

# 表面处理对涤纶润湿及可染性的影响

狄剑锋

(五邑大学 纺织服装系, 广东 江门 529020)

**摘要** 为了改善涤纶纤维的润湿性能,对其进行了表面处理。用动态接触角仪测量了表面处理后的纤维的动态接触角,并用原子力显微镜(AFM)测量了纤维表面的粗糙度。用分散染料对处理前后的纤维进行染色,并用测色配色仪测试了样品的染色深度。结果显示,经表面处理后的纤维,表面粗糙度明显增大,表面接触角明显减小,纤维上色速度明显加快,可以减少染色时间 10 min 以上且达到同样的染色效果。

**关键词** 涤纶; 表面处理; 粗糙度; 润湿性; 可染性

中图分类号: TS 190.63 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)04-0049-03

## Effect of the surface treatment on PET fiber wetting and dyeability

Di Jianfeng

(Department of Textile and Clothing, Wuyi University, Jiangmen, Guangdong 529020, China)

**Abstract** In order to improve the wetting property, PET fiber was treated on surface. Water dynamic contact angles on the fibers were measured with the dynamic contact angle instrument. The roughness of the fiber surface was measured by AFM (Atomic Force Microscopy). The PET fibers treated and untreated were dyed with disperse dye, the sampling was done at spaced points in time, the chroma was measured with Datacolor SF600. Results show that the roughness of the fiber surface are increased after treatment, the contact angles are decreased, the dyeing speed is increased evidently, the process of dye may be shortened more than 10 minutes to achieve the same colors.

**Key words** PET; surface treatment; roughness; wetting property; dyeability

## 1 理论分析

### 1.1 润湿

理想固体表面上静态液滴接触角的描述如图 1 所示。接触角的大小可以用来表征固体表面的润湿性,接触角越小表明润湿性越好,接触角越大表明润湿性越差<sup>[1]</sup>。

液体在理想固体表面上的接触角<sup>[2]</sup>是由液-气表面能( $\gamma_{lv}$ )、液-固表面能( $\gamma_{ls}$ )以及固-气表面能( $\gamma_{sv}$ )决定的,如图 1 所示。

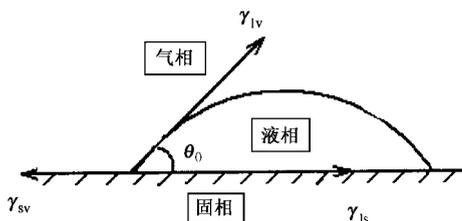


图 1 理想固体表面上静态液滴的平衡接触角

实际中的固体表面并非理想的,液体在粗糙表面的接触角用  $\theta_w$  表示。如果用  $R$  表示固体表面的粗糙度系数(固体表面的实际面积和几何面积的比值),那么

$$\cos \theta_w = R \cdot \cos \theta_0 \quad (R \geq 1) \quad (1)$$

式中  $\theta_0$  为液滴在理想固体表面上的接触角。

### 1.2 润湿和粗糙度之间的关系

当固体表面的接触角大于  $90^\circ$  时,则认为它是一个拒水表面;相反,当其接触角小于  $90^\circ$  时,则认为是一个亲水表面。根据方程(1)可得

$$R = \cos \theta_w / \cos \theta_0 \quad (2)$$

对一个特定的角度  $\theta_0$  大于  $90^\circ$ ,它对应的  $\theta_w$  随粗糙度增大而增大;相反,对于特定的  $\theta_0$  小于  $90^\circ$ ,它对应的  $\theta_w$  随粗糙度的增大而减小,推理分析如下:

1) 当  $\theta_0 > 90^\circ$  时,  $-1 < \cos \theta_0 < 0$ , 因为  $R \geq 1$ , 所以  $R \cos \theta_0 < 0$ 。

因为  $\cos \theta_w = R \cos \theta_0$ , 所以  $\cos \theta_w < 0$ 。

当  $R$  增大时,  $R \cos \theta_0$  变小,  $\cos \theta_w$  变小,  $\theta_w$  增大。

2) 当  $\theta_0 < 90^\circ$  时,  $0 < \cos \theta_0 < 1$ , 因为  $R \geq 1$ , 所以  $R \cos \theta_0 > 0$ 。

因为  $\cos \theta_w = R \cos \theta_0$ , 所以  $\cos \theta_w > 0$ 。

当  $R$  增大时,  $R \cos \theta_0$  增大,  $\cos \theta_w$  增大,  $\theta_w$  减小。

### 1.3 动态接触角测量方法

采用 Cahn Balance 法测量液体在纤维上的接触角, 实验原理如图 2(a) 所示。伸直的纤维竖直地悬挂在电子平衡器一端的钩子上, 一个装有液体的烧杯放置在一个可升降的平台上。其原理见图 2(b)。

