

水刺型空气加湿器滤材的亲水性改性研究

余向琪, 黄露颖, 胡国樑

(浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018)

摘要: 为得到一定硬挺度及吸水性能的空气加湿器滤材, 选用黏胶/PET 水刺非织造布为基体材料, 使用亲水剂 GL 与丙烯酸树脂的混合溶液对其进行处理, 得到实验预期的加湿器滤材。以芯吸高度、表观吸水率、吸水率恢复率及硬挺度作为主要测试指标, 探讨亲水剂对丙烯酸树脂亲水性改性的效果。实验表明: 吸水剂 GL 浓度 0.6%, 烘干温度 90℃, 烘干时间 18 min 时其改性效果最优。

关键词: 加湿器; 滤材; 丙烯酸树脂; 亲水性

中图分类号: TS176.9

文献标志码: A

0 引言

空气加湿器滤材不仅能提高雾化效果, 还能过滤掉水中的微细杂质, 利于人体健康, 同时能够延长加湿器的使用寿命。提高过滤材料的高吸水性, 可使加湿设备在同样水压和时间内释放更多水雾, 增大加湿度及工作效率^[1-2]。目前, 关于空气加湿器的研究主要集中在电池燃料与控制方面, 对其滤材方面研究见报较少。常用的空气加湿器中过滤与吸水是两个不同的部件。部分加湿器同时拥有过滤与湿吸水功能, 比如黏胶-棉-黏胶吸水材料, 采用在吸水棉网外层包裹有黏胶非织造布的结构, 整个材料保留了良好的吸水性能, 能吸附残留污垢, 虽然有一定的过滤功能, 但其硬度不够, 所用环境受限制且寿命短。湿膜是由植物纤维或玻璃纤维加入特殊化学原料制成, 拥有过滤与加湿的双重功能, 解决了“白粉”问题^[3], 但是体积大而加湿量小, 并且其清洗不便、成本高。

周树军等^[4]选用接枝共聚等方法对利用丙烯酸对聚酯树脂进行亲水改性。但对于水刺布生产厂家而言, 不利于投入生产。本研究滤材模拟湿膜加湿原理, 在具有湿膜加湿器优越性的同时改善其加湿量, 便于清洗、更换。本研究在黏胶与 PET 共混水

刺非织造布的基础上采用广泛使用且成本较低的丙烯酸树脂来提高水刺布的硬度, 其过程会降低材料的吸水性能, 再使用亲水剂对其改性, 来提高整体的吸水性能, 从而获得具有一定硬度和吸水性能的空气加湿器过滤材料。

1 实验

1.1 实验材料与仪器

面密度为 54 g/m², 混纺比为 80/20 的黏胶/PET 水刺非织造布(浙江弘扬无纺新材料有限公司提供); 丙烯酸树脂(化学纯, 浙江弘扬无纺新材料有限公司提供); 亲水剂 GL(化学纯, 阴离子表面活性剂, 杭州米克纺织材料有限公司提供); DGG-9240B 电热恒温鼓风干燥箱(上海森信实验仪器有限公司); YG026D 多功能电子织物强力机(宁波纺织仪器厂); JA2003N 电子天平(上海精密科学仪器有限公司); YG(B)871 毛细效应仪(温州大荣纺织标准仪器厂); 标准筛(60 目, 浙江省上虞市圣超仪器设备有限公司)。

1.2 试样制备

采用一浸一轧后烘干的方法对黏胶/PET 水刺非织造布进行改性整理。浸渍液为亲水剂 GL 与丙烯酸树脂的混合溶液, 采用过量浸渍法浸渍 10 min

后进行压轧与烘干定型处理。试样制备过程主要控制亲水剂浓度、烘干时间、烘干温度。亲水剂 GL 浓度(质量分数)选取 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%，烘干温度选取 80、90、100℃，烘干时间选取 15、18、21 min。

