

DOI: 10.13475/j.fzxb.20171003807

水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆在 涂料染色中的应用

刘素素^{1,2}, 姜 蕾^{1,2}, 隋晓锋^{1,2}, 毛志平^{1,2}, 徐 红^{1,2},
张琳萍^{1,2}, 钟 毅^{1,2}

(1. 东华大学 生态纺织教育部重点实验室, 上海 201620;
2. 东华大学 化学化工与生物工程学院, 上海 201620)

摘 要 为提高涂料染色色浆分散稳定性, 简化染色工艺流程, 以颜料-聚丙烯酸酯为核、聚氨酯为壳, 采用无皂乳液聚合法制成了水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆, 用于棉织物涂料轧染。借助纳米粒度仪与透射电子显微镜对有色乳液平均粒径及分布、颗粒形貌进行分析; 通过调节浸轧工艺配方中海藻酸钠用量, 改变浸轧次数与焙烘温度优化染色工艺条件。结果表明: 水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料乳胶粒具有明显的核壳结构, 平均粒径为126 nm; 染色配方中海藻酸钠质量分数为0.2%, 二浸二轧, 80 °C烘干, 140 °C焙烘, 染色织物得色量较高; 经柔软整理, 织物手感较好, 干摩擦牢度达到4~5级, 湿摩擦牢度达到4级, 皂洗褪色牢度达到4级。

关键词 水性聚氨酯-丙烯酸酯; 包覆颜料色浆; 棉织物; 涂料染色

中图分类号: TS 193.5 文献标志码: A

Application of waterborne polyurethane-acrylate coated pigment adhesives in pigment dyeing

LIU Susu^{1,2}, JIANG Lei^{1,2}, SUI Xiaofeng^{1,2}, MAO Zhiping^{1,2}, XU Hong^{1,2},
ZHANG Linping^{1,2}, ZHONG Yi^{1,2}

(1. Key Laboratory of Science and Technology of Eco-Textile, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. College of Chemistry, Chemical Engineering and Biotechnology, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract In order to improve the stability of the paste form of pigment and facilitate the pigment dyeing process, a waterborne polyurethane-acrylate coated pigment adhesives was prepared from polyurethane as shell and pigment-polyacrylate as core by emulsifier-free emulsion polymerization. It was used for pigment pad dyeing of cotton fabric. The size distribution, mean diameter and surface morphology of polymer emulsions were characterized by nanometer particle sizer and transmission electron microscopy. The pigment dyeing process was optimized by adjusting the dosage of waterborne polyurethane-acrylate coated pigment adhesives, sodium alginate, padding process and drying and curing parameters on the padding process. The results show that waterborne polyurethane-acrylate coated pigment latex particles exhibit obvious core-shell structure. The mean diameter is 126 nm. The dyed fabrics also show higher coloration when the dosage of sodium alginate is 0.2%, pre-dried at 80 °C and cured at 140 °C by two-dipping-two-padding. The dyed fabrics display good flexibility after softening finishing with dry crocking fastness up to 4-5 level, wet crocking fastness up to 4 level and soaping fastness reaching grade 4.

Keywords waterborne polyurethane-acrylate; coated pigment adhesive; cotton fabric; pigment dyeing

收稿日期: 2017-10-13 修回日期: 2018-05-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51403035)

第一作者简介: 刘素素(1994—), 女, 硕士生。主要研究方向为纺织品染色及功能整理。

通信作者: 钟毅 E-mail: zhongyi@dhu.edu.cn

涂料染色是利用黏合剂将没有反应性的颜料黏附在织物上的特殊染色工艺^[1],分为涂料浸染和涂料轧染 2 种方式。涂料浸染是把带负电的涂料分散体通过浸染的方式吸附到改性后织物(带正电)上,使二者以静电引力和范德华力等分子作用力相结合,再通过黏合剂固化的一种染色工艺^[2-4],所得织物色牢度好^[5]。涂料轧染是将织物浸在颜料、黏合剂、防泳移剂和其他助剂与水预配的染液中,经轧辊轧压后,通过预烘和焙烘工艺使水分逐渐蒸发并完成固色的染色方法。与传统的染色方法相比,涂料染色具有优良的耐晒牢度、易拼色、生产流程短、节能、环保等优点,适用于各类纤维的着色^[6],但是,当颜料颗粒被黏合剂完整包覆,在织物表面形成一层三维立体结构的薄膜^[7],赋予染色织物高的色牢度的同时,也会造成染色织物发硬、柔软性差的问题,可见黏合剂性能直接影响涂料印染产品的质量。

