

常压空气等离子体处理对涤纶润湿性能的影响*

张春明 房宽峻 沈安京 张永烨

(江南大学) (青岛大学) (上海市纺织科学研究所)

摘要: 研究常压空气等离子体处理对涤纶润湿性能的影响规律。采用脉冲常压空气等离子体对涤纶织物进行表面改性处理,然后用原子力显微镜、扫描电镜对织物和纤维表面形貌进行观察,再用X光电子谱测试织物表面化学成分,并测试涤纶织物经等离子体处理前后的润湿时间。结果表明,脉冲常压空气等离子体处理能较好地提高涤纶织物的润湿性。

关键词: 常压等离子体;涤纶织物;润湿时间;原子力显微镜;扫描电镜;X光电子能谱仪

中图分类号: TS102.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7415(2009)05-0005-04

Effect of Normal Pressure Air Plasma Treatment on Polyester Wetting Property

Zhang Chunming Fang Kuanjun Shen Anjing Zhang Yongye

(Jiangnan University) (Qingdao University) (Shanghai Textile Research Institute)

Abstract Influential law of normal pressure air plasma treatment on polyester wetting property was researched. Surface modification treatment was carried out on polyester fabric by pulse normal pressure air plasma, atomic force microscopy and SEM were used to observe fabric and fibre surface, chemical composition of fabric surface were tested by X-ray photoelectron spectrometer, wetting time of polyester fabric before and after treated by plasma was tested as well. The result shows that wetting property of polyester fabric could be improved by pulse normal pressure air plasma treatment.

Key Words Normal Pressure Plasma, Polyester Fabric, Wetting Time, Atomic Force Microscopy, Scanning Electron Microscope, X-ray Photoelectron Spectrometer

合成纤维中的涤纶纤维具有优良的物理化学性能,使用广泛,发展迅速,成为目前世界上产量最多的化学纤维。但现有的普通涤纶纤维尚存在吸湿低、容易积聚静电等缺点,因而应用时多需表面改性处理。近几年来等离子体作为一种清洁、环境友好的生产技术已引起了各国众多研究者的广泛关注。与传统改性处理相比,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^[1]。由于等离子体处理不涉及使用危险化学品和废水处理的问题,所以对环境负荷比较小,符合生态加工的定义。本试验对涤纶织物进行脉冲空气常压等离子体处理,

研究其润湿性的变化。

1 试验部分

1.1 设备、仪器及材料

ST/RI型脉冲常压等离子体改性设备(上海纺织科学研究所)、CSMP4000型原子力显微镜(中科院本原有限公司)、JSM-5610型扫描电镜(日立株式会社)、DSA-100型液滴形状分析仪(德国Krüss有限公司)、PHI-5000C ESCA型X光电子能谱仪(美国PHI公司)、涤纶平纹织物(56.7 g/m²)。

1.2 脉冲常压空气等离子体处理

试验中所采用的ST/RI型脉冲式常压等离子体改性设备,其结构如图1所示。该设备所用的电极材质为铜镍复合材料,电极面积为25 cm×25 cm,板间距可在0 mm~6 mm之间调节。两块电极均嵌入厚度为6 mm的玻璃阻挡介质中。对织

* 国家自然科学基金资助(20474025)、教育部新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-04-0495)、江苏省自然科学基金资助(BK2007021)、国家科技支撑计划资助(2007BAE40B01)

作者简介:张春明(1981-),男,在读博士研究生,无锡,214122

收稿日期:2008-11-01

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,设定好处理参数后开始放电,处理一定时间后,停止放电,取出样品。考虑到效率和成本,本试验的等离子体处理条件为功率 300 W,极板间距 3 mm,处理时间 180 s。

