

PAC 改善防水透湿涂层织物性能的研究

孟令杰^{a,b}, 刘今强^{a,b}, 李永强^{a,b}

(浙江理工大学, a. 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室;

b. 生态染整技术教育部工程研究中心, 杭州 310018)

摘要:以聚阴离子纤维素(PAC)作为水性聚丙烯酸酯类 DS 330 涂层剂的增稠剂(PAC 与水以 1:20 质量比溶解配制成糊状胶液后添加使用),利用其烘干成膜过程中脱水絮凝而破坏涂层膜局部连续性,并通过适当控制工艺条件形成大量符合要求的透湿微孔,从而大大改善了涂层织物的透湿性能。其透湿量达到了 $4\,400\text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$,且硬挺度小、力学性能较好,可满足人们穿着舒适性要求,而且克服了纤维素类增稠剂流平性差,易受微生物攻击等缺点,生产工艺简单、经济、环保。

关键词:聚阴离子纤维素;水性聚丙烯酸酯;脱水;絮凝;微孔;涂层织物

中图分类号: TS195.5

文献标识码: A

0 引言

随着科技的发展,生活水平的提高,人们对服装不再是单纯的保暖需求,而是舒适性、流行性和功能性的复合要求。防水透湿涂层服装具有防水、透湿、保暖御寒等功能,但织物的防水性和透湿性是相互矛盾的,防水透湿涂层织物虽具有较好的防水性,但其透湿性相对较差,不能满足服装穿着舒适性要求。理论上如果透湿量能达到 $3\,000\text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ ^[1]以上,皮肤蒸发的水分就能及时散发出去而人体就不会感到闷热或湿冷^[2-3],穿着就会比较舒适。

目前改善涂层织物透湿性能的方法^[4-5]主要有亲水透湿和微孔透湿。亲水透湿涂层织物由于膜中没有微孔,因此具有较好的防水性,但其透湿性较差,穿着不舒适。本实验以纤维素类高分子 PAC 作为水性聚丙烯酸酯类涂层剂 DS330 的增稠剂,通过破坏涂层膜局部连续性和对工艺条件的适当控制,形成符合要求的透湿微孔来改善涂层织物的透湿性能。参阅文献可知,由于纤维素类增稠剂^[6-8]容易絮凝而破坏膜结构,且流平性差,易受微生物攻击,故

迄今未见有在织物涂层工艺中使用 PAC 高分子作水性涂层剂增稠剂的报道。因此,作为一项全新的研究,既充分利用纤维素类增稠剂增稠功能,又借助其特殊的凝聚性在涂层膜上构建微孔,达到改善涂层织物透湿性能的目的,具有重要的理论意义和实用价值。

1 实验部分

1.1 实验材料及试剂

涤纶纺(线密度 70.2dtex,经纬密 220×170 根/5 cm,克重 $60\text{ g}/\text{m}^2$,织物结构:平纹)。

有机氟拒水整理剂 TG-410C(日本大金公司);有机硅表面活性剂 BYK-346(德国毕克公司);水性聚丙烯酸酯类涂层剂 DS330(巴斯夫化工有限公司);聚阴离子纤维素(PAC,取代度 0.9,任丘市燕兴化工有限公司);水性丙烯酸类增稠剂 AT-75(广州众冠美公司)。

1.2 主要仪器

C-6 涂层机、M-6 连续性热定型机(杭州三锦科技有限公司);YG-601-I/II 电脑式织物透湿仪(宁

波纺织仪器厂); YG(B)812 织物渗水性测定仪(温州大荣纺织标准仪器厂); YG065 电子式织物强力机、LLY-01B 电子硬挺度仪(莱州市电子仪器有限公司); KH-7700 数字式三维视频显微镜(日本 HIROX 公司); ULTRA55 场发射扫描电镜(ZEISS 蔡司公司)。