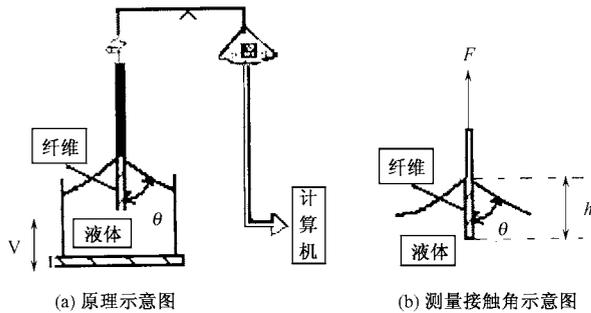


图2 Cahn Balance 法测量原理图

当液体上升时, 悬挂着的纤维以恒定速度接触液体, 纤维被液体润湿。当液体下降时, 纤维被去湿。纤维在润湿和去湿时所受的力是不同的。纤维在润湿和去湿过程中所受的力为:

$$F = p \cdot \gamma \cdot \cos \theta - \rho \cdot g \cdot A \cdot h \quad (3)$$

式中,  $p$  为纤维横截面的周长 ( $p = \pi d$ ,  $d$  为纤维的直径);  $\gamma$  为液体的表面能;  $\theta$  为液体在纤维表面的接触角;  $\rho$  为液体的密度;  $A$  为纤维的横截面积;  $h$  为纤维浸在液体中的深度。

由于纤维的横截面很小, 所以通常将纤维在液体中所受的浮力(式(3)右边的第二部分)忽略不计, 那么

$$\cos \theta = F / (\gamma \cdot \pi \cdot d) \quad (4)$$

## 2 实验部分

### 2.1 试样的预处理及碱减量处理

试样为聚对苯二甲酸乙二酯(PET)纤维, 线密度为 14 dtex, 长度为 60 mm。对试样进行清洗<sup>[3]</sup>, 使其表面十分清洁。碱液为 NaOH 固体颗粒和蒸馏水配置而成的 10% 溶液。把处理时间控制在 5 min 之内, 处理的温度为 100 °C。强力实验表明在本处理条件下纤维的强力损失是可以接受的。

### 2.2 粗糙度的测量

纤维表面粗糙度是用原子力显微镜(AFM)在常压下测得, 扫描探针是“Nanoscope III”, 持续悬臂弹力  $K$  为 0.06 N/m, 力的大小范围是  $(1 \sim 5) \times 10^{-8}$  N, 它的实际大小根据纤维的表面而定, 原则是不破坏纤维的表面。根据每一幅扫描得来的纤维表面 AFM 图像, 可以求出纤维表面的平均粗糙度 ( $R_{av}$ )<sup>[4]</sup>。专用的软件可以对某一选定的区域进行测量。它是选定区域的实际表面积与其投影面积的比值, 计算式为:

$$R_{av} = (1/L_x L_y) \iint_{L_x L_y} f(x, y) dx dy \quad (5)$$

式中,  $L_x$  和  $L_y$  分别为选定区域  $x$  向和  $y$  向的边长。

### 2.3 接触角的测量计算

动态接触角测量仪每隔 1 s 记录 1 个数据。放置液体的平台上升(下降)速度是 20  $\mu\text{m/s}$ 。接触角测试液体为蒸馏水, 其表面能  $\gamma$  在常温下测得为 72.8 mN/m。纤维的直径  $d$  ( $\mu\text{m}$ ) 应在测量完动态接触角后再进行测量。通过 Excel 处理以上采集到的数据得出接触角。

## 3 结果与讨论

### 3.1 粗糙度

清洗过的纤维在碱减量处理前后的 AFM 图像如图 3 所示, 在外观上可以看出处理后的纤维表面更为粗糙。

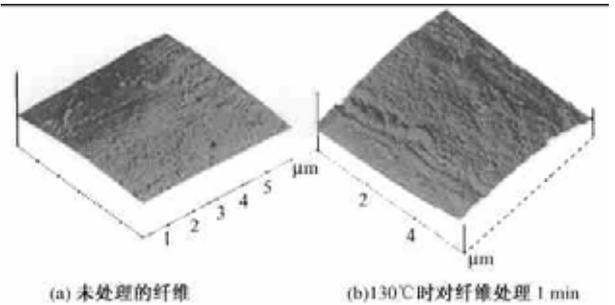
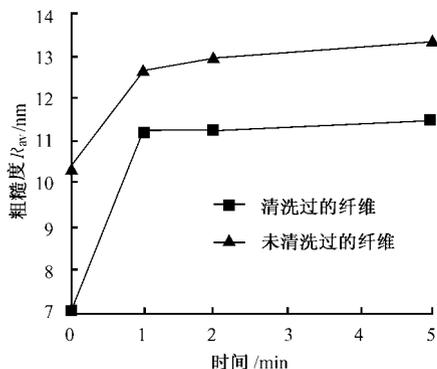


