

文章编号: 1006-7302 (2002) 04-0001-04

# 低温等离子处理对丙纶纤维湿润性能的影响

狄剑锋

(五邑大学 纺织服装系, 广东 江门 529020)

**摘要:** 吸湿性能的改善, 将使丙纶织物的舒适性得到明显的提高. 对丙纶纤维用氧气进行等离子处理, 明显地改善了其表面的润湿性能: 甘油在纤维上的接触角可以从  $69^\circ$  减小到  $21^\circ$ , 减少了 70%. 处理器的功率对接触角有很大的影响, 在 30 W 到 150 W 的范围内, 处理功率越大, 接触角越小. 所以应该选用 150 W 的处理功率. 处理时间以 9 min 为宜. 先用氩气进行等离子预处理, 对接触角的影响不大.

**关键词:** 等离子处理; 丙纶; 接触角

**中图分类号:** TS195.5<sup>+</sup>4

**文献标识码:** A

丙纶纤维是纺织纤维中吸湿性能最差的纤维, 其回潮率在  $20^\circ\text{C}$  时只有 0.05%, 接近于零. 它的不吸湿性不仅使染色困难, 而且大大地限制了其在服装面料上的应用. 丙纶纤维目前主要用于生产地毯、行李袋、帐篷、土工布等. 其实, 丙纶纤维有许多独特的优良性能. 它是所有纤维中最轻的, 比重只有  $0.91\text{ g/cm}^3$ , 强度比较高 ( $42\sim 53\text{ cN/Tex}$ ), 耐酸碱性也比较好. 除此之外, 由于其不刺激皮肤, 有良好的隔热性和一定的抗菌性能, 所以近几年在体育服装方面得到了广泛的应用.

为了弥补丙纶纤维吸湿性能差的缺点, 作为服装用料, 一般制成双层织物, 用内层的棉纤维改善吸湿性以提高服装的舒适性. 在我们以前的工作中, 对涤纶纤维的等离子处理已经作了研究<sup>[1]</sup>. 通过对涤纶纤维用氮气进行等离子处理, 明显地改善了其表面的润湿性能.

等离子处理是近几年研究的热门课题, 通过等离子处理, 可以改变纤维的表面粗糙度, 并且可以使其表面的分子构成发生改变, 从而改善其吸湿性能. 低温等离子处理可以改变棉、毛、麻、涤纶等纺织纤维的表面性能<sup>[2-5]</sup>. 不同的等离子处理可以给予纤维不同的性能<sup>[6,7]</sup>.

当纺织纤维或织物被等离子处理时, 主要过程是物理溅射和化学作用. 物理溅射主要是通过某种惰性气体 (例如氩气) 射击纤维表面, 从而改变它的表面粗糙度. 而化学作用可以改变纤维的表面分子构成. 例如用氧气射击纤维的表面, 可以使纤维表面的含氧基团 (如  $-\text{OH}$ ,  $\text{C}=\text{O}$ ,  $-\text{COOH}$ ) 大为增加, 由于这些都是亲水基团, 因此可以提高纤维的吸湿性能<sup>[8]</sup>.

等离子射击纤维表面时, 其表面温度会随着射击功率加大而升高, 当功率达到 300 W 时, 处理 10 min 就可以使纤维表面的温度超过  $100^\circ\text{C}$ . 为了避免高温影响纤维性能, 我们选择功率范围为  $0\sim 200\text{ W}$ .

收稿日期: 2002-04-01

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (No. 021365)

作者简介: 狄剑锋 (1956-), 男, 内蒙古察右前旗人, 教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事纺织高新技术的研究.

## 1 实验

### 1.1 纤维

实验用丙纶为普通丙纶纤维.

### 1.2 等离子处理

等离子处理器 PSA2000 由两部分组成, 一为等离子处理器, 是一个  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$  的铝盒, 等离子气体的激发电极的频率为  $13.56\text{ MHz}$ . 室内的压力和温度可以控制. 在处理器中有纤维片、纱线、织物的喂入装置, 可以连续喂入. 另一部分为电器控制部分, 可以控制离子发生器、真空泵、不同气体的阀门以及室内的压力和温度. 电极距为  $1\text{ cm}$ , 气体流量为  $0.5\text{ L/min}$ , 室内压力控制在  $16\text{ Pa}$  ( $0.16\text{ mbar}$ ), 处理功率在  $0 \sim 200\text{ W}$  变化.

先用乙醚将丙纶纤维表面的油脂去掉, 干燥后将其铺在等离子处理器的喂入板上, 在处理器中分别用氩气和氧气做等离子处理.

### 1.3 接触角测量

为了比较丙纶纤维在处理前后表面润湿性能的变化, 对液体在纤维上的接触角进行了测量.

接触角直接反映了纤维的表面能的大小, 接触角越小, 说明纤维的表面能越高, 纤维越易被液体湿润.

测试液选用甘油, 因为水容易蒸发, 影响测量的结果. 每一个试样测量 20 滴液体, 然后计算其平均值.