制样工艺流程:水刺非织造布→浸渍(亲水剂浓度 0~1.2%, 10 min)→压轧→烘干(80~100℃, 15~21 min)。

1.3 性能测试

芯吸高度:实验材料毛细效应的度量,即垂直悬挂的纺织材料其一段被液体浸湿时,液体通过毛细管作用,在一定时间内沿纺织材料上升的高度。

表观吸水率:取面积为 10 cm×10 cm 的干燥试样,浸没在去离子水中达吸水饱和后取出,搁置在 60 目筛网中至滴干表面浮水,准确称取吸水后材料的质量^[5]。表观吸水率^[6]由下式求得:

$$\text{表观吸水率}/(\text{g}/\text{m}^2) = \frac{m_2 - m_1}{S} \quad (1)$$

其中: m_1 和 m_2 分别为试样吸水前后质量(g), S 为试样面积(m^2)。

吸水率恢复率:测取表观吸水率后的试样,放在 80℃ 的恒温鼓风干燥箱中干燥至无水分,再次测其表观吸水率^[7],其吸水率恢复率 γ ,

$$\gamma/\% = \frac{\nu_n}{\nu_a} \times 100 \quad (2)$$

式中: ν_n 和 ν_a 分别为滤材第 n 次与第 1 次的表观吸水率(g/m^2)。

硬挺度:试样的硬挺度由抗弯刚度进行表征。把一矩形试样放在一个水平平台上,其长度方向垂直于平台的一边,使试样沿本身的长度方向移动,在其自重的作用下,伸出和下弯的部分越来越多。当试样到达由平台边缘和水平线成 43° 角的瞄准线组成的平面时,测量伸出部分的长度^[8]。抗弯刚度 $B/(\text{cN} \cdot \text{cm})$,

$$B = 9.8 \times 10^{-5} \times G \times \left(\frac{L}{2}\right)^3 \quad (3)$$

其中: G 为织物平方米质量(g/m^2), L 为试样滑出长度(cm)。

2 结果与讨论

本研究所选用的黏胶/PET 水刺非织造布具有优良的吸水功能^[9-10],其芯吸高度达到 120.99 mm,表观吸水率为 493.17 g/m^2 ,其吸水率恢复率也达到了 99.3%,但是其硬挺度较差,抗弯刚度仅 0.10

$\text{cN} \cdot \text{cm}$ 。滤材经丙烯酸树脂处理后,水刺布的硬挺度大大提高,抗弯刚度达到了 13.50 $\text{cN} \cdot \text{cm}$,达到了标准要求的 11 $\text{cN} \cdot \text{cm}$,但是其吸水功能降低明显,其芯吸高度仅 21.25 mm,表观吸水率 167.10 g/m^2 。加入亲水剂后,滤材在保证一定硬挺度的同时拥有高的吸水性能。

2.1 亲水剂浓度对滤材性能的影响

为确定最佳亲水剂浓度,选取烘干温度 90℃,烘干时间 15 min,改变亲水剂浓度进行单因素实验,考察亲水剂浓度对空气加湿器滤材的吸水性能的影响。

2.1.1 亲水剂浓度对滤材芯吸高度的影响

亲水剂浓度对芯吸高度影响的实验结果如图 1 所示。

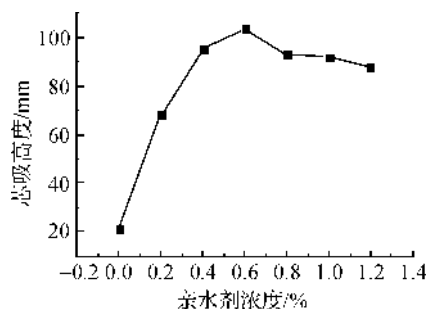


图1 亲水剂浓度对芯吸高度的影响

从图 1 中可以看出,在烘干时间和烘干温度一定时,滤材的芯吸高度随亲水剂浓度的增加先增大后减小最后趋于稳定。当不添加亲水剂(亲水剂浓度 0)时,滤材的芯吸高度仅 21.25 mm,加入少量亲水剂后滤材的芯吸高度明显增大,在亲水剂浓度为 0.6% 时最高,达到了 103.40 mm,是未加亲水剂时的 4.9 倍。芯吸实验是将试样一端浸入去离子水中,而当相对湿度大于 90% 或浸入水中时,纤维间的毛细水大量形成。纤维集合体内的毛细水是由表面吸附作用所产生^[11]。纤维与纤维间的毛细效应主要影响因素是纤维排列方式和缝隙大小,他们对纤维集合体的吸湿量有很大影响^[12]。不添加亲水剂时,仅丙烯酸树脂处理水刺非织造布,其大分子容易随着水分子进入非织造布的毛细孔中,使得纤维与纤维间形成的毛细通道出现堵塞现象,阻碍了芯吸,影响了芯吸高度。在树脂中添加亲水剂使之与纤维结合,提高滤材表面的亲水基团量。在一定范围内,亲水剂含量越大,滤材表面的亲水基团越多,所能吸附的水分子越多;当含量达到一定量时,亲水剂与滤材的结合趋于饱和,芯吸高度逐渐稳定。

