

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017120201004

常压等离子体处理对毛织物湿润性能的影响

朱卫华

(东莞职业技术学院 艺术设计系,广东 东莞 523808)

摘要:采用过氧化氢与常压等离子体2种方法对羊毛织物进行处理,对改性前后羊毛织物的亲水时间和芯吸高度进行研究,分析了输出功率、气体流速、处理时间及气隙间距对毛织物表面润湿性能的影响。实验结果表明:对毛织物进行常压等离子体处理,可以增强毛织物的亲水性能和芯吸高度,能够明显提升毛织物的润湿性能。毛织物常压等离子体处理对毛织物润湿性能影响的最优工艺条件:输出功率为55~80 W、气体流速为1.5~2.5 L/min、处理时间为60~80 s及气隙间距为1~2 mm。

关键词:羊毛织物;常压等离子体;润湿性能;亲水性能;芯吸高度

中图分类号:TS 941

文献标志码:A

Effect of normal pressure plasma treatment on wetting performance of wool fabric

ZHU Weihua

(Department of Arts, Dongguan Polytechnic, Dongguan, Guangdong 523808, China)

Abstract: Hydrogen peroxide and the normal pressure plasma were used to process the wool fabric, and the hydrophilic time and core suction height of the modified woollen fabric were studied, the output power, gas flow rate, processing time and air gap distance on surface wettability of the wool fabric were analyzed. Experimental results showed that the normal pressure plasma treatment can enhance the hydrophilic energy and the core suction height of the wool fabric, which can obviously improve the wettability of the wool fabric. The optimum technological conditions: the output power is 55~80 w, the gas velocity is 1.5~2.5 L/min, the processing time is 60~80 s and the air gap spacing is 1~2 mm.

Keywords: wool fabrics; the normal pressure plasma; wetting performance; hydrophilic performance; core suction height

羊毛纤维属于蛋白质纤维,在高档服装中应用广泛,其织物拥有优异的弹性、光泽、吸湿、保暖、抗皱及耐磨等性能,表面结构和理化性能与毛织物的数码印花性能有密切关系^[1-2]。毛纤维表面的鳞片皮层富含共价键合类脂物质,使得纤维呈现疏水特点,从而导致印花色浆很难润湿均匀。羊毛纤维的鳞片次外层含有胱氨酸,其二硫键在大分子间共价交联,使得染料助剂很难扩散渗透^[3]。羊毛纤维鳞

片层使毛织物具有一些优良性能,但也阻碍了印染染料向纤维内部扩散及吸收能力。当羊毛纤维鳞片层被侵蚀、剥落及移除,它便会拥有良好的润湿性能^[4]。羊毛纤维的表面改性是改善毛织物品质的关键步骤。目前,对毛纤维表面鳞片层的改性技术主要有过氧化氢法及等离子体法,二者都能提高羊毛纤维的润湿性能^[4-5]。

常压等离子体处理技术操作简单容易控制,处理纤维材料仅影响10 nm左右的表面深度,不会破坏纤维自身优良性质,而且纤维表面处理的比较均匀,具有低污染、低耗能、低用水、易控制及操作简单的优点,广泛应用于纺织绿色生产和羊毛纤维的表面改性^[6-10]。本文首先用常压等离子体改性技术对羊毛纤维进行表面处理,分析了其不同处理条件

收稿日期:2017-12-21

基金项目:东莞市社会发展项目(2017507156401);东莞职业技术学院科研基金资助(2017a09)。

作者简介:朱卫华,副教授,硕士,主要研究方向为服装工程与服装艺术。E-mail:113565781@qq.com。

下对毛织物湿润性能的影响,以期得到常压等离子体改性技术的最优工艺。然后分别用过氧化氢与常压等离子体2种方法对羊毛织物进行处理,对改性前后羊毛织物的亲水时间和芯吸高度进行研究,分析得出表面改性技术对羊毛织物润湿性能的影响。

