

少量氩气对等离子体处理涤纶喷墨印花的影响^{*}

张春明¹, 房宽峻¹, 沈安京², 张永焯²

(1. 江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江南大学纺织服装学院, 江苏 无锡 214122; 2. 上海市纺织科学研究院, 上海 200082)

摘要: 采用空气混合少量氩气常压等离子体对涤纶织物进行表面改性处理, 再用浅蓝色纳米颜料墨水进行喷墨印花。探讨了等离子体处理对涤纶织物喷墨印花的 K/S 值、防渗效果、纤维表面形貌的影响, 并对不同的氩气混合比例和处理层数做了比较。结果表明: 经空气氩气混合气体等离子体处理的喷墨印花用涤纶织物, 其亲水性和防渗性显著提高, 喷墨印花图案清晰, 得色量提高, 印花色牢度没有降低; 最佳氩气混合比例为 20%, 最佳处理条件为: 功率 300 W, 时间 150 s, 极板间距 3 mm。

关键词: 涤纶织物; 等离子体; 氩气; 喷墨印花

中图分类号: TS194.434 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0564(2008)04-0001-06

织物在用于喷墨印花之前需经过预处理以提高印花质量。与传统的对织物进行上浆或采用阳离子试剂改性相比, 采用等离子体对纺织品进行表面改性具有适用范围广泛, 不影响纤维和织物的整体性能, 化学品消耗量低及可靠性和安全性高等优点。

现阶段可应用于纺织工业的等离子体技术主要有电晕放电和介质阻挡放电。介质阻挡放电在一定的条件下, 可以产生大气压下辉光放电或次辉光放电, 其中辉光放电又可分为低压辉光放电和常压辉光放电。电晕放电的放电范围小、放电能量低且不均匀; 介质阻挡放电由于放电不稳定, 控制不当易转变成弧光放电, 这些劣势限制了它们的工业化应用。低压辉光放电虽然克服了上述两者的缺点, 但处理装置过于昂贵。因此, 最适用于纺织品处理的是大气压下的辉光放电。目前, 虽有报道采用大气压辉光放电技术处理纺织材料, 但大多是低压辉光放电, 不能进行连续化操作。相比之下, 大气压次辉光放电不但具有辉光放电均匀性较好、所需能量密度较小, 以及可在每半个周期内多次均匀放电、产生更多活性粒子、持续时间更长等优点, 而且因操作条件没有辉光放电苛刻, 可在大气压下进行^[1-2]。此外, 目前国内外采用多气氛等离子体对织物进行表面改性的研究主要集中在织物脱色^[3]、纤维老化现象研究^[4]、化学镀层^[5-6]等, 关于混合气体等离子体处理对织物进行颜料喷墨印花效果的影响, 国内外尚鲜有文献报道。

本文尝试采用氩气空气复合气氛的次辉光放电等离子体来处理涤纶织物, 再用浅蓝色纳

收稿日期: 2008-09-02

^{*}基金项目: 本研究得到 1) 国家自然科学基金资助, 项目批准号: 20474025; 2) 教育部新世纪优秀人才支持计划资助, 批准号: NCET-04-0495; 3) 江苏省自然科学基金资助, 项目编号: B K2007021; 4) 国家科技支撑计划资助, 课题编号: 2007BAE40B01; 5) 江南大学创新团队发展计划资助。

作者简介: 张春明(1981-), 男, 博士研究生。

联系方式: zcm1229@126.com

米颜料墨水进行喷墨印花;通过将不同的氩气混合比例的处理效果进行对比,研究织物印花后的颜色参数、渗透性及色牢度等性能。

1 实验部分

1.1 设备、仪器、墨水及材料

ST/RI 脉冲常压等离子体改性设备:上海纺织科学研究院;Mimaki JV4-180 喷墨印花机:日本武藤有限公司;Minni thermo-350 Roaches 焙烘箱:英国 Roaches 公司;Union DZ3 视频显微镜:日本西努光学仪器有限公司;CSMP4000 原子力显微镜:中科院本原有限公司;X-Rite Color premier 8400 型台式分光光度计:美国 X-Rite 有限公司;Y571L 染色摩擦色牢度仪:莱州电子仪器有限公司。

