

·分析探讨·

低温空气等离子体改善聚丙烯纤维的吸湿性

刘松涛, 晏雄, 姜生, 唐晓亮

(东华大学 教育部纺织面料技术重点实验室, 上海 200051)

摘要 研究低温空气等离子体对聚丙烯纤维吸湿性的影响。实验结果表明, 经空气等离子体处理后, 聚丙烯纤维的微观表面出现了明显的凹坑和裂纹, 吸湿性能得到了提高。

关键词 聚丙烯纤维; 低温等离子体; 吸湿性能

中图分类号: TQ 340.654

文献标识码: A

文章编号: 0253-9721(2005)03-0019-03

Moisture absorption property of polypropylene fiber modified by air low-temperature plasma

LIU Song-tao, YAN Xiong, JIANG Sheng, TANG Xiao-liang

(The Key Laboratory of Textile Fabrics Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract The method of improving the moisture absorption of polypropylene fibers was studied. Especially, the surface modification technique of air low-temperature plasma on polypropylene fibers was discussed. The results show the micro-surface of polypropylene fiber appears as obvious concave and crackle, and the moisture absorption is increased after plasma treatment.

Key words polypropylene fiber; low-temperature plasma; moisture absorption

聚丙烯纤维是一种很有使用价值的纤维, 其原料来源广泛, 成本低廉, 具有良好的蓬松性、抗污性、耐磨性、回弹性、高强度、韧性、耐化学品性、抗虫蛀和霉菌、导湿芯吸效应等优越性能, 因而广泛应用于纺织、服装、服饰及室内装饰。近几年来, 随着新工艺、新技术的不断应用, 新产品的不断开发, 聚丙烯纤维及其制品快速进入市场。但是, 由于聚丙烯纤维结构紧密, 表面光滑, 缺乏极性基团, 吸附功仅为棉花的 1/2 左右, 与水的接触角为 86° , 在标准条件下, 回潮率接近于 0, 几乎无吸湿能力, 因而妨碍了它的进一步应用^[1]。

近年来, 应用低温等离子技术对纤维进行改性处理取得了明显效果。低温等离子体是指气体温度在 300 ~ 500 K, 压力在 13.3 ~ 1 333 Pa (介质阻挡放电时为常压) 的稀薄低压等离子体, 可用紫外辐射、X 射线、放电、加热等方法使气体电离获得, 实验室和工业上大多采用放电方式产生。低温等离子体的能量较低, 一般只有几十电子伏特, 具有作用强度高、穿透力小 (约 5 ~ 50 nm)、反应温度低、操作简单、经济实惠、不污染环境等优点^[2]。

本研究采用低温空气等离子体对聚丙烯纤维进

行处理, 探讨低温空气等离子体对聚丙烯纤维吸湿导湿性能和纤维表面形态结构的影响。

1 实验部分

1.1 实验材料

聚丙烯纤维 (42 dtex/36 f), 东华大学材料学院提供。

1.2 样品制备

采用东华大学理学院研制的低温等离子设备来发生低温空气等离子体, 把聚丙烯纤维在下列条件下进行等离子体处理: 充气气压 1×10^5 Pa, 电流强度 100 mA, 阳极放电, 处理时间分别为 0、3、5、8、10、12、15 min。

1.3 实验仪器和方法

1.3.1 电镜观察 采用日本 SM-5600LV 扫描电子显微镜, 对未处理和处理后的聚丙烯纤维在电镜下进行观察。

1.3.2 红外光谱分析 采用美国傅里叶红外-拉曼光谱仪, 型号为 NEXUS-670, 对处理前后的聚丙烯纤维进行分析。

1.3.3 相对湿度测试 分别取经不同处理时间的

聚丙烯纤维样品各 10 g,置于大磨口玻璃瓶中,纤维不能与瓶壁接触,然后,通入水蒸气至瓶壁上有水珠出现为止,在 25℃ 的条件下密封保持 24 h,使其趋于吸湿平衡后,准确称量样品吸湿后的质量,计算聚丙烯纤维相对湿度和处理时间的关系。

1.3.4 毛细芯吸效果实验 取不同处理时间的聚丙烯纤维样品各 1 份,长度为 10 cm。把样品垂直悬挂,下端浸入水中,3 min 后测量纤维的润湿高度。

2 结果与讨论

2.1 聚丙烯纤维表面形态的变化

通常,聚丙烯纤维表面是光滑而平整的。比较处理前后的聚丙烯纤维纵向形态(见图 1)发现,经低温空气等离子体处理后,聚丙烯纤维表面出现了明显的凹坑和细微的裂纹。这是因为低温空气等离子体中被高度激发的、不稳定的活性粒子对聚丙烯纤维表面产生了刻蚀、交联、基团引入、糙化等作用,实现了纤维改性。等离子体中的离子、电子、激发分子或原子等粒子对纤维表面溅射刻蚀;等离子体中的化学活性物质使材料表面产生氧化、降解等反应而引起化学微刻蚀。在 2 种刻蚀同时作用下,聚丙烯纤维表面形成凹坑和细微裂纹,同时产生凸状沉积物,生成一系列含氧、含氮极性基团,因此增加了纤维表面的微观粗糙度^[2,3]。

