X_1^2 - 0.37538X_3^2 \quad (2)$$

各因素对指标的影响大小依次为 $X_3 > X_1 > X_2$,即放电距离>处理时间>电流强度,各因素间的交互作用均不显著。

通过求回归方程的极大值点,可以得到最优工艺参数的编码组合,再经回代后得到最佳工艺参数组合为处理时间 20.2 min,电流强度 1.84 A,放电距离 11.2 mm,此时的芯吸高度为 11.7 mm。

表1 试验因素水平编码表

编码	X_1/min	X_2/A	X_3/mm
+1.682	25	2.00	18
+1	21	1.84	16
0	15	1.60	13
-1	9	1.36	10
-1.682	5	1.20	8

表2 二次通用旋转组合设计方案和试验结果

项目	c_1	c_2	c_3	X_1/min	X_2/A	X_3/mm	Y/mm
1	1	1	1	21	1.84	16	10.57
2	1	1	-1	21	1.84	10	11.90
3	1	-1	1	21	1.36	16	10.27
4	1	-1	-1	21	1.36	10	11.37
5	-1	1	1	9	1.84	16	10.23
6	-1	1	-1	9	1.84	10	10.93
7	-1	-1	1	9	1.36	16	9.45
8	-1	-1	-1	9	1.36	10	10.43
9	-1.682	0	0	5	1.60	13.0	10.20
10	1.682	0	0	25	1.60	13.0	11.27
11	0	-1.682	0	15	1.20	13.0	10.47
12	0	1.682	0	15	2.00	13.0	11.50
13	0	0	-1.682	15	1.60	8	10.50
14	0	0	1.682	15	1.60	18	10.00
15	0	0	0	15	1.60	13.0	11.53
16	0	0	0	15	1.60	13.0	11.17
17	0	0	0	15	1.60	13.0	11.07
18	0	0	0	15	1.60	13.0	11.40
19	0	0	0	15	1.60	13.0	11.47
20	0	0	0	15	1.60	13.0	11.33

3 验证试验

3.1 处理时间对棉织物毛细效应的影响

试验过程中发现,处理时间对棉织物毛细效应的影响比较显著。为此,在保证电流强度为 1.84 A、放电距离为 11.2 mm 的情况下,考察了处理时间在 5、10、15、20、25 min 时,棉织物芯吸高度的变化情况,见图2。可知,在等离子体处理电流强度和放电距离一定的条件下,随着等离子体处理时间的延长,棉织物的芯吸高度不断上升;但当处理时间超过 20 min 后,芯吸高度又出现下降的情况。这是因为,随着处理时间的延长,对棉织物表面的刻蚀作用也会加强,棉织物表面会出现较大面积的凹痕,导致纤维的比表面积增大。由于

处理时间的增加,使棉织物结构越来越松散,分子间空隙增多,织物结晶度和取向度都会有所下降,这些都使得织物的吸湿性能加强。但当处理时间继续延长时,毛细效应反而会降低,这是因为等离子体对棉织物的刻蚀作用继续加强时,产生的自由基容易达到饱和状态,同时由于空气中氧气的存在,长时间处理会使织物的长分子链发生氧化,不但纤维表面形成较多的氧化纤维素,降低其吸湿亲和力,而且还会引起棉纤维无定形区刻蚀,使纤维发生交联,导致结晶度增加^[8]。