涤纶平纹织物:单位面积质量 56.7 g/m^2 。

浅蓝色纳米颜料墨水:江南大学纳米色素与数字印花研发中心。

1.2 次辉光放电等离子体处理涤纶织物及喷墨印花工艺

1.2.1 氩气空气的次辉光放电等离子体处理

实验所用的 ST/RI 脉冲式常压等离子体改性设备结构如图 1 所示。该设备中电极的材质为铜镍复合材料,电极面积为 $25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$,板间距可在 $0 \sim 6 \text{ mm}$ 之间调节。2 块电极均嵌入厚度为 6 mm 的玻璃阻挡介质中。对织物进行表面改性处理时直接将样品水平放在下端阻挡介质的表面。以混合不同比例氩气的空气为工作气体,先打开设备的通气阀门通入氩气,待气压表显示气压百分比达到所设定的氩气比例后关闭阀门,然后打开另一个阀门使空气进入,气压表显示达到大气压值后关闭阀门。随后设定处理参数开始放电,处理一定时间后,停止放电,取出样品。

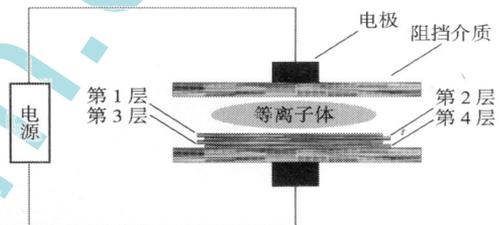


图 1 次辉光放电等离子体设备

随后设定处理参数开始放电,处理一定时间后,停止放电,取出样品。

1.2.2 涤纶织物喷墨印花工艺

涤纶织物 —— 次辉光放电等离子体处理 —— 喷墨印花 —— 焙烘 (150°C 下烘焙 3 min)

1.3 测试

1.3.1 颜色参数测定

采用测色仪 CIE-Lab 测色系统, D_{65} 光源, 10° 视场测试织物的 K/S 值。测量前先选择合适的孔径,待用黑板校正仪器后,将织物折叠 4 层,测量 4 次,取其平均值。

1.3.2 防渗性能测试

沿喷墨印花织物经纬方向的喷墨印花边界线,在放大倍数为 75 倍的视频显微镜下拍照,观测未处理、经处理以及不同处理条件下的织物的印花的渗化情况。

1.3.3 原子力显微镜 (AFM) 观察条件

测量时采用接触式扫描模式,扫描频率为 1.5 Hz ,扫描范围为 $3.0 \mu\text{m}$ 。

1.3.4 摩擦牢度测定

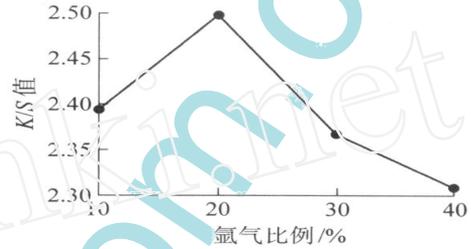
参照 GB/T 3920—1997《纺织品色牢度试验耐摩擦色牢度》进行测试。

2 结果与讨论

2.1 等离子体处理对 K/S 值的影响

将处理功率和极板间距分别固定在 300 W 和 3 mm, 研究混合不同比例氩气等离子体处理对 K/S 值的影响, 结果见图 2。

从图 1 可以看出, K/S 值起初随着氩气百分比的增加而升高, 在氩气比例为 20% 时达最大值, 这是由于在等离子体处理过程中会产生大量的活性粒子, 如电子、离子、自由基、光子以及激发态的原子和分子, 这些粒子对织物纤维表面进行溅射刻蚀并加入了亲氧基团, 从而导致印花后织物单位面积上的色素粒子增加, 颜色变深。而氩气的击穿电位较空气低, 较空气更易放电, 在空气中通入少量氩气后提高了等离子体处理效果^[7]。随着工作气体中氩气比例的增加, K/S 值开始下降, 这是因为当氩气增加到一定比例后, 放电过于强烈, 等离子体的处理效果已不再局限于织物表面, 而是对织物本身的性质造成了破坏从而影响了喷墨印花的效果。



处理功率 300 W, 时间 150 s, 极板间距 3 mm.