目前,水性聚丙烯酸酯(WPA)和水性聚氨酯(WPU)树脂作为黏合剂已被广泛应用于涂料、油漆和油墨等领域,可降低对环境的危害^[8-10]。WPA 在硬度、耐候性、耐化学性、成本、光泽和对颜料的亲和性方面具有独特的优势,而 WPU 在黏合性、弹性、柔性和耐磨性等方面表现出优异的性能。以 WPA 和 WPU 为基础合成的水性聚氨酯-丙烯酸酯(WPUA)复合乳液同时具备二者的优势^[10-12]。杨帆等^[13]制备了具有紫外固化性能的聚氨酯丙烯酸酯作为涂料印花黏合剂,印制花纹清晰且高效节能;高党鸽等^[14]通过原位聚合法制备了聚丙烯酸酯/纳米 ZnO 复合乳液,用于涂料印花;以上湿摩擦牢度最高为 3 级。

本文将水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆作为有色黏合剂涂料应用于棉织物涂料轧染,着重对工艺配方和工艺条件进行优化,考察黏合剂色浆与海藻酸钠的用量、浸轧次数和焙烘温度等工艺条件,确定最佳方案,以改善织物手感,同时提高色牢度。

1 实验部分

1.1 药品与材料

水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料(酞菁蓝 15:3)色浆(包衣色浆,缩写 CPA),自制;不含颜料黏合剂(UPA),固含量为 35%,自制;海藻酸钠,纯度大于或等于 99%,国药集团化学试剂有限公司;柔软剂 Wacker-1300,其结构式如图 1 所示,瓦克化学品公司;纯棉平纹机织漂白布(120.0 g/m²),华纺股份有限公司。

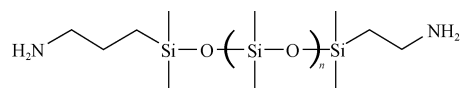


图 1 柔软剂 Wacker-1300 结构式

Fig. 1 Structure of softener Wacker-1300

1.2 实验仪器

Nano-ZS 型纳米粒度与电位分析仪,英国马尔文仪器公司;MX-50 型固含量分析仪,日本 A&D 公司;JEM-2100 型透射电子显微镜,日本 JEOL 公司;TM-1000 型扫描电子显微镜,日本 HITACHI 公司;实验室热定形机,厦门瑞比精密机械有限公司;P-B0 型实验室小型轧车,厦门瑞比精密机械有限公司;Datacolor-650 型测色配色仪,美国 Date Color 公司;Y571B 型摩擦色牢度测试仪,温州纺织仪器厂;SW-12AH 型耐洗色牢度试验机,温州大荣纺织仪器有限公司。

1.3 涂料染色工艺流程

纯棉机织漂白布→熨平→二浸二轧(包衣色浆质量分数为 5%~30%,海藻酸钠质量分数为 0~0.5%)→预烘(80℃,3 min)→焙烘(120~160℃,3 min)→柔软整理(柔软剂质量浓度为 40 g/L,二浸二轧,轧余率为 75%)→预烘(100℃,3 min)→焙烘(150℃,3 min)。

1.4 测试与表征

1.4.1 粒径测试

将乳液稀释 2 000 倍以后,在 25℃ 条件下采用纳米粒度与电位分析仪测试乳液平均粒径大小与分布。

1.4.2 固含量测试

取 10 g 水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆,在 180℃ 条件下采用固含量分析仪进行固含量测试。

1.4.3 形态结构分析

将透析后的乳液,用去离子水稀释 1 万倍,经超声分散后滴到铜网上干燥,采用透射电子显微镜观察乳液胶粒微观形态。

1.4.4 表面结构表征

采用扫描电子显微镜(SEM)对染色前后织物表面的微观形态进行表征。

1.4.5 表观色深测试

用测色配色仪测定染色织物表观色深(K/S 值),每个样品折叠 4 层,测 5 个点,取其平均值。K/S 值越大,表观得色越深。

1.4.6 色牢度测试

耐摩擦色牢度参照 GB/T 3920—2008《纺织品色牢度试验 耐摩擦色牢度》进行测试。耐皂洗色牢度参照 GB/T 3921—2008《纺织品色牢度试验 耐皂

洗牢度》进行测试。

1.4.7 柔软性测试

将参与实验的10个人分2组(5个人为1组),用手摸法对织物柔软性进行测试,取其平均值。结果分为5个级别:1级,硬;2级,较硬;3级,一般;4级,较柔软;5级,柔软。

2 结果与讨论

2.1 乳液粒径和颗粒形貌

为表征乳液粒径大小与分布和颗粒形貌,对水性聚氨酯-丙烯酸酯黏合剂与水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆进行粒径测试,并在透射电镜下观察二者的形貌。水性聚氨酯-丙烯酸酯黏合剂与水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆的透射电镜照片如图2所示。