1 实验部分

1.1 实验材料

织物:100%羊毛织物,面密度 220 g/m^2 。

化学品: H_2O_2 (过氧化氢), Na_2CO_3 (碳酸钠), Na_2SO_3 (硫酸钠)。

1.2 实验仪器

常压等离子体处理设备(中科院与中纺院研制),VAGE-3-SBH扫描电子显微镜(捷克TESCAN公司),DigiEye数慧眼图像颜色处理系统(英国VeriVide公司),视频光学接触角测量仪(德国KRUSS公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 毛织物常压等离子体处理工艺

本文实验重点研究等离子体的输出功率、气体流速、处理时间及气隙间距等4个方面对毛织物表面润湿性能的影响。采取单因素实验方法,分别设定输出功率为45、50、55、60、65、70、75、80 W,气体流速为0.1、0.3、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 L/min,处理时间为10、20、40、60、80、100、120、140 min,气隙间距为1、2、3、4、5、6、7 mm,实验处理后进行测试,得出毛织物常压等离子体处理的最优工艺。

1.3.2 毛织物过氧化氢处理工艺

毛织物的过氧化氢处理工艺主要由恒温水浴来实现,其中织物与水溶液质量比为1:25,水的温度为 $60\text{ }^\circ\text{C}$,过氧化氢的质量分数在11%~13%之间,碳酸钠质量分数为0.2%,硫酸钠的质量分数为0.7%,处理时间为1h,用玻璃棒不时搅拌,使毛织物完全浸入水溶液中。

1.4 测试方法

1.4.1 毛织物湿润性能测试方法

应用视频光学接触角测量仪(德国KRUSS公司)对常压等离子体处理后的毛织物进行湿润性能测试,用润湿时间的长短来表征湿润性能的好坏,润湿时间越短则湿润性能越好。

1.4.2 毛织物亲水时间测试方法

将改性前后的毛织物布样平放于桌上,用5 mL的注射器在布样上方2 cm处滴下一滴0.7 mL液滴,用秒表记录布样与液滴从接触至湿润点完全无镜面反射之间的时间,每份布料随机取5个地方进

行测试,取其平均值作为测试最终结果。

1.4.3 毛织物芯吸高度测试方法

将改性前后的毛织物布样裁剪成长30 cm,宽3 cm的长方形,将3组这样的布样垂直放置于装有去离子水的水杯上方,将布料下方慢慢放入水杯内,每2 min记录一次芯吸高度。

2 结果与讨论

2.1 输出功率对毛织物润湿性能的影响

按照1.3.1常压等离子体对毛织物进行处理,其中气体流速选择为1.5 L/min、处理时间选择为80 s及气隙间距选择为2 mm,而输出功率分别设定为45、50、55、60、65、70、75、80 W进行处理并测定毛织物的润湿时间。常压等离子体输出功率大小对毛织物润湿性能影响见表1。可以看出,随着常压等离子体输出功率的增加,毛织物表面的润湿时间逐渐变短,其中输出功率为45 W时毛织物的润湿时间最长达到760 ms;当输出功率为55 W时,毛织物的润湿时间下降至251 ms;输出功率为75 W时,毛织物的润湿时间下降至200 ms以下为188 ms。此种情况的出现,表明当常压等离子体输出功率较低时,体系中高能粒子数目很少且活性较低,对羊毛纤维表面鳞片层的侵蚀主要作用在类脂层上,所以对毛织物的改性效果比较差。当输出功率达到55 W及以上时,毛织物表面润湿时间明显降低,润湿性能得到显著提升。说明随着输出功率增加,常压等离子体内活性粒子的数量及质量都有提高,刻蚀毛纤维表面的能力大大加强,使毛织物表面更易形成亲水性含氧基团,故织物润湿时间变短,润湿性能得以提高。所以,结合表1输出功率对毛织物润湿性能的影响,可以得出常压等离子体的输出功率确定为55~80 W之间比较合适。