图 2 氩气比例对等离子体处理织物的 K/S 值的影响

2.2 处理极板间距对 K/S 值的影响

在不同极板间距下, 常压等离子体对涤纶织物的处理效果也有所不同。将处理功率和时间分别固定在 300 W 和 150 s, 研究极板间距对 K/S 值的影响, 结果见表 1。

表 1 极板间距对 K/S 值的影响

极板间距/mm	2	3	4
K/S 值	2.305 0	2.499 7	2.368 7

说明: 处理功率 300 W, 时间 150 s, 氩气比例 20%。

由表 1 可见, 在极板间距为 3 mm 时, 织物的 K/S 值最大; 而间距小于 3 mm 或大于 3 mm 时, K/S 值都会降低。这是因为常压介质阻挡放电存在“临界间隙”, 随着极板间距即放电间隙的增大, 等离子体电流增加, 等离子体变成越来越稀疏的柱状放电, 直至最终柱状放电也将消失; 反之, 随着放电间隙的减小, 等离子体电流也增加。只有当极板间距处于“临界间隙”范围时, 等离子体能量才会比较均匀地分布在整个等离子体放电区域, 这样就可以对材料进行均匀的处理^[8]。而当极板间距处于“临界间隙”范围内时, 随着板间距离的减小, 板间的填充气体减少, 放电时可激发的粒子数量相应减少, 使等离子体对涤纶织物的作用减小; 反之, 板间距离增大, 织物表面与极板间的距离也随之增大, 两极板间的电场强度降低, 则激发的粒子到达织物表面时的能量也会降低, 导致织物的处理效果减弱^[9]。

2.3 织物层数对 K/S 值的影响

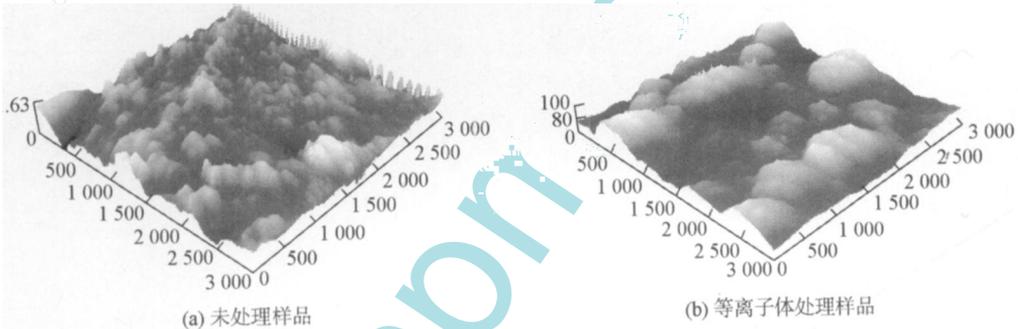
在同时处理多层织物时, 常压等离子体对不同层数的涤纶织物的处理效果也有所不同。设备图见图 1。

将4层涤纶织物同时放入极板中间做等离子体处理,考虑到织物自身的厚度,将极板间距定在4 mm,并把处理时间定在300 s,处理层数对 K/S 值的影响结果见表2.

由表2数据可见,同时处理的多层涤纶织物,从上到下随着层数的变大, K/S 值逐渐变小,印花质量逐渐变差,这意味着相应的等离子体的处理效果逐渐减弱.上述结果是由于上层的织物受到了更大程度上的溅射刻蚀和加入了更多的亲水基团,而下层的织物由于上面几层织物的阻挡等关系,得到的等离子体表面改性均不充分^[10].

2.4 等离子体处理对涤纶织物表面形貌的影响

应当指出,织物表面的润湿性除了与纤维种类、织物的组织结构有关外,还部分取决于纤维的表面粗糙程度.因此,为了研究等离子处理对涤纶纤维表面形貌的影响,采用原子力显微镜(AFM)对等离子体处理前后的涤纶纤维的表面形貌进行观察,结果如图3所示.



处理功率300 W,极板间距3 mm,时间150 s,氩气比例20%.