1.3 实验方法

涂层整理工艺: 涤纶基布→前拒水整理→涂层整理→预烘(90℃, 3 min)→焙烘(160℃, 1 min)。

其中涂层剂配方:

水性涂层剂 DS330 100 份;

有机硅表面活性剂 BYK-346 6 份;

与水按 1:20 质量比溶解配制成的 PAC 糊状胶液 20 份。

a) 为了防止水性涂层剂在涂层整理过程中背渗织物和保证涂层织物的防水性能, 在涂层整理前需对织物进行前拒水整理, 其前拒水整理工艺为: 浸轧 TG-410C 拒水整理剂(二浸二轧, 轧液率 70%)→预烘(90℃, 3 min)→焙烘(160℃, 1 min)。

b) 拒水整理后的涤纶织物表面张力很低, 且水性涂层剂表面张力很大, 造成水性涂层剂很难在织物表面润湿铺展, 直接影响了涂层膜的连续性, 降低了织物的防水性能。因此, 需在涂层剂中添加适量的表面活性剂降低其表面张力。当表面活性剂 BYK-346 的添加量为涂层剂 DS 330 质量的 6% 时, 涂层剂在织物表面完全润湿铺展。

c) 为了满足涂层工艺的需要, 需添加适量的增稠剂来提高涂层剂粘度, 其粘度以用玻璃棒挑起时刚能缓缓流下为宜^[9]。当以纤维素类高分子 PAC 作为水性涂层剂 DS330 增稠剂时, 其不宜直接添加到涂层剂中, 需先用适量水搅拌溶解, 配制成糊状胶液后备用。因为纤维素类增稠剂直接添加到水性涂层剂中会发生结团、结块, 降低其溶解量而在水性涂层剂中分散不匀使其增稠效果较差。本实验 PAC 高分子与水按质量比 1:20 溶解配制, 用量以配制好的糊状胶液质量计, 为涂层剂质量的 20% 时, 涂层剂粘度适中。

1.4 测试方法

a) 防水性测试: 用 YG(B)812 型织物渗水测定仪, 按 GB/T4744—1997 标准进行测试。水压上升速率为 5.88 kPa/min(600 mm H₂O/min)。

b) 透湿性测试: 用 YG601-I/II 型电脑式织物透湿仪, 按 GB/T12704.1—2009《纺织品 织物透湿性试验方法: 吸湿法》进行测试, 测试时采用正杯吸湿法。

c) 力学性能测试: 按照国标 GB/T3932.1—1997《纺织品 织物拉伸性能第 I 部分: 断裂强力和断裂伸长的测定: 条样法》测试。其中夹距为 100 mm, 拉伸速度为 100 mm/min, 拉伸强力均为经向拉伸强力。

d) 硬挺度测试: 用 LLY-01B 型电子硬挺度仪进行测试。其中, 试样尺寸为 (250±1) mm×(25±1) mm, 测试时试样的长边平行于织物的经向, 且涂层面朝上, 试样数量为 6 块, 取其平均值。

e) 耐洗性测试^[10]: 将整理织物浸泡在 2 g/L 的皂片溶液中, 并在 25℃ 下震荡水洗 10 min, 清水洗, 烘干, 即完成一次水洗。

2 结果与讨论

2.1 涂层织物的整理效果

不同增稠剂其涂层织物水洗前后性能如表 1 所示。表 1 中“涂层织物(AT-75)”指以丙烯酸类增稠剂 AT-75 作为水性涂层剂 DS 330 增稠剂整理后的涂层织物; “涂层织物(PAC)”指以聚阴离子纤维素作为水性涂层剂 DS 330 增稠剂整理后的涂层织物; “水洗 5 次(AT-75)”是指“涂层织物(AT-75)”按上述耐洗性测试标准水洗 5 次; “水洗 5 次(PAC)”是指“涂层织物(PAC)”按上述耐洗性测试标准水洗 5 次。