表1 输出功率对毛织物润湿性能的影响

输出功率/W	润湿时间/ms
45	763
50	535
55	251
60	224
65	211
70	203
75	188
80	172

2.2 气体流速对毛织物润湿性能的影响

气体流速的大小决定着常压等离子体放电空间内的能量高低,较大的气体流速能够产生辉光放电

并会直接影响等离子体的处理效果。保持输出功率为55 W、处理时间为80 s及气隙间距为2 mm,通过改变气体流速的大小,研究气体流速对毛织物润湿性能的影响,常压等离子体气体流速大小对毛织物润湿性能的影响如表2所示。

表2 气体流速对毛织物润湿性能的影响

气体流速/(L·min ⁻¹)	润湿时间/ms
0.1	722
0.3	509
0.5	338
1.0	245
1.5	198
2.0	189
2.5	168
3.0	150

由表2可知,当气体流速为0.1 L/min时,毛织物表面的润湿时间为722 ms,随着流速增加,润湿时间显著下降,当气体流速为1.5 L/min时,毛织物表面的润湿时间为198 ms,当气体流速继续上升时润湿时间有所下降但下降不明显。据上可知,气体流速的大小最优范围为1.5~2.5 L/min之间。

2.3 处理时间对毛织物润湿性能的影响

处理时间对毛织物改性影响较大,合适的处理时间可以有效的对毛织物进行改性,同时也可以防止过度损伤毛纤维。处理中保持输出功率为55 W、气体流速为1.5 L/min及气隙间距为2 mm等不变,通过改变处理时间,研究处理时间变化对毛织物润湿性能的影响。处理时间对毛织物润湿性能的影响如表3所示。

表3 处理时间对毛织物润湿性能的影响

处理时间/s	润湿时间/ms
10	1 300
20	950
40	350
60	210
80	200
100	190
120	180
140	170

由表3可知,当处理时间增加时,毛织物润湿时间呈下降趋势,当处理时间40 s开始润湿时间有明显下降,特别是处理时间为60 s时,润湿时间下降到只有210 ms,之后随着处理时间的增加润湿时间下降速度开始变得缓慢。这是由于常压等离子体

里的高能粒子对毛纤维表面的作用是由表及里的过程,当处理时间较短时,高能粒子对毛纤维表面的有效碰撞较少,对鳞片层的侵蚀、剥离作用比较弱^[11],润湿效果较差。随着作用时间变长,有效碰撞增加,高能粒子能够扩散到织物内部,使胱氨酸的二硫键氧化降解,从而导致毛织物润湿时间变短,润湿性能增强。综上所述,处理时间最优应为60~80 s之间。

2.4 气隙间距对毛织物润湿性能的影响

选择合适的气隙间距很重要,过大的气隙间距会使改性效果较差,过小的气隙间距可能导致放电过程中断。处理中保持输出功率为55 W、处理时间为80 s及气体流速为1.5 L/min不变,通过改变气隙间距的大小,研究气隙间距变化对毛织物润湿性能的影响。气隙间距对毛织物表面润湿性能的影响如表4所示。

表4 气隙间距对毛织物润湿性能的影响

气隙间距/mm	润湿时间/ms
1	105
2	211
3	540
4	788
5	986
6	1 510
7	1 715

由表4得知,当气隙间距为1 mm时,毛织物润湿时间只有105 ms,当气隙间距增加时润湿时间迅速加大,且增加幅度越来越大。这是因为气隙间距增大会导致电流变弱,产生高能粒子的数量变少,最终使发生作用的活性粒子的数量及能量均显不足,润湿时间变长,润湿效果变差^[12]。由此可知,气隙间距保持在1~2 mm之间比较合适。

3 改性处理前后毛织物润湿性能测试

未经处理的毛织物A、过氧化氢处理的毛织物B、常压等离子体处理的毛织物C,3组布样分别进行亲水性能测试及芯吸高度测试。

毛织物在亲水性能测试中,布样A在水滴滴上后,水滴形貌基本没有发生变化,只是形状因为重力作用由圆形变为椭圆形,最终亲水时间达到1 800 s,布样B、C的水滴在滴上后则瞬间铺开,亲水时间均小于1 s,特别是经过常压等离子体处理后毛织物的亲水时间在0.3 s以下,表明改性后毛织物的亲水性能大大增强,这不仅是由于毛纤维表面形貌的改变,而且是因为对鳞片层的破坏作用和亲