2.1.2 亲水剂浓度对滤材表观吸水率的影响

亲水剂浓度对表观吸水率的影响如图2所示。

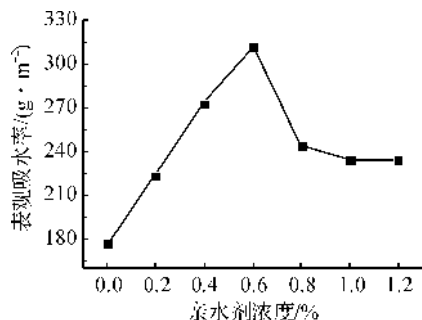


图2 亲水剂浓度对表观吸水率的影响

由图2可知,随亲水剂浓度的增大,表观吸水率呈现先增大后减小最后趋于稳定的趋势。在亲水剂浓度为0.6%时,滤材的表观吸水率最大,为311.53 g/m²。滤材的表观吸水率受芯吸作用的影响大,变化趋势同芯吸高度变化趋势相似。影响表观吸水率的主要因素有两个:空间储水和表观吸水。一是空间储水,非织造布特有的三维空间结构使其不仅在过滤方面有着巨大优势,在储水方面也有卓越的表现。纤维杂乱分布形成纤维曲线式系统,使水分子有更多机会吸附于纤维上,同时空间结构能储藏大量水分。本研究选用的水刺布有着大量的孔洞,大大增大了储水能力。二是表观吸水,树脂减小了空间结构并阻碍了部分毛细效应,亲水剂则在表面吸附方面弥补了这一缺陷。亲水剂浓度对表观吸水率的影响同其对芯吸高度的影响相似。浸渍液中亲水剂的浓度直接影响到滤材表面亲水基团的数量,从而影响到表观吸水率。

2.1.3 亲水剂浓度对滤材吸水率恢复率的影响

亲水剂浓度对吸水率恢复率的影响如图3所示。

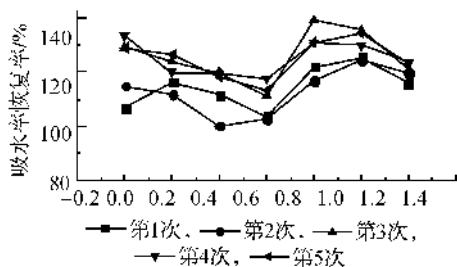


图3 亲水剂浓度对吸水率恢复率的影响

图3显示,所有试样的吸水率恢复率都达到100%以上。吸水率恢复率100%表示表观吸水率没有损失,吸水能力未降低。这说明本研究所制的试样其后几次的表观吸水率比第1次的表观吸水率

大。出现这样的情况,可能是因为试样第一次浸水后,一部分未与非织造结合或是结合不稳定的丙烯酸树脂溶于水中,使更多的非织造布裸露出来,减少了丙烯酸树脂对于滤材吸水性的影响;或是由于滤材浸水之后,使得黏胶纤维溶胀,纤维比表面积增大,吸附水分子的能力增强,表观吸水率增加。同时本研究滤材所选用的黏胶纤维本身具有很好的吸水性能,因此在测定第二次的表观吸水率时,滤材吸的水要比第一次多,从而使得试样的吸水率恢复率增加。

2.1.4 亲水剂浓度对滤材硬挺度的影响

选用抗弯刚度对试样的硬挺度进行表征。本研究所用黏胶/PET水刺非织造布硬挺度较差,抗弯刚度仅0.10 cN·cm,经丙烯酸改性后,其抗弯刚度达到13.50 cN·cm。由图4可以看出,加入亲水剂后,其硬挺度也得到提高,试样的抗弯强度随着亲水剂浓度的增加而呈上升趋势。试样的抗弯刚度皆大于11 cN·cm(工厂设定指标)。