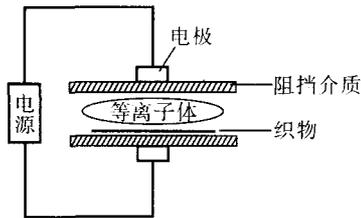


图1 脉冲式常压空气等离子体改性设备结构示意图

1.3 测试

1.3.1 润湿时间测试

使用 DSA-100 型液滴形状分析仪,测量织物在经等离子体处理前后,去离子水液滴在其表面完全铺展所需的时间,分别在织物表面 5 个不同位置测铺展时间取平均值。

1.3.2 织物和纤维表面形貌测试

应用 CSMP4000 型原子力显微镜观察涤纶织物等离子体处理前后的表面形貌,测量时采用的扫描模式为接触模式,扫描频率为 1.5 Hz,扫描范围为 1.0 μm。

应用 JSM-5610 型扫描电镜进一步观察涤纶纤维表面形貌的变化,使用的条件为:加速电压 20 kV,电流 5 mA。完成等离子体处理后即刻对织物表面形貌进行表征。

1.3.3 织物表面化学组分测试

X 光电子能谱仪是一种非破坏性分析方法,分析深度一般为 5 Å ~ 100 Å,灵敏度非常高,可达 1×10^{-18} g,分析样品约 1×10^{-6} g 即可。采用 PHI 5000C ESCA System(经过美国 RBD 公司升级)X 光电子能谱仪分析样品表面的各元素相对含量及比例。采用条件为:铝/镁靶,高压 14.0 kV,功率 250 W,真空优于 1.33×10^{-6} Pa。采用美国 RBD 公司的 RBD147 数据采集卡和 Auger-Scan3.21 软件分别采集样品的 0 eV ~ 1 200 eV 的全扫描谱(通能为 93.9 eV)。

2 结果与讨论

2.1 织物润湿时间

将去离子水测试液滴分别滴到未处理和经处

理的涤纶织物试样上,观察液滴在不同时间点的状态,并测试其在织物表面完全铺展所需时间,如图 2 所示。

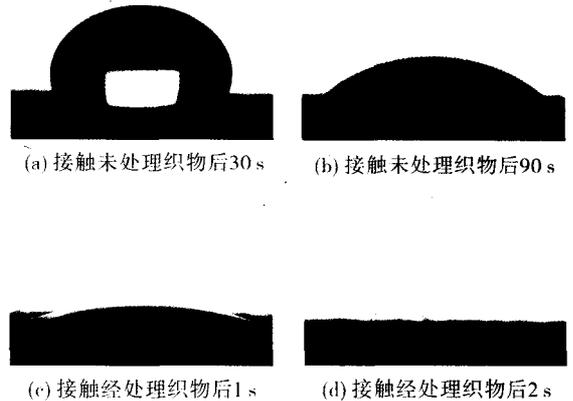
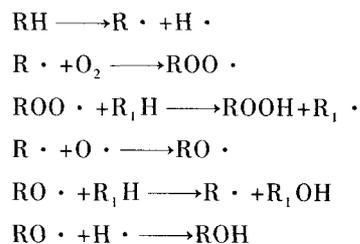


图2 液滴接触涤纶织物表面后的状态

由图 2 可以看出,液滴在接触未经处理的涤纶织物后前 30 s 内很难将其润湿,90 s 后仍无法完全铺展;而经脉冲常压空气等离子体处理后,织物的润湿性明显提高,测试液滴在 2 s 内即可完全铺展。这主要是由于脉冲常压空气等离子体处理不仅可在纤维表面形成刻蚀,而且可将一些亲水性基团(如羟基、羧基、氨基等)引入到纤维表面,使处理后织物的亲水性得到显著提高。

一般认为,采用等离子体对聚合物及纺织材料进行表面改性处理时可在材料表面发生以下反应^[2]。



随着反应的进行,可将一些单键态和双键态的含氧极性基团导入纤维表面,从而改善织物表面的润湿性能,后面的试验将进一步验证这一点。

2.2 涤纶织物表面形貌

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,为了研究等离子体处理对涤纶织物和纤维表面形貌的影响,采用原子力显微镜(以下简称 AFM)对等离子体处理前后涤纶纤维的表面形貌进行观察,其结果如图 3 所示。