图3 等离子体处理对涤纶纤维表面形貌的影响

由图3可看出,未经处理的涤纶纤维表面总体上比较光滑平整,仅有少量隆起物,这可能与纤维的自身的性质有关;经过等离子体处理后纤维表面出现不均匀分布的沟壑状裂纹,变得比较粗糙,这是溅射刻蚀和化学刻蚀的结果,与文献当中所报道的实验结果相吻合^[10-12].同时可发现,处理过的涤纶纤维表面有了白色的凸状沉积物.沉积物的形成是一个相对复杂的过程,一般认为,材料受到表面溅射刻蚀时,高分子表面层的物质会发生分解形成气态物,这些气态物质在等离子体环境中受到活性粒子的作用,又会返回到材料表面;当那些回到表面的气态物质具有重新聚合的能力时,便会在材料表面凸出的顶端重新发生聚合并逐步生长,最终形成凸状沉积物.这种凸状沉积物的数量及大小与等离子体的功率及放电时间有关.

2.5 等离子体处理对涤纶织物的防渗性的影响

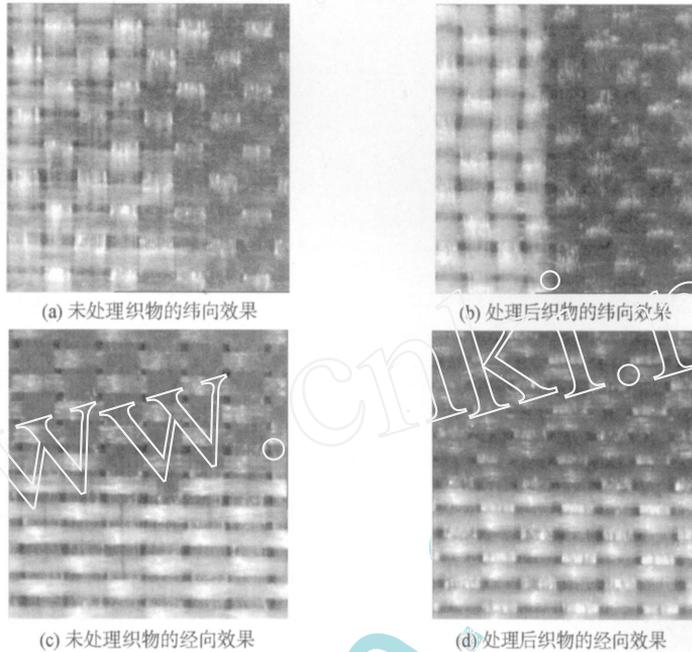
本研究的主要目的是改善涤纶织物喷墨印花的防渗性能,图4为涤纶织物防渗效果图.可看出未经处理的织物,其渗化现象沿经纬方向是不同的,其中沿纬向更为严重,这可能跟织物的组织结构有关.经混合20%氩气的空气离子体处理后,织物经纬方向的防渗性能都得到了较为明显的改善,沿经纬向的印花边缘线更为清晰,这是由于等离子体处理在纤维表面引入

表2 不同层数织物的等离子体处理的 K/S 值

织物顺序	第1层	第2层	第3层	第4层
K/S 值	2.7128	2.2630	1.8242	1.5338

说明:处理功率300 W,时间300 s,极板间距4 mm,氩气比例20%.

了极性基团,提高了纤维的吸水性,加快了织物对墨水的吸收速度从而提高了防渗效果。



处理功率 300 W,极板间距 3 mm,处理时间 150 s,氩气比例 20%。

图 4 涤纶织物防渗效果图

2.6 等离子体处理对印花色牢度的影响

表 3 为等离子体处理对织物印花色牢度的影响。由表 3 可以看出,处理前后涤纶织物的喷墨印花色牢度变化不大,仅干摩擦色牢度降低了 0.5 级。未处理的涤纶织物渗化现象较为严重,织物表面的墨水量较少,所以,色牢度不会过低。等离子体处理使织物表面的墨水量增加的同时,也在织物表面引入极性基团(如—NH, —OH),可能与吸附在颜料颗粒表面的含羧基的表面活性剂发生氢键作用而提高了颜料颗粒与织物之间的作用力,因而摩擦牢度变化不大。

表 3 混合气体等离子体处理前后涤纶织物印花色牢度 级

样品	干摩擦牢度	湿摩擦牢度
未处理	3	2~3
处理后	2~3	2~3

说明:处理功率 300 W,极板间距 3 mm,处理时间 150 s,氩气比例 20%。

3 结 论

1) 采用空气混合氩气次辉光放电等离子体处理对涤纶织物表面改性,可以提高织物喷墨印花的清晰度和颜色鲜艳度,处理后涤纶织物喷墨印花的防渗性能沿经纬方向均有明显提高。