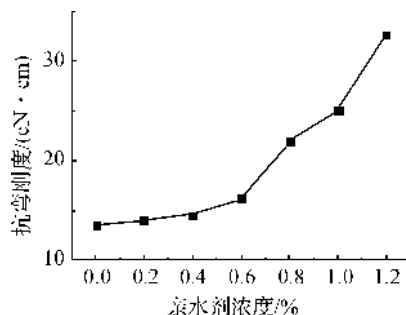


图4 亲水剂浓度对硬挺度的影响

2.2 烘干温度和烘干时间对滤材吸水性能的影响

2.2.1 烘干温度和烘干时间对滤材芯吸高度的影响

烘干温度和烘干时间对芯吸高度的影响如图5所示。

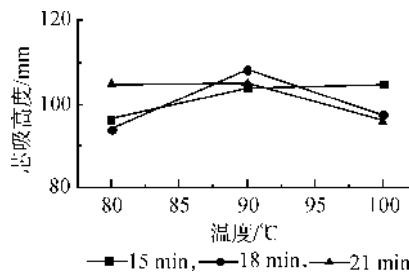


图5 烘干温度和烘干时间对芯吸高度的影响

由图5可以看出,随着烘干温度和烘干时间的变化,滤材的芯吸高度变化不明显。芯吸高度最高达到了108.25 mm,最低为94.00 mm,高度差为4.25 mm,相差较小,说明烘干时间和烘干温度对滤材的芯吸高度影响小,不是主要影响因素。

2.2.2 烘干温度和烘干时间对滤材表观吸水率的影响

烘干温度和烘干时间对表观吸水率的影响如图6所示。

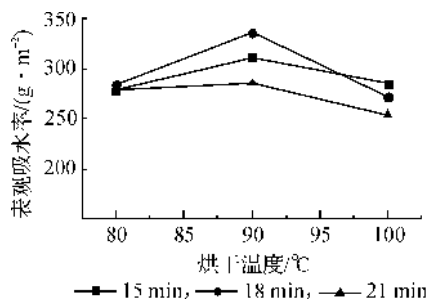


图6 烘干温度和烘干时间对表观吸水率的影响

由图6可知,在90℃下烘干18 min所得的试样表观吸水率最大,为336.40 g/m²;100℃下烘干21 min所得的试样表观吸水率最小,为253.85 g/m²。烘干温度与烘干时间变化时试样的表观吸水率变化不明显,说明试样的表观吸水率对烘干温度和烘干时间的依赖性小。烘干温度为100℃时试样的表观吸水率较100℃以下时偏小,说明高温烘干对试样仍有一定破坏,所以选择低温烘干较好。

2.2.3 烘干温度和烘干时间对滤材吸水率恢复率的影响

为了更直观地反映烘干温度和烘干时间分别对吸水率恢复率的影响,选用了单一因素试验,其影响结果如图7、图8所示。

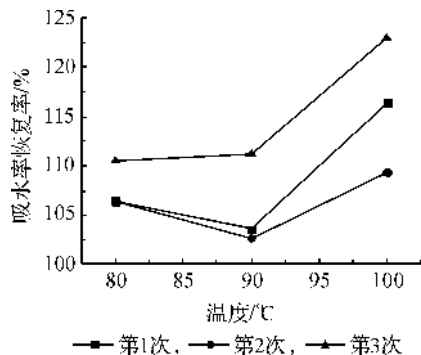


图7 烘干温度对吸水率恢复率的影响

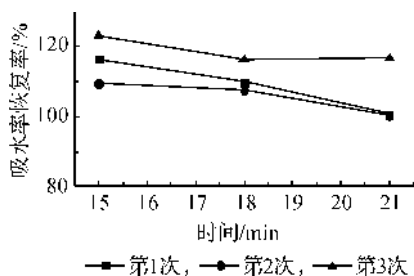


图8 烘干时间对吸水率恢复率的影响

图7是在烘干时间为21 min时温度与吸水率恢复率的关系曲线。在其他条件一定的情况下,90℃烘干所得的试样其吸水率恢复率最小。这是因为该条件下的试样表观吸水率最大,而试样重复吸水后的吸水率损失小,所以表现出吸水率的恢复率小。图8显示的是烘干温度为90℃时时间与吸水率恢复率的关系曲线。说明在温度90℃,烘干时间越长,试样吸水性能越差,其耐久性较差。根据图7、图8所示,吸水率恢复率都大于100%,与2.1.3情况相同。