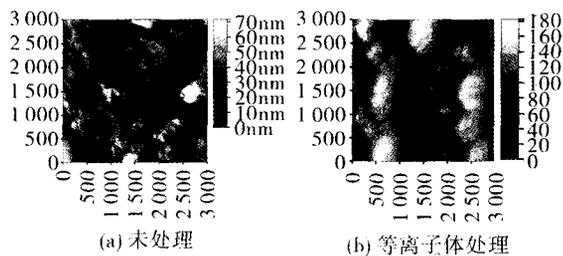


图3 等离子体处理对涤纶织物 AFM 观测效果图

由图3(a)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,这可能与天然纤维自身的性质有关。图3(b)中经过等离子体处理后在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试验结果相吻合^[3-5]。

2.3 纤维表面刻蚀效果

为了研究等离子体处理对涤纶纤维表面形貌的影响,采用扫描电子显微镜(以下简称 SEM)在放大倍数为 2 400 倍下对等离子体处理前后涤纶纤维的表面形貌进行表征,其结果如图4所示。



(a) 未处理 (b) 等离子体处理

图4 等离子体处理对涤纶纤维 SEM 观测效果图

由图4(a)中可以看出,处理前涤纶纤维表面比较光滑,而图4(b)中处理后的涤纶纤维由于溅射刻蚀和化学刻蚀会在材料表面产生凹坑,这是一个很直接的结果,与文献当中所报道的试验结果相吻合^[6]。

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,其形成却是一个相对复杂的过程^[7]。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。

2.4 织物表面化学组分

为了获得较为详尽以及定量的处理前后涤纶织物表面化学成分信息,利用 X 光电子能谱(以下简称 XPS)技术对涤纶织物表面原子的结合成分和结合状态进行定量分析。其结果如图5所示。

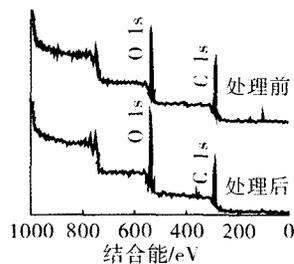


图5 涤纶织物 XPS 谱图

从图5可以看出,在涤纶织物的 XPS 谱图中,经过 air/Ar 等离子体处理后 C1s 峰明显减少,而 O1s 峰明显增加。air/Ar 等离子体处理前后 C 元素、O 元素的相对含量及其比率如下:

项目	处理前	处理后
C/%	63.06	59.34
O/%	29.40	33.03
O : C	0.466 2	0.556 6

可以看出,C 元素的含量下降了 3.72%,与此相对应的是 O 元素的含量增加了 3.63%,处理前后 O/C 比率增加近 0.1。这些结果说明经过 air/Ar 等离子体处理后,一些含氧基团被引入织物表面从而改善其润湿性。

为了更清楚地了解等离子体处理后到底是什么样的含氧基团被引入涤纶纤维表面,我们利用 C1s 的高分辨 XPS 谱及其解谱拟合谱对其进行分析。图6为处理前后涤纶纤维表面的高分辨 XPS 拟合谱,可以看出处理前,涤纶纤维表面的 XPS 谱主要由 3 个峰组成,它们的结合能分别为 285 eV、286.1 eV 和 288.6 eV,这 3 个峰分别对应 C—C、C—O 和 C=O,出峰位置与参考文献基本一致^[3,4]。在处理后涤纶纤维表面的 XPS 谱中我们可以清楚地看见各种化学成分的改变,其中 C—C 键在等离子体处理后明显减少,而 C—O 和 C=O 这样的含氧基团却大大增加。这是由于 C—C 键在等离子体处理过程中被破坏,而这些被破坏的键又和氧结合在涤纶纤维表面而形成含氧的极性基团。此结论也与之前的润湿性测试结果相吻合。