当一滴液体滴在某一固体平面上时, 接触角比较好测量, 如图 1 所示. 当液滴的体积小于  $6\text{ }\mu\text{l}$  时, 就可忽略地球引力对其形状的影响, 认为液滴呈标准圆的一部分. 只要测量液体在固体表面上的高度  $h$  以及和固体接触面的直径  $D$ , 就可以用下面的公式计算出接触角  $\theta$ .

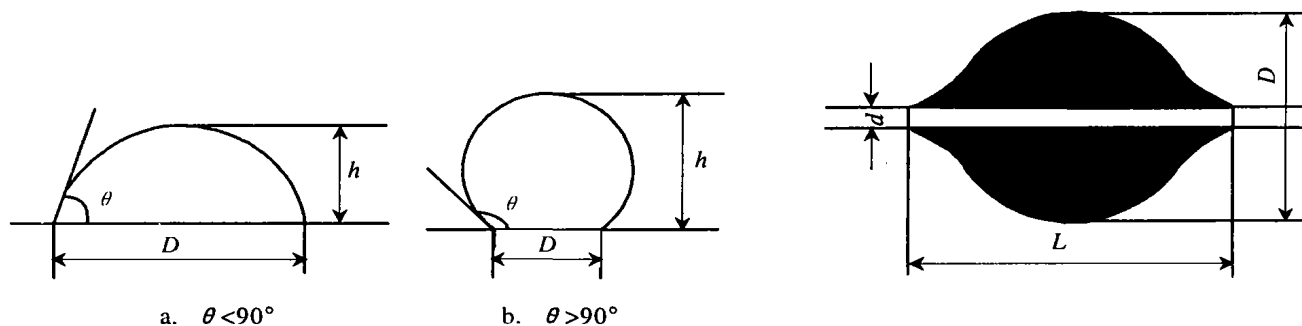


图 1 接触角的测量

图 2 液滴在单根纤维上的形态

$$\theta = 2\arctan(2h/D). \quad (1)$$

不论  $\theta > 90^\circ$ , 还是  $\theta < 90^\circ$ , 公式 (1) 都是适用的.

当液滴在纤维或单丝上时, 接触角的测量计算方法是不同的, 液体在单根纤维上的接触角不同于在平面上的接触角, 不能直接测量. 如图 2 所示.

液滴在纤维上的接触角计算公式比较复杂, 是一个积分方程:

$$d^2 y/dx^2 = -c[1 + (dy/dx)^2]^{3/2} + [1 + (dy/dx)^2]/y; \quad (1)$$

$$c = (P_1 - P_0)/\gamma_{LV}; \quad (2)$$

$$dy/dx \Big|_{x=0} = \tan\theta. \quad (3)$$

式中  $x$  和  $y$  是液滴边缘轮廓的坐标,  $P_1$  和  $P_0$  为液滴内外的压强,  $\gamma_{LV}$  是液体的表面能,  $\theta$  为

接触角. 根据这组方程, 我们编出了专门的计算程序. 有了该程序, 只要输入液滴的最大直径  $D$ 、铺展长度  $L$  以及纤维的直径  $d$ , 就可以计算出接触角. 我们将图像处理仪 PCIMAGE 和高倍显微镜相连接, 并对显微镜进行标定, 然后测出  $D$ 、 $L$  和  $d$ .

## 2 结果与讨论

将经过去油处理的纤维干燥后铺平喂入等离子处理器中, 用氧气进行处理, 氧气的流量为 0.5 L/min, 在不同的功率下各处理 5 min, 然后测量纤维的接触角, 实验结果如图 3 所示.

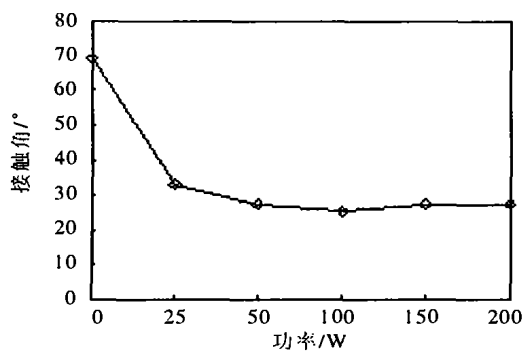


图 3 功率对接触角的影响

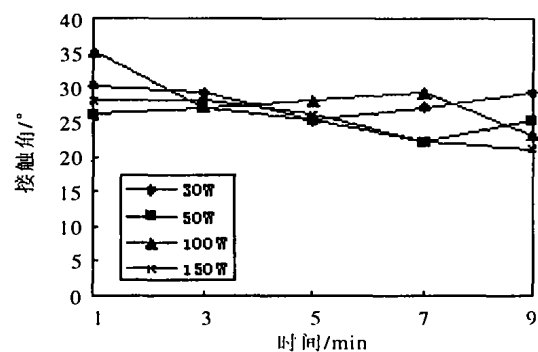


图 4 两步法处理时间和功率对接触角的影响

从图 3 可以看出, 用氧气等离子体对丙纶纤维进行处理, 可以明显地改善丙纶的表面润湿性, 甘油的接触角由未处理时的  $69^\circ$  减小到  $27^\circ$ , 减少了 61%. 随着功率的增强, 接触角明显减小, 当处理时间固定在 5 min, 功率大于 100 W 时, 对接触角就没有影响了.