水基团的引入^[13]。

表7是改性前后毛织物芯吸高度测试对比,可以看出,布样A在30 min的测试时间内芯吸高度几乎无变化,布样B的芯吸高度随着时间增加不断提升,布样C的芯吸高度则是随着时间增加得到显著提升。芯吸高度反映的是织物吸水后传输水分的能力,在毛细作用下水分可以在纤维里外进行传输。由实验结果可得知,过氧化氢及常压等离子体改性后的毛织物比未处理的毛织物传输水分的能力明显提高。

表7 等离子体处理前后毛织物亲水性能的测试对比

测试时间/s	芯吸高度/mm		
	布样 A	布样 B	布样 C
2	0.0	46	56
6	0.0	60	72
10	0.0	70	83
14	1.0	76	88
18	1.0	93	104
22	1.0	103	115
26	1.5	110	121
30	2.0	118	132

从亲水时间和芯吸高度的实验结果可以得到,表面改性后毛织物的润湿性能明显提升,在本文实验中,经过常压等离子体处理后毛织物的润湿性能最好。

4 结论

①对毛织物进行常压等离子体处理,可以增强毛织物的亲水性能和芯吸高度,能够明显提升毛织物的润湿性能。

②在常压等离子体处理过程中,通过改变输出功率、气体流速、处理时间及气隙间距等主要因素,可以不同程度的影响到毛织物的润湿性能。毛织物常压等离子体处理对毛织物润湿性能影响的最优工艺条件:输出功率为55~80 W、气体流速为1.5~2.5 L/min、处理时间为60~80 s及气隙间距为1~2 mm。

参考文献:

- [1] 李阳,沈兰萍.羊毛改性技术综述[J].现代纺织技术,2008(6):65-67.
- [2] 李红涛,李永强,许海军,等.常压等离子体处理羊毛织物的数码印花[J].印染,2013(13):1-5.
- [3] 原作者不详.羊毛在运动纺织品中的应用[J].李芮,译,陈颖,校.印染,2011,37(22):49-51.
- [4] 赵媛.表面改性对羊毛织物热湿性能的影响[D].武汉:武汉纺织大学,2015.
- [5] 池海涛,李宏伟,陈英,等.氩低温等离子体与酶结合提高毛织物尺寸稳定性[J].毛纺科技,2008,36(5):1-4.
- [6] 贾丽霞,陈星雨,刘瑞,等.水分对常压射流等离子体处理羊毛结构的影响[J].毛纺科技,2015,43(8):5-9.
- [7] 徐畅,肖杏芳,等.常压等离子体对羊毛织物抗电性能的影响[J].毛纺科技,2014,42(3):34-36.
- [8] 邓炳耀,高卫东,费燕娜.常压等离子体处理对羊毛纤维表面性能的影响[J].毛纺科技,2009,37(12):17-19.
- [9] VICTOR Rodriguez-Santiago, LIONEL Vargas-Gonzalez, ANDRES ABujanda, et al. Modification of silicon carbide surfaces by atmospheric pressure plasma for composite applications [J]. ACS Applied Mater Interfaces 2013(5):4725-473.
- [10] WU Yan, LIANG Yongdong, WEI Kai, et al. Rapid allergeninactivation using atmospheric pressure cold plasma [J]. Environmental Science & Technology, 2014, 48: 2901-2909.
- [11] Kan C W, Yuen C W M, Tsoi W Y. Using atmospheric pressure plasma for enhancing the deposition of printing paste on cotton fabric for digital ink-jet printing [J]. Cellulose, 2011(18):827-839.
- [12] WNAG Chunxia, QIU Yiping. Two sided modification of wool fabrics by atmospheric pressure plasma jet: Influence of processing parameters on plasma penetration [J]. Surface & Coatings Technology, 2007, 201: 6272-6277.
- [13] 赵媛.表面改性对羊毛织物热湿性能的影响[D].武汉:武汉纺织大学,2015.