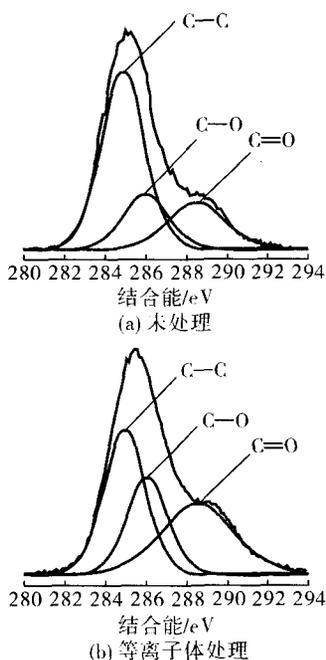


图6 涤纶织物 C_{1s} 谱分峰结果

3 结论

原子力显微镜和扫描电镜观察以及 XPS 测试证明,涤纶织物经常压空气等离子体处理后得到表面蚀刻效果并引入了亲水基团,经试验证明其润湿性能得到明显提高。

· 革新改造 ·

A513W 型细纱机中途关车控制电路的改进

A513W 型细纱机配有中途关车适位停车装置,在实际使用中经常遇到按下中途停车按钮后钢领板自动落下的问题。有关控制电路如图 1 所示。其中虚线及括号内的数字表示改前的电路和接点。

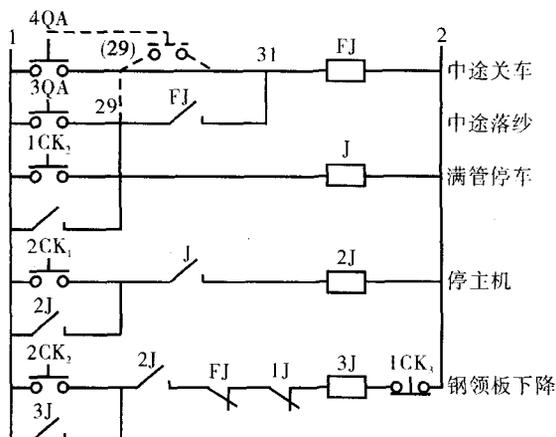


图1 A513W 型细纱机关车控制电路

参考文献:

- [1] 房宽峻. 数字喷墨印花技术(二)[J]. 印染, 2006, 32(19): 38-41.
- [2] 马晓光. 纺织品物理机械染整[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2002: 32-35.
- [3] Raffaele-Addamo A, Elena Selli. Cold plasma-induced modification of the dyeing properties of poly(ethylene terephthalate) fibers [J]. Applied Surface Science, 2006, 252(6): 2265-2275.
- [4] Wei Qufu, Liu Ya, Hou Dayin, et al. Dynamic wetting behavior of plasma treated PET fibers [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 194(1-3): 89-92.
- [5] C X Wang, Y Ren, Y P Qiu. Penetration depth of atmospheric pressure plasma surface modification into multiple layers of polyester fabrics [J]. Surface & Coatings Technology, 2007, 202: 77-83.
- [6] Marcel Simora, Jozef Rahel, Mirko Cerna. Atmospheric-pressure plasma treatment of polyester nonwoven fabrics for electroless plating [J]. Surface & Coatings Technology, 2003, 172(1): 1-6.
- [7] 唐晓亮, 任忠夫, 李驰, 等. 常压等离子体表面改性涤纶织物[J]. 纺织学报, 2007, 28(8): 63-65.

经分析,造成上述问题的原因是因为中途停车按钮是两组串联的常开复合按钮,在按下 4QA 按钮时,只有两个常开点同时闭合后, FJ 线圈才会得电工作,使钢领板控制电路中 FJ 常闭点断开,从而保证钢领板不会自动下降。而中途停车按钮是手动操作,当 4QA 按钮常开点 1、29 闭合时,若 29、31 常开点没有同时闭合,就会按照中途落纱程序关车,钢领板将自动落下。为解决这一问题,我们将 29、31 常开点短接为 31 连接点,将原 29 连接点处 3QA 与 4QA 的连接断开。这样原中途停车按钮变为单组按钮。4QA 按钮按下后 FJ 得电, 29、31、FJ 常开点闭合,同时钢领板下降控制电路 FJ 常闭点断开, J 线圈得电工作, 1、29J 常开点吸合自保。随凸轮转动, 2CK₁ 常开点闭合后, 主机即停, 2CK₂ 闭合后钢领板将不会自动落下。此项改进简单易行,不影响其他功能的使用。

安徽省鑫和纺织有限公司 王帮林