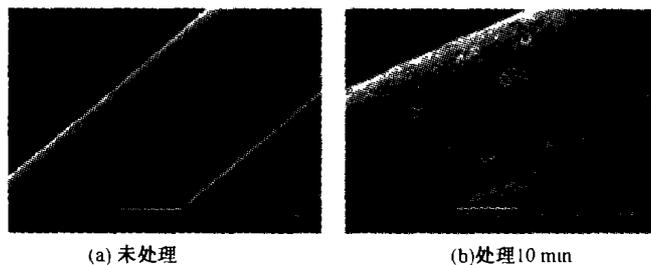


图 1 处理前后的聚丙烯纤维纵向形态

2.2 红外光谱分析

图 2 为处理前后聚丙烯纤维表面的红外光谱。由图 2 可知经过等离子体处理的聚丙烯纤维吸收峰强度发生了部分的改变,峰形轮廓更清晰、明显,验证了聚丙烯纤维表面得到了改性。

2.3 聚丙烯纤维吸湿性能的变化

进行低温空气等离子体处理的时间分别为 0、3、5、8、10、12、15 min,对应的毛细芯吸效果的实验结果分别为 2.8、3.5、4.0、4.5、4.2、4.3、4.2 cm;相对湿度测试结果为 4.3%、7.5%、10.2%、10.9%、12.6%、12.1%、12.8%。由以上 2 项实验结果证明处理后的聚丙烯纤维的吸湿性能得到提高。图 3 是纤维湿润高度与处理时间的关系,图 4 是相对湿度

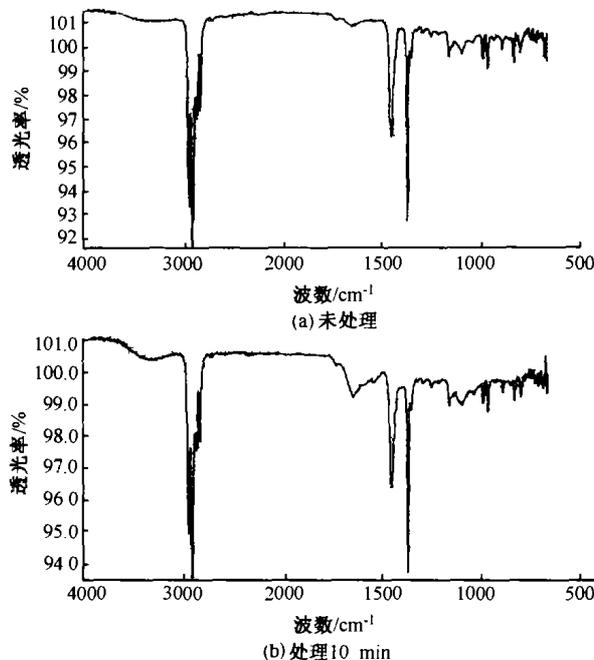


图 2 处理前后聚丙烯纤维表面红外光谱

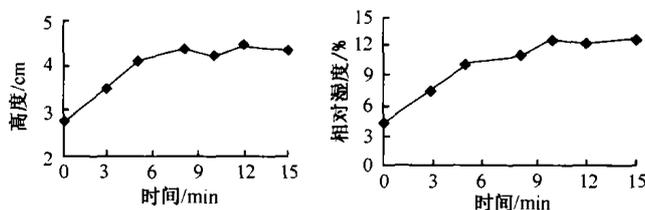


图 3 纤维湿润高度与处理时间的关系

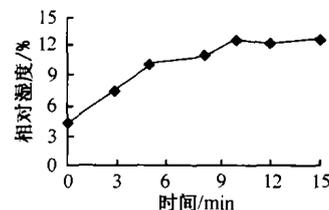


图 4 纤维相对湿度与处理时间的关系

与处理时间的关系。

从图 3 看出,处理时间在 0~8 min 内毛细芯吸效应提高很快,10 min 之后芯吸导湿效应趋于平缓;从图 4 看出,等离子体处理时间在 0~10 min 内,相对湿度逐步上升,在 10 min 左右的时候效果最好,处理时间在 10 min 以后相对湿度值逐渐趋缓。处理后聚丙烯纤维吸湿导湿性能的提高,是由于低温空气等离子体粒子轰击聚丙烯纤维表面时,将自身的能量传递给纤维表面分子,使纤维经历了热蚀、蒸发、交联、降解、氧化等过程,从而使聚丙烯纤维表面产生的自由基离子通过碎片化和异构化作用而引入大量亲水基团。这些亲水基团的存在,极大地增强了纤维表面的吸湿能力。同时,由于聚丙烯纤维经过低温等离子体处理后,纤维表面形成了微凹坑和一些细微的裂纹,增加了纤维的表面积,使聚丙烯纤维的吸湿导湿性能进一步改善^[4]。