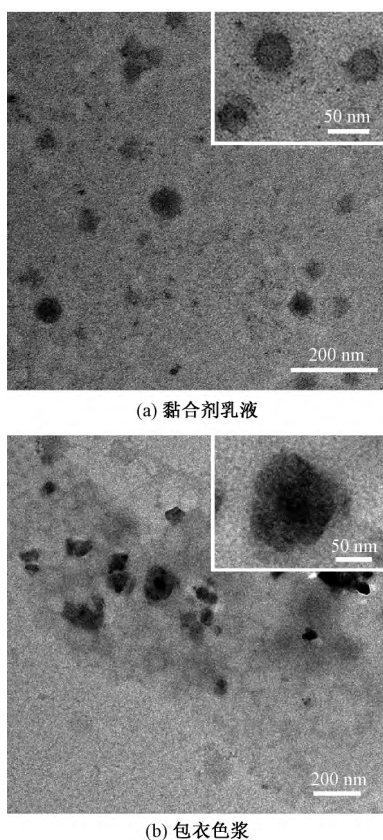


图2 黏合剂乳液和包衣色浆的透射电镜照片
Fig.2 TEM images of UPA (a) and CPA (b)

由图2可看出,与UPA相比,CPA乳液有较明显的核壳结构。在图2(b)的球形颗粒中,处于球形中心颜色较深的部分是被包覆的颜料,颜色较浅的部分是聚合物,由此可证明颜料颗粒被很好地包覆在聚合物中。

图3示出黏合剂乳液与包衣色浆粒径分布图。可看出,黏合剂乳液与包衣色浆的粒径分布曲线符

合正态分布。包覆颜料后乳液的平均粒径增大,由57.53 nm增大至126 nm。通过研磨方法减小颜料颗粒粒径,从而得到粒径较小的复合乳液。此外,核壳结构可有效地阻止颜料小颗粒的聚集,使颜料颗粒均匀分布在色浆中,提高了颜料分散性,有利于其与黏合剂间的黏合^[15-16],同时粒径小、分散性好的水性乳胶体系可提高染色织物的摩擦牢度^[17]。

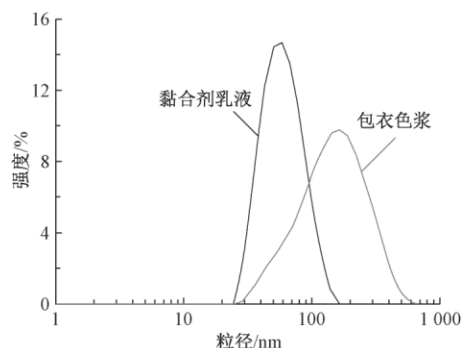


图3 黏合剂乳液与包衣色浆粒径分布图
Fig.3 Particle size distribution of UPA and CPA

2.2 染色性能

2.2.1 包衣色浆用量对染色性能的影响

采用1.3节工艺对棉织物实施涂料轧染,其中海藻酸钠质量分数为0.2%,焙烘温度为140℃。包衣色浆用量对染色试样K/S值和各项色牢度的影响如图4和表1所示。由图4可看出,开始时染色织物的K/S值随包衣色浆质量分数的增加呈现增大的趋势,当质量分数达20%后,K/S值趋于平衡。

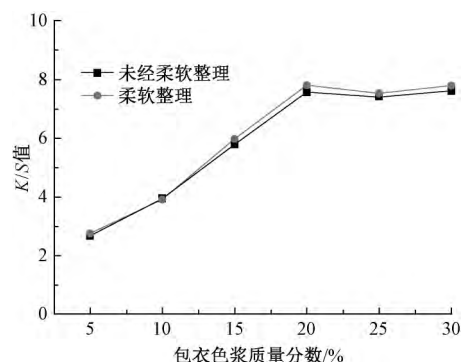


图4 包衣色浆质量分数对染色试样K/S值的影响
Fig.4 K/S values of dyeing fabrics vs. dosage of colored adhesives

结合表1可知,包衣色浆质量分数小,上染织物的颜料量少,K/S值低,因少量颜料颗粒被包覆在黏合剂里,并呈孤岛的形式^[18]黏附在纤维表面,不能均匀地铺展^[19],在受力摩擦时容易脱落,使得染色织物的湿摩擦牢度较差,只有3级。随着包衣色浆质量分数小增大时,相应颜料量增加,所以K/S值