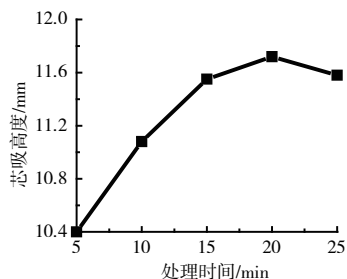


图2 处理时间对棉织物芯吸高度的影响

3.2 电流强度对棉织物毛细效应的影响

当处理时间为 20.2 min,放电距离为 11.2 mm 时,考察电流强度在 1.2、1.4、1.6、1.8、2.0 A 时,芯吸高度的变化情况,见图 3。

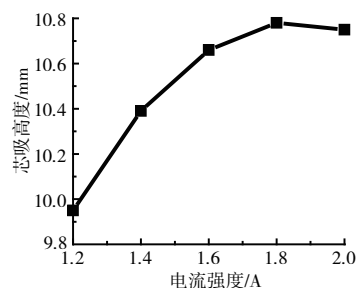


图3 电流强度对棉织物芯吸高度的影响

由图 3 可知,在等离子体处理时间和放电距离一定的条件下,随着等离子体处理的电流强度的增加,棉织物的芯吸高度上升,毛细效应显著增强;但当电流达到一定强度即 1.8 A 后,其值又有所下降。这可能是由于处理时电流强度的增加相当于粒子能量的增加,电子轰击试样的能量增加,使试样产生越来越多的刻痕,这些刻痕有利于提高棉织物的润湿性;当电流强度过高,即能量过大时,粒子轰击对纤维的结构产生了一定的破坏,引起无定形区刻蚀,纤维发生交联,导致结晶度增加,毛细效应降低。此外,电流强度过大时容易使棉织物黄变和焦化^[9]。

3.3 放电距离对棉织物毛细效应的影响

当处理时间为 20.2 min、电流强度为 1.84 A 时,放

电距离对芯吸高度的影响,见图 4。

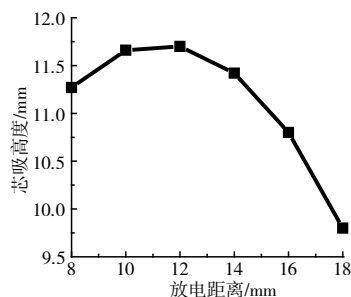


图4 放电距离对棉织物芯吸高度的影响

由图 4 可知,在等离子体处理时间和电流强度一定的条件下,随着放电距离的减小,棉织物的芯吸高度上升,毛细效应增强。但当其放电距离达到 11 mm 后,其芯吸高度有所下降。这是因为放电距离越小,等离子体能量越大,其表面刻蚀增强,导致润湿性增加。但当距离减小到一定值后,由于喷头喷射在织物上的火焰范围小到不能覆盖住试样的全宽度,进而导致试样的平均芯吸高度反而变小。

4 结语

为了深入探讨精炼处理后棉织物的毛细效应,本文使用常压等离子体处理方法对棉织物进行处理,并通过二次通用旋转组合设计试验,对处理时间、电流强度和放电距离进行优化,再对各因素进行单因素分析,得出了以下结论:

(1) 等离子体处理对棉织物毛细效应的影响因素依次为放电距离>处理时间>电流强度。

(2) 等离子体处理的最佳处理条件为:处理时间 20.2 min,电流强度 1.84 A,放电距离 11.2 mm。

(3) 一般情况下,随着等离子体处理时间、电流强度增大或放电距离的减小,所处理棉织物的芯吸高度上升。但当这些参数变化到一定程度时,棉织物的芯吸高度反而有所下降。



参考文献:

- [1] 刘晓剑,常丽春,林秀军,等.纺织染整行业中 AOX 污染现状及来源分析[J].纺织导报,2012(6):127-129.
- [2] 黄良仙,王前进,顾玲,等.纤维材料生态整理新技术——等离子体技术及其应用新进展[J].日用化学品科学,2008(2):16-20.
- [3] 陈镇,彭平,陆雪飞,等.低温等离子体技术在棉织物染整加工中的应用进展[J].湖南工程学院学报(自然科学版),2012,22(2):65-68.
- [4] 夏彦水,杨建忠,卫建峰.低温等离子体对纺织品的表面改性研究[J].广西纺织科技,2005(2):24-26.

☞(下转第 23 页)