表 1 不同增稠剂其涂层织物水洗前后性能

涤纶织物	耐静水压/mm* (g/m ² ·24h)	透湿量/ (g/m ² ·24h)	拉伸强 力/N	硬挺 度	耐水洗 性/次
原织物	10	8 120	642	2.08	
涂层织物 (AT-75)	730	1 130	575	2.47	10
水洗 5 次 (AT-75)	685	1 370	568	2.22	
涂层织物 (PAC)	350	4 400	624	2.34	10
水洗 5 次 (PAC)	320	4 720	626	2.16	

注: 耐洗次数 10 次是指水洗不超过 10 次时耐静水压下降小于 20%; * 1 mmH₂O=9.8Pa

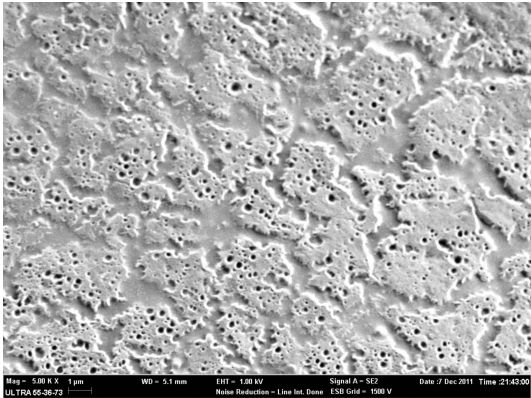
由表 1 知, 以 PAC 高分子作为水性聚丙烯酯类涂层剂 DS330 的增稠剂, 可以大大改善涂层织物的透湿性能, 透湿量达到了 4 000 g/(m²·24h) 以上, 皮肤蒸发的水分和汗气能及时散发出去而不会感到闷热或湿冷, 穿着舒适。相比“涂层织物(AT-75)”, 其耐静水压大大下降, 但仍可达到 350 mm H₂O(3.43 kPa), 可以满足日常生活穿着需求, 且以 PAC 高分子作为水性涂层剂 DS 330 的增稠剂时, 其涂层织物力学性能较好、硬挺度较小、耐洗牢

度好。

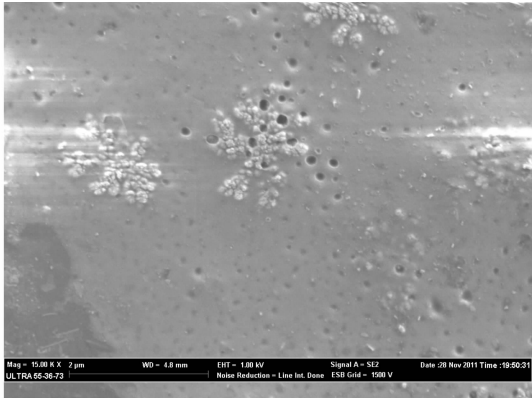
2.2 PAC改善涂层效果的原因分析

2.2.1 涂层织物透湿性能提高的原因分析

由表1可知,以PAC高分子作为水性涂层剂DS330的增稠剂时,其透湿性能大大改善。以PAC高分子作为水性涂层剂DS330增稠剂的涂层织物水洗前后进行SEM观察,观察结果如图1所示。