为了改进处理的结果, 又对纤维采用两步处理法, 先用氩气以 0.5 L/min 的流量, 在 150 W 的功率下处理 3 min, 然后再用氧气在不同的功率下对纤维进行处理, 氧气的流量为 0.5 L/min, 功率从 30 W 到 150 W, 处理时间从 1 min 到 9 min. 实验结果如图 4 所示.

从图 4 可以看出, 接触角随着处理的时间增长而减小, 但变化幅度不大. 当处理时间为 1 min 时, 接触角的顺序为:  $\theta_{50\text{W}} < \theta_{150\text{W}} < \theta_{30\text{W}} < \theta_{100\text{W}}$ , 似乎没有规律. 但当处理时间为 9 min 时, 接触角的顺序为:  $\theta_{150\text{W}} < \theta_{100\text{W}} < \theta_{50\text{W}} < \theta_{30\text{W}}$ , 规律十分明显, 即处理功率越大, 接触角越小. 当处理功率为 150 W, 处理时间为 9 min 时, 甘油在纤维上的接触角可以从  $69^\circ$  减小到  $21^\circ$ , 减少了 70%. 所以对于丙纶纤维, 应该选用 150 W 处理 9 min 左右比较好.

将图 4 中处理 5 min 的结果与图 3 的结果相比较, 两步法的结果与一步法的结果没有太大的区别, 所以没有必要用氩气进行预处理.

将处理后的丙纶纤维在扫描电子显微镜下观察, 发现纤维表面出现了许多小坑, 纤维的表面形状发生了变化, 这是其表面润湿性能发生变化的原因之一. 其表面含氧基团的增加也是一个重要的因素.

## 3 结论

1) 对丙纶纤维用氧气进行等离子处理, 可以明显地改善其表面的润湿性能. 纤维表面的润湿性能增强, 可以明显地增强丙纶纤维在织物中的毛细虹吸作用, 从而增强丙纶织物的导湿性

能,改善其吸湿性能.纤维的表面润湿性能可以用液体在单根纤维上的接触角很好地表示.

2)处理器的功率对接触角有很大的影响,在30W到150W的范围内,处理功率越大,接触角越小.所以应该选用150W的处理功率.处理时间以9min为宜.先用氩气进行等离子预处理,对接触角的影响不大.

3)对丙纶进行等离子处理的意义远大于其它纤维,因为通过等离子处理可以使不吸湿的丙纶纤维的吸湿性明显得到改善,甘油在纤维上的接触角从 $69^{\circ}$ 减小到 $21^{\circ}$ ,减少了70%.吸湿性能的改善,将会使丙纶织物的舒适性得到明显的提高.

#### 参考文献:

- [1] 狄剑锋.低温等离子处理对涤纶纤维湿润性能的影响[J].合成纤维,2000,(6):27.
- [2] Benerito R R, Ward T L, Soignet M, Hinojosa O. Modification of Cotton Cellulose Surfaces by Use of Radiofrequency Cold Plasma and Characterization of Surface Changes by ESCA[J]. Textile Res J,1981,51:224-232.
- [3] Gregorski K S, Pavlath A E. Fabric Modification Using the Plasma: the Effect of Extensive Treatment in Nitrogen and Oxygen Plasma at Low Pressure[J]. Textile Res J,1980, 50:42-46.
- [4] Jung H Z, Ward T L. Water Absorption of Towelling as Affected by Argon Cold Plasma[J]. Textile Res J, 1977, 47:563-564.
- [5] Wong K K, Tao X M, Yuen W M, Yeung K W. Low Temperature Plasma Treatment of Linen[J]. Textile Res J,1999, 69:846-855.
- [6] Grill A. Cold Plasma in Materials Fabrication: From Fundamentals to Applications[M]. NY:IEEE Press,1994. 216-245.
- [7] Pavlath A E. Techniques and Applications of Plasma Chemistry[M]. NY: Wiley, 1974. 149-175.
- [8] Sato y, Tokino S, Lino H, et al. Regression of Surface Characteristics of Oxygen Low Temperature Plasma-Treated Films by Heat Treatment[J]. Sen-i Gakkaishi, 1995, 51(12):580-585.

## **Influence of the Plasma Treatment on the Wetting Property of the Polypropylene Fibers**

*DI Jian-feng*

(Dept. of Textile & Clothing, Wuyi Univ., Jiangmen 529020, China)

**Abstract:** The polypropylene fiber wetting property is ameliorated obviously by the oxygen plasma treatment. The contact angle of glycerol on the fiber plasma treated can decrease from  $69^{\circ}$  to  $21^{\circ}$ , i.e. reduction by 70%. The comfortability of the fabric will be improved significantly due to the improvement of the moisture absorbency. It is found that the power affects the contact angles, the more the power, the less the contact angle between 30W to 150W. 150W and 9min are advisable for the treatment. The treatment in advance with argon does not affect to the decrease of the contact angles.

**Key words:** plasma; polypropylene; contact angle