2) 相同条件下以混合 20% 氩气的空气等离子体对涤纶织物进行喷墨印花预处理,效果优于其他比例的混合等离子体;处理多层织物时,用于喷墨印花的效果从上至下随层数的增加呈减弱趋势。

参 考 文 献

- [1] RADI I, BARMIKAS R, WERTHEIMER M R. Frequency and voltage dependence of glow and pseudoglow discharges in helium under atmospheric pressure[J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2002, 30: 1363 - 1378.
- [2] RADU I, BANNIKAS R, WERTHEIMER M R. Diagnostics of dielectric barrier discharges at atmospheric pressure in noble gases: Atmospheric pressure glow and pseudoglow discharges and spatio-temporal[J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2003, 31: 411 - 421.
- [3] GHORANNEVISS M, SHAHIDI S, MOAZZENCHI B. Comparison between decolorization of denim fabrics with oxygen and argon glow discharge[J]. Surface & Coatings Technology, 2007, 201: 4926 - 4930.
- [4] REN Y, WANG C X, QIU Y P. Aging of surface properties of ultra high modulus polyethylene fibers treated with He/O₂ atmospheric pressure plasma jet[J]. Surface & Coatings Technology: 2008, 202: 2670 - 2676.
- [5] MARCEL S, JOZEF R, MIRKO C, et al. Atmospheric-pressure plasma treatment of polyester nonwoven fabrics for electroless plating[J]. Surface & Coatings Technology, 2003, 172: 1 - 6.
- [6] SHAHIDI S, GHORANNEVISS M, MOAZZENCHI B, et al. Aluminum coatings on cotton fabrics with low temperature plasma of argon and oxygen[J]. Surface & Coatings Technology: 2007, 201: 5646 - 5650.
- [7] 徐学基, 诸定昌. 气体放电物理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1996: 107 - 108.
- [8] 唐晓亮, 冯贤平, 黎志光, 等. 常压介质阻挡放电间隙的选择及其在材料表面改性中的应用[J]. 物理实验, 2004, 24(1): 16 - 18.
- [9] YURI A, MICHML G, ANATOL Y N. Novel AC and DC non-thermal plasma sources for cold surface treatment of polymer films and fabrics at atmospheric pressure[J]. Plasmas and Polymers, 2002, 7(3): 261 - 289.
- [10] WANG C X, REN Y, QIU Y P. Penetration depth of atmospheric pressure plasma surface modification into multiple layers of polyester fabrics[J]. Surface & Coatings Technology: 2007, 202: 77 - 83.
- [11] RAFFAELE ACDAMO A, ELENA S. Cold plasma-induced modification of the dyeing properties of poly(ethylene terephthalate) fibers[J]. Applied Surface Science: 2006, 252(6): 2265 - 2275.
- [12] WEI Q F, LIU Y, HOU D Y, et al. Dynamic wetting behavior of plasma treated PET fibers[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 194(1 - 3): 89 - 92.

Effects of Plasma with a Little Argon on Inkjet Printing of Polyester Fabrics

ZHANG Chun-ming¹, FANG Kuan-jun¹, SHEN An-jing², ZHANG Yong-ye²

(1. Key Laboratory of Eco-Textiles of Ministry of Education, College of Textile & Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Shanghai Textile Research Institute, Shanghai 200082, China)

Abstract: Surface modification of polyester fabric was carried out by using atmospheric-pressure argon and air plasma. The samples were jet-printed with light magenta pigment ink. The influence of plasma on the K/S value, performance of anti-bleeding of inkjet printing and surface configuration of polyester fiber were discussed. The results showed that for the fabric pretreated by plasma with a little argon, its hydrophilicity and anti flushing property were both enhanced greatly, the inkjet printed fabric could obtain the enhanced color yields and excellent sharpness, and the color fastness did not decrease. The optimum proportion of argon is 20% and the optimum plasma treatment conditions are as the following, the exposure time is 150 seconds, the gap distance between two electrodes is 3 mm and the power is around 300 W.

Key words: polyester fabric, plasma, argon, proportion, inkjet printing