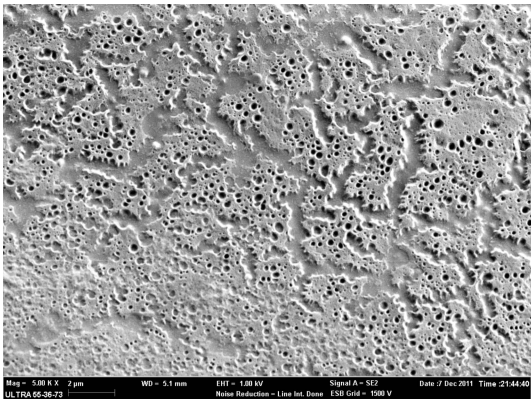


5.00 KX

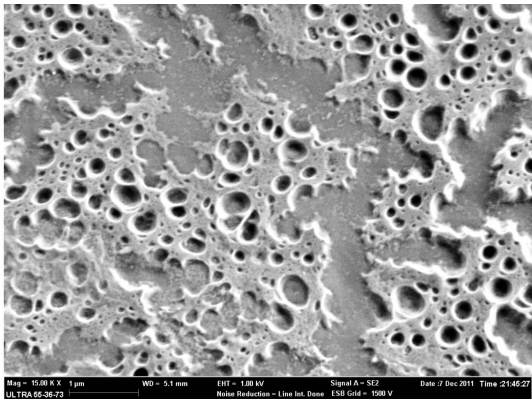


15.00 KX

(a) 水洗前



5.00 KX



15.00 KX

(b) 水洗后

图1 水洗前后涂层织物 SEM 图像

由图1(a)可以看出,涂层膜上有许多凝聚颗粒,并形成了许多微孔,这些微孔的直径较小,大约只有0~150 nm。对照表2可知,其微孔直径远远大于水蒸汽分子的直径,而小于雾、毛毛雨等液态水滴的直径。水蒸汽分子能轻易透过微孔而液态水滴不易透过,因此具有较好的耐静水压和透湿性。

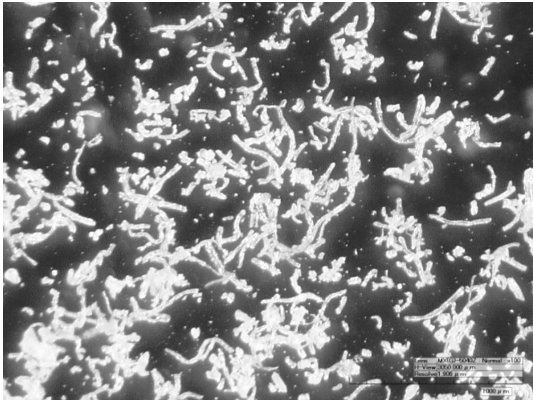
其微孔的形成是因为纤维素类增稠剂是通过“固定水”而达到增稠效果,对涂层剂乳胶粒子极少吸附,吸水膨胀(其吸水膨胀图像如图2所示)时均匀充满整个水相,在烘干成膜过程中脱水产生絮凝,且烘干过程中,由于温度的升高,会加剧分子的布朗运动^[12],使PAC高分子之间碰撞几率增大,也会促进絮凝。PAC高分子的凝聚使涂层剂在烘干交联成膜过程中膜的局部连续性遭到破坏,形成微孔;且

水蒸汽分子与雨滴直径大小详见表2。

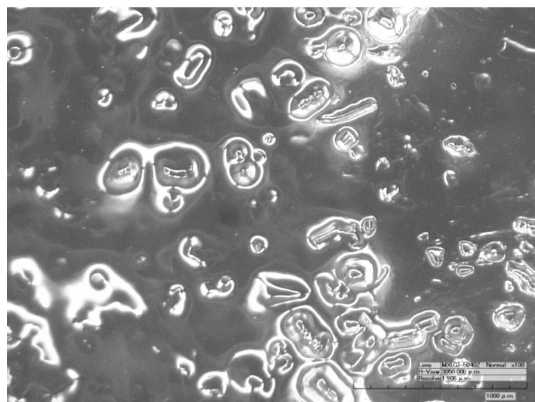
表2 水蒸汽分子与雨滴直径大小^[11]

类型	直径/ μm	类型	直径/ μm
水蒸汽分子	0.0004	小雨	900
轻雾	20	中雨	2000
雾	200	大雨	3000~4000
毛毛雨	400	暴雨	6000~10000