图3 处理前后涤纶纤维的 AFM 图像

通过 AFM 的测量可以直接得到  $R_{av}$  的值, 结果见图 4。从图 4 看出, 处理时间在 1 min 之内, 粗糙度随着处理的时间逐渐增大, 超过 1 min 后粗糙度变化不大。

### 3.2 接触角

接触角的测试结果如图 5 所示。前进接触角随着碱减量处理时间的增加而减小; 后退接触角在 1 min 之内随着处理时间的增加而明显减少, 超过 1 min 后基本没有变化, 这与图 4 中的粗糙度变化曲线正好相对应。正是由于粗糙度的增加而使接触角增

图4 经碱减量处理后的表面粗糙度  $R_{av}$ 

加。纤维处理前的清洗对于接触角有一定的影响,特别表现在前进接触角上,清洗过的纤维的接触角较未清洗纤维的大,但是二者的后退接触角基本一样。

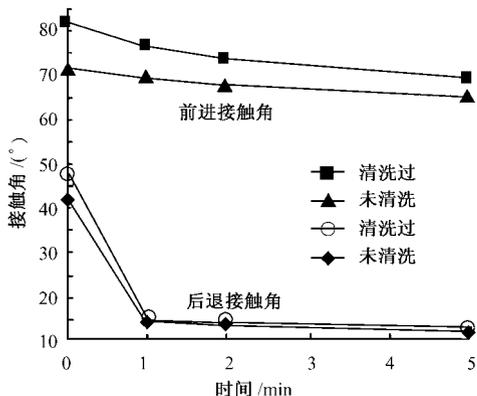


图5 减碱量处理后的纤维的动态接触角

为了提高处理的效果,使处理的工艺更接近实际生产,用10%的NaOH溶液在温度为130℃时对纤维处理1min,纤维的动态前进接触角为71.56°,而后退接触角接近0°。

### 3.3 碱减量处理对染色性能的影响

采用分散染料JAUNE TERASIL G W L 150%对各种工艺处理的纤维进行染色实验。染液浓度为

2%,染色的初始温度为60℃,加热速度为2℃/min,升温至130℃。用测色配色仪对各种处理工艺下不同时间的染色样品的染色深度进行测试。结果显示,经过处理后的纤维上色速度明显加快,将在100℃时用10%NaOH溶液处理5min的纤维与未处理的纤维相比,可以减少染色时间10min就达到同样的染色效果。而在130℃时处理1min的纤维,染色上色率更快,染色更鲜艳。

## 4 结论

碱减量处理使得纤维表面的粗糙度增加,从而使液体在纤维上的接触角明显减小,特别体现在对后退接触角的减小上,明显地改善了涤纶纤维的润湿性能。处理前对纤维清洗,可以增强碱减量处理的效果。用10%的NaOH溶液在温度为100℃时对纤维处理2min可以使纤维表面的粗糙度明显增加,使涤纶纤维的润湿性能明显改善。超过2min后作用逐渐趋缓。

经过处理后的纤维,后退接触角明显变小,说明纤维的润湿性能明显改善,从而导致纤维上色速度加快,使染色的时间缩短,而且染色更鲜艳。

## 参考文献:

- [1] Robbins M O, Joanny J F. Contact angle hysteresis on random surfaces[J]. Europhys. Lett, 1987, 6(6): 729 - 735.
- [2] Abrahan Marmur. Contact angle hysteresis on heterogeneous smooth surfaces[J]. Journal of colloid and interface science, 1994, 168: 40 - 46.
- [3] Campagne C. Etude de l'adhésion de latex sur des fibres dans les nontissés liés par voie chimique, Thèse[D], Lille, France, Université des Sciences et Technologies de Lille I, 2001.
- [4] Wolff V, Perwuelz A, ACHARI A EL, et al. Determination of surface heterogeneity by contact angle measurements on glass-fibres coated with different sizings[J]. Journal of Materials Science, 1999, 34: 3821 - 3829.