3 结论

上述实验表明,聚丙烯纤维经过低温空气等离子体处理后,能明显改善其吸湿性能。当离子或中
(下转第 23 页)

2.4 CNTs 复合 PET 的特性粘度和流变性能分析

表1为7种样品的特性粘度和熔融指数。从表1看出,随着PET中CNTs质量分数的增加,特性粘度逐渐增大,这是由于CNTs不能溶解于苯酚-四氯乙烷溶剂中,从而成为杂质,延长了溶液流经毛细管两刻度线之间的时间,不能采用Mark-Houwink方程 $\eta = KM^a$ 来计算粘均分子量。从表1可知,CNTs的加入使聚酯的流动性变差,质量分数在1%~5%时,纺丝性能影响不大,质量分数达到8%以上时,流动性较差,这是由于CNTs含量较多时,影响了高聚合物的粘性流动,阻碍了高分子的跃迁,熔融指数减小,流动性变差。

表1 各样品的特性粘度和熔融指数

样品	特性粘度/ ($\text{dL} \cdot \text{g}^{-1}$)	熔融指数/ ($\text{g} \cdot (10 \text{ min})^{-1}$)
1*	0.69	25.4
2*	0.71	25.2
3*	0.71	24.8
4*	0.72	24.0
5*	0.75	23.19
6*	0.78	22.1
7*	0.81	21.05

2.5 CNTs 复合 PET 的导电性能分析

图4是CNTs的质量分数与聚酯表面电阻的关系。由图4可知,CNTs的质量分数从1%增加到5%时,表面电阻降低很快,而从5%增大到10%时,表面电阻变化不大,CNTs添加量为3%~5%即可达到抗静电效果^[4,5]。

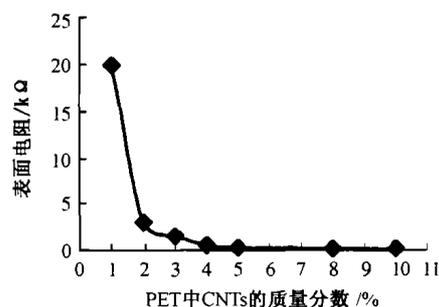


图4 CNTs的质量分数与聚酯表面电阻的关系

3 结论

1)电镜和X衍射分析证实,未经处理的CNTs含有大量的团聚体和杂质,经过酸化等表面处理后,能除去大部分杂质,提高了CNTs的分散性能。

2)DSC、特性粘度和流动性分析表明,CNTs的质量分数低时,热性能改变不大,质量分数在10%时,熔点下降较多;特性粘度增大,流动性变差。

3)综合热性能、流变性能和表面电阻分析,用于抗静电的聚酯,CNTs添加量以3%~5%为宜。

参考文献:

- [1] 郭连权.碳纳米管的物性与应用[J].人工晶体学报,2002,31(2):164-167.
- [2] 余颖,贾志杰,曾艳,等.碳纳米管增强PA6复合材料的机理[J].高分子材料科学与工程,2003,19(3):198-200.
- [3] 何曼君,陈维孝,董西侠.高分子物理[M].修订版.上海:复旦大学出版社,2001.69-72.
- [4] 卢伟哲,李志.碳纳米管/PP纤维抗静电性能研究[J].合成纤维,2002,31(6):19-21.
- [5] Cheng Fa-liang. Electrochemical studies of cytochrome on electrodes single-wall carbon nanotubes[J]. Chinese Journal of Chemistry, 2003, 21:436-411.

(上接第20页)

性粒子与聚丙烯纤维表面作用时,入射粒子的动能通过碰撞将能量传递给表面原子,表面原子获得超过结合能的动能溅射出来,使纤维表面产生起伏,变粗糙,并产生键的断裂,在纤维表面引入了亲水基团和自由基,提高了聚丙烯纤维的亲水吸湿性能^[5]。在本实验过程中发现,聚丙烯纤维在处理时间为10 min左右时,其亲水吸湿性能最好。也可以看到,低温等离子体技术作为一项有效的表面改性技术,节能、无污染、处理时间短,能获得使用传统工艺不能得到的新型反应效果,具有很大的应用潜力和广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 陈彦模,朱美芳.聚丙烯纤维发展现状和未来趋势展望[J].江苏纺织,1999,(5):28-31.
- [2] 唐晓亮.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,(1):1-16.
- [3] Farley J M, E Meka P J. New plant for polypropylene fine fibers[J]. Appl Polym Sci, 1994,(3):21-91.
- [4] 狄剑锋.低温等离子体处理对涤纶润湿性能的影响[J].合成纤维,2001,30(6):27-28.
- [5] 张开.等离子体在材料改性中的应用[A].见:第2届全国界面工程研讨会文集[C].北京:化学工业出版社,1991.26.