在烘干成膜过程中,凝聚的PAC颗粒进一步脱水体积大大缩小也会形成微孔。



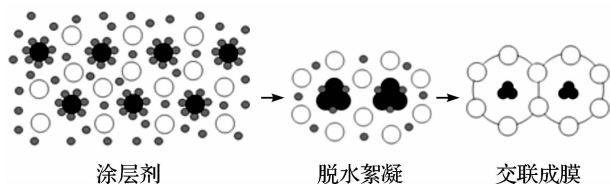
(a) 干燥的PAC粉末



(b) PAC糊状胶液(吸水膨胀)

图 2 显微镜下 PAC 不同状态的图像

微孔形成的原理如图 3 所示:



○涂层剂分子, ●PAC 高分子, •水分子

图 3 微孔形成的原理示意

由图 1(b)及表 1 知,涂层织物经水洗后,涂层膜上形成了更多的微孔,透湿性能进一步提高。这是因为凝聚的 PAC 高分子水洗过程中溶解于水中,从而形成了更多的透湿微孔,因此透湿性提高。

上述实验方法中提到,以 PAC 高分子作为水性涂层剂 DS 330 增稠剂时,需与水按 1:20 的质量比溶解配制成糊状胶液后添加使用,在显微镜下观察 PAC 干燥粉末的形态与 PAC 糊状胶液的形态,其结果如图 2 所示。

由图 2 可以看出,干燥的 PAC 粉末其形态呈体积很小的线状,与水以 1:20 溶解配制成糊状胶液后其体积大大增加,呈滚圆的棒状。这是因为纤维素类高分子主链与周围水分子通过氢键缔合而体积大大增大。不难推测,在烘干脱水后,其体积必将重回体积很小的线状,这也佐证了上面所提到的:在烘干成膜过程中,凝聚的 PAC 颗粒进一步脱水体积大大缩小也会形成微孔。因此,在溶解配制 PAC 糊状胶液时,添加水不易过多,否则,一方面会影响其增稠效果,另一方面由于 PAC 高分子吸水极度膨胀,其凝聚颗粒在烘干成膜过程中因大量脱水而形成直径较大的微孔,使得耐静水压下降。

2.2.2 涂层织物硬挺度分析

由表 1 可以看出,以 PAC 高分子作为水性涂层剂 DS330 的增稠剂时,其涂层产品硬挺度与原织物

相差不大,织物较为柔软,这是因为:a) 涂层膜较薄,涂层剂涂覆量较小。与溶剂型涂层剂相比,水性涂层剂的涂层膜很薄,涂覆量较小(大约仅有 4.8 g/m^2 ,比溶剂型涂层剂的涂层量小了将近 5 倍),渗入纱线内及纱线间的涂层剂较少,因此织物硬挺度较小。b) 有机硅表面活性剂的加入。为了使涂层剂在织物表面完全润湿铺展,形成连续均匀的涂层薄膜,在涂层剂中加入了有机硅表面活性剂 BYK-346,有机硅表面活性剂是一种柔软剂,因此织物硬挺度较小。

2.2.3 纤维素类增稠剂缺点的克服

织物涂层用增稠剂主要为丙烯酸类和缔合型聚氨酯类等合成高分子,由于纤维素类增稠剂会使涂层剂流平性变差,易受微生物攻击等缺点而限制了其在织物涂层中的应用,因此需加以克服。

a) 在高剪切下为低黏度,在静态和低剪切有高黏度,所以涂布完成后,黏度迅速增加,虽然以防止流挂,却使涂层剂流平性变差。

解决办法:加入有机硅表面活性剂不仅降低了涂层剂的表面张力,使涂层剂能很好地在织物表面润湿铺展,且有机硅表面活性剂又可以作为流平剂,大大改善了涂层剂流平性变差的问题。

b) 易受微生物攻击。解决办法:由于 PAC 是天然高分子,因此易受微生物攻击,涂层整理后,对涂层织物进行水洗,不仅可以使凝聚的 PAC 高分子溶解去除而不受微生物攻击,而且可以形成更多的透湿微孔,进一步提高织物透湿性能。