2.2.4 烘干温度和烘干时间对滤材硬挺度的影响

烘干温度和烘干时间对硬挺度影响的实验结果见图9。

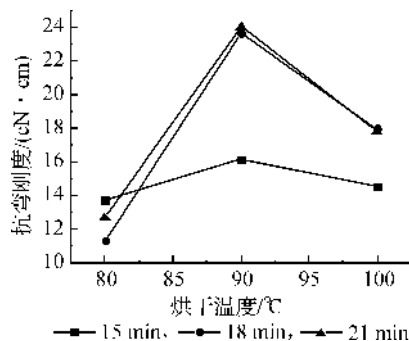


图9 烘干温度对硬挺度的影响

由图9可知,在烘干温度90℃,烘干时间21 min时试样的抗弯刚度最大,但此时的吸水性能却极差。在烘干温度为80℃,烘干时间15 min时试样的抗弯刚度最小,即硬挺度最小,为11.29 cN·cm。烘干时间与烘干温度对于试样的硬挺度有一定影响,低温短时间烘干时试样的硬挺度稍低,但是都在要求范围内。

3 结论

亲水剂GL在空气加湿器滤材用丙烯酸树脂的高吸水性能改性方面有着显著的效果。滤材的芯吸高度和表观吸水率随亲水剂浓度增加呈先增大后减小最后趋于稳定的趋势。亲水剂GL浓度为0.6%,烘干温度为90℃,烘干时间18 min时所制滤材试样的芯吸高度达到了原试样的5倍多,试样的硬挺度能够得到保证。亲水剂改性后的滤材吸水率恢复率优异,反复吸水率大,耐用性能优良,重复使用其吸水性能损失小。本研究采用的方法简单易行,效果佳易于生产。

参考文献:

- [1] 李 甲. 空调加湿器加湿性能的实验研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2011: 1-9.

- [2] 孙莹, 孙艳秀. 空调用加湿器的介绍及选用分析[J]. 制冷空调与电力机械, 2010, 31(3): 69-73.
- [3] 黄秋菊, 刘乃玲. 湿膜加湿器的加湿机理及影响因素分析[J]. 节能, 2006(10): 8-11.
- [4] 周树军, 陈斌, 李焕, 等. 丙烯酸改性聚酯水分散体纺织涂层的制备[J]. 上海涂料, 2009(9): 1-3.
- [5] 马慧. 高吸水保水土工养护膜的研究开发[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2010: 15-16.
- [6] 章悦庭, 胡绍华, 虞和倬, 等. 生物可降解高吸水性非织造布的研制[J]. 功能高分子学报, 1999, 12(4): 389-392.
- [7] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006: 291-293.
- [8] 吴子婴, 徐秀娟, 黄志超. 纺织实验讲义[M]. 杭州: 浙江理工大学, 2011: 167-169.
- [9] 赵峰. 粘胶纤维在水刺非织造布中的应用研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2006: 1-3.
- [10] 张芸. 水刺非织造过滤材料的开发应用[C]//中国造船工程学会, 中国产业用纺织品行业协会. 2009 中国过滤用纺织品创新发展论坛. 烟台, 2009: 68-69.
- [11] 钱建栋. 织物毛细效应的实验研究[J]. 江苏丝绸, 2008(6): 16-17.
- [12] 陈东生, 赵书经, 甘应进, 等. 织物透湿过程规律的研究[J]. 纺织学报, 1996, 17(1): 18-19.

Study on Hydrophilic Modification of the Filter Material of Immersing Air Humidifier

YU Xiang-qi, HUANG Lu-ying, HU Guo-liang

(School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to gain filter material of air humidifier with certain stiffness and water absorption capability, viscose/ PET spunlaced nonwovens were selected as the base material. The mixed solution of hydrophilic agent GL and acrylic resin was used to treat it and expected humidifier filter material was gained. The wicking height, apparent absorption, repeated water absorption and stiffness were selected as the main test indexes to discuss effect of hydrophilic agent on hydrophilia modification of acrylic resin. The results show that the optimal modification effects can reach the best under the following conditions: hydrophilic agent GL concentration 0.6%, drying temperature 90°C, and time 18 min.

Key words: humidifier; filter material; acrylic resin; hydrophilia

(责任编辑: 张祖尧)