95%以上时,通过增加层数来增大过滤效率的难度较大。

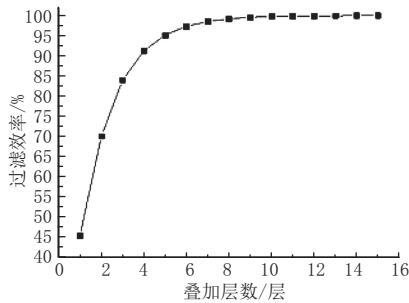


图9 多层叠加与过滤效率的关系

叠加层数与过滤阻力的关系见图10。

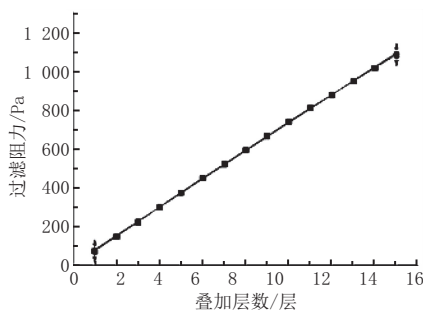


图10 多层叠加与过滤阻力的关系

从图10可以看出,随着滤料叠加层数的增加,过滤阻力呈现线性增长趋势,其拟合方程为 $y = 13.48571 + 72.18929x$,校正相关系数平方 R^2 为 0.9997,说明拟合方程的拟合度高,可以通过该拟合方程计算任意叠加层数时滤料的过滤阻力。实际应用中,通过测量1、2层滤料的过滤阻力,可以由拟合方程计算多层滤料的叠加过滤阻力。从图9和图10可以看出,随着层数增加,阻力的增长是线性的。而过滤效率则在不同叠加层数范围呈现不同增速,最佳叠加层数需要综合考虑过滤阻力和过滤效率的变化趋势。

3 结语

(1)纤维滤料在不同过滤风速时得到的过滤效率差异很大,当风速为 10 L/min 时,过滤效率为 58.9%;而当风速为 50 L/min 时,过滤效率只有 48.6%,过滤效率相差 10.3%。在不同过滤风速范围内,过滤效率的变化速率不同。随着过滤风速的增加,过滤阻力呈

现线性增长趋势,其拟合方程为 $y = 2.61333 + 1.0083x$,校正相关系数平方 R^2 为 0.99885,方程拟合度高,可以通过该拟合方程计算任意过滤风速下纤维滤料的过滤阻力。在满足实际应用要求的情况下,可以通过降低过滤风速或增大过滤面积来改善过滤效率,从而达到高效低阻利用滤料的目的。

(2)对于试验用纤维滤料,对粒度为 0.2 μm 的氯化钠固态气溶胶的过滤效率是最低的。对于同一纤维滤料,在不同过滤风速下(32 L/min 和 50 L/min),其最易穿透粒径保持一致,均为 0.2 μm 。在气溶胶粒度为 0.2 μm ,过滤风速分别为 32 L/min 和 50 L/min 时,过滤效率结果相差 5.26685%,气溶胶粒度越接近最易穿透粒径,过滤风速对过滤效率的影响越大。当气溶胶粒度分别为 0.05 μm 和 0.8 μm 时,过滤效率相差分别为 0.10407%和 0.69281%,气溶胶粒度越远离最易穿透粒径,过滤风速对过滤效率的影响越小。

(3)随着容尘时间增加,过滤效率和阻力恰好呈现相反的增长趋势。在开始阶段,过滤效率增速很快,阻力增速很慢;在后阶段则呈现相反情况,过滤效率增速很慢,阻力增速很快。容尘试验后纤维表面黏附有很多“雪花晶体”,这是氯化钠气溶胶晶体在纤维表面不断沉积后形成的形态。这些气溶胶在纤维表面的沉积使得纤维滤料孔径不断变小,导致滤料过滤效率和阻力在容尘过程中不断变化。

(4)在中低过滤效率阶段,通过增加层数,能够明显提升过滤效率;而当过滤效率达到 95%以上时,通过增加层数来提高过滤效率则难度较大。随着滤料叠加层数增加,过滤效率呈现不同增长趋势,过滤阻力呈线性增长趋势,其拟合方程为 $y = 13.48571 + 72.18929x$,校正相关系数平方 R^2 为 0.9997,方程拟合度高,可以通过该方程计算任意层数时滤料的过滤阻力。

参考文献:

[1] 姜坪,刘梅红.空气过滤材料的发展与应用[J].现代纺织技术,2002,10(4):52-55.
[2] 杨朝坤,赵谦,蒋云,等.纤维过滤材料技术与应用[J].棉纺织技术,2009,37(9):1-4.
[3] 姜坪,刘梅红.空气过滤材料的发展与应用[J].现代纺织技术,2002,10(4):52-55.
[4] 王成群,王琛,贺云云.低温等离子体技术及其对纤维表面改性的研究[J].印染助剂,2007,24(9):7-10.
[5] 赵中华,沈安京,黄广友.次辉光放电等离子体在棉织物前处理中的应用[J].印染,2008(1):2-4.

(上接第12页)

[5] 张燕,李志红,任煜,等.低温等离子体处理对精练后棉织物性能的影响[J].纺织科技进展,2007(4):11-12.
[6] 刘陶,张晓丽,许云辉,等.氧气低温等离子体处理棉织物的性能研究[J].上海纺织科技,2012,40(6):28-31.
[7] 辛涛.回归分析与实验设计[M].北京:北京师范大学出版社,2010.