3 结 论

以 PAC 高分子作为水性聚丙烯酸酯类 DS330 涂层剂的增稠剂,克服了其流平性差,易受微生物攻击的缺点,利用其在烘干成膜过程中脱水絮凝而破坏涂层膜局部连续性,并通过控制工艺条件而形成符合要求的透湿微孔,大大改善了涂层织物透湿性差的问题,使其透湿量达到了 $4\,000 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$ 以上,且其力学性能较好、硬挺度小、耐洗牢度好,生产工艺简单、经济、环保。

参考文献:

- [1] 陈尔凡,曹 亮. PEG 对聚氨酯防水透湿涂层织物性能影响的研究[J]. 辽宁化工, 2007, 36(8): 515-518.
- [2] Desai V M. Water resistant-breathable hydrophilic polyurethane coatings[J]. Journal of Coated Fabrics, 2006, 25(2): 103-105.

[3] 马访中. 单组分防水透湿性聚氨酯涂层剂交联性能研究[J]. 染整技术, 2002, 24(6): 31-33.

[4] 徐旭凡, 王善元. 聚氨酯转移涂层织物的透湿防水性能[J]. 纺织学报, 2005, 26(3): 82-84.

[5] 周立群, 孟家光. 防水透湿织物的现状与发展[J]. 纺织科技进展, 2010 (1): 38-39.

[6] 徐 峰. 增稠剂在乳胶漆中的应用及其发展[J]. 上海涂料, 2005, 43(6): 15-18.

[7] 范珂瑞. 增稠剂的制备及应用研究进展[J]. 纺织科技进展, 2010 (3): 44-48.

[8] 朱刚卉. 羧甲基纤维素钠和羟乙基纤维素在日化产品中的应用[J]. 日用化学品科学, 2005, 28(4): 16-20.

[9] 王姗姗. 芳砜纶织物的防水透湿整理初探[D]. 上海: 东华大学, 2010.

[10] 杨晓红, 陈国强. PEG 改善涂层织物透湿性的研究[J]. 四川丝绸, 2004 (2): 26-28.

[11] 周国泰, 张旭东, 郝新敏. 聚四氟乙烯微孔膜防水透湿性能的探讨[J]. 中国劳动防护用品, 1997 (3): 10-13.

[12] 聂德明, 林建忠. 非球形颗粒布朗运动的涨落: 格子 Boltzmann 数值研究[J]. 计算物理, 2010, 29(1): 101-105.

The Effect of PAC on Improving the Waterproof and Moisture Permeable Coating Performance of Fabrics

MENG Ling-jie^{a,b}, LIU Jin-qiang^{a,b}, LI Yong-qiang^{a,b}

(Zhejiang Sci-Tech University, a. The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology; b. Engineering Research Center for Eco-Dyeing & Finishing of Textiles, Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper takes the poly anionic cellulose (PAC) as the thickener for the water-borne polyacrylate coating agent DS 330 (PAC must be dissolved in water when used, and the mass ratio is 1:20). It makes use of PAC dehydration and flocculation to destroy the local continuity of the coated film when it forms during baking. A large number of satisfactory micropores form by controlling the appropriate technical conditions on the coating of the thin film during the drying process, which greatly improves the moisture permeability of the polyester coating fabrics with its moisture quantity at 4,400 g/m² · 24 h. Meanwhile, little stiffness and good mechanical property are observed. The coating fabrics not only dress comfortably, but also overcome the drawbacks of the cellulose class thickening agent, such as bad leveling and being easily attacked by microorganisms when produced. Additionally, the production process is simple, economical, and environmentally friendly.

Key words: polyanionic cellulose; water-borne polyacrylate; dehydration; flocculation; micropore; coating fabrics

(责任编辑: 张祖尧)