表 1 包衣色浆质量分数对染色织物色牢度和柔软性的影响

Tab.1 Effect of dosage of colored adhesive on color fastness and softness

包衣色浆质量 分数/%	皂洗牢度/级		柔软性/ 级	摩擦牢度/级	
	褪色	沾色		干	湿
5	4~5	4~5	3	4~5	4
10	4~5	4~5	3	4	3~4
15	4	4	3	3~4	3
20	4	4~5	2~3	4	3~4
25	4~5	4~5	2~3	4	3~4
30	4~5	4~5	2	4	3~4
5*	4~5	4~5	3	4~5	4
10*	4~5	4~5	3	4~5	4
15*	4	4~5	3	4	3~4
20*	4~5	4~5	3~4	4~5	4
25*	4~5	4~5	3~4	4~5	4
30*	4	4~5	3	4~5	4

注 “*” 为经柔软整理的试样,下同。

增大。黏合剂在织物表面成膜,使得耐摩擦色牢度和耐皂洗色牢度提高,但手感变硬。经柔软整理后,氨基硅油分子中的氨基易形成分子间交联^[20],并与棉纤维上的羟基等极性基团相互作用,在纤维表面定向排列,形成均一相的薄膜,以降低布面对光的散射,提高染色织物表观得色量。由于聚硅氧烷主链的柔顺性及其自身交联,使得纤维间摩擦因数降低,因此可获得很好的柔软性^[21-22]。综上所述,包衣色浆质量分数为 20% 时,染色织物的耐摩擦色牢度和耐皂洗牢度较高。

2.2.2 海藻酸钠用量对染色性能的影响

不同海藻酸钠用量对染料轧染织物染色性能的影响如图 5 和表 2 所示,设定包衣色浆质量分数为 20%,焙烘温度为 140 °C。

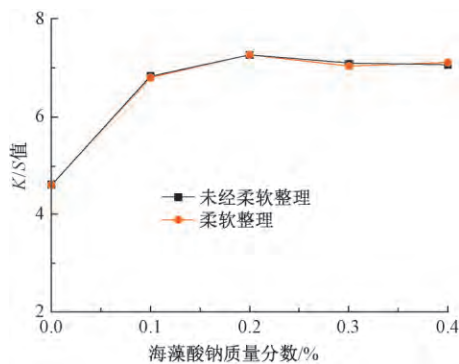


图 5 海藻酸钠质量分数对染色试样 K/S 值的影响

Fig.5 K/S values of dyeing fabrics vs. dosage of sodium alginate

由图 5 可看出,染色试样的 K/S 值随海藻酸钠质量分数的增加呈先增大后趋于平衡的趋势。在染料轧染预烘过程中,由于未交联的颜料胶粒对棉纤维的亲合力很弱,出现泳移的现象,造成织物的染色不匀^[23],得色量低。海藻酸钠作为防泳移剂,加入

表 2 海藻酸钠质量分数对染色试样色牢度和柔软性的影响

Tab.2 Effect of dosage of sodium alginate on color fastness and softness

海藻酸钠 质量分数/%	皂洗牢度/级		柔软性/ 级	摩擦牢度/级	
	褪色	沾色		干	湿
0.1	3~4	4	3	4	3~4
0.2	4	4	3	4~5	3~4
0.3	4~5	4~5	3	4~5	3~4
0.4	4~5	4~5	3	4~5	3~4
0.5	4~5	4~5	2	4	3~4
0.1*	4	4	4	4~5	4
0.2*	4	4~5	4	4~5	4
0.3*	3~4	4	4	4~5	4
0.4*	3~4	4	3	4~5	4
0.5*	4	4	3	4~5	4~5

后有效地降低了颜料胶粒在烘干过程中的泳移现象,提高了染色质量,但是,随着海藻酸钠质量分数增加,轧液黏度增大,限制了颜料向织物内部渗透,使得染色织物的摩擦牢度降低。海藻酸钠不只限定了颜料,同时也限定了黏合剂在织物表面的分布状态,因而海藻酸钠过量会影响织物的手感。综合考虑,海藻酸钠的质量分数为 0.2%。

2.2.3 轧染次数对染色性能的影响

探究轧染次数对织物染色性能的影响,设定包衣色浆质量分数为 20%,海藻酸钠质量分数为 0.2%,焙烘温度为 140 °C,结果如图 6 和表 3 所示。

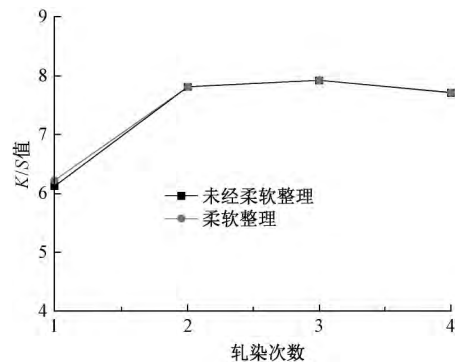


图 6 轧染次数对染色织物 K/S 值的影响

Fig.6 K/S values of dyed fabrics vs. padding times

表 3 轧染次数对染色织物色牢度及柔软性的影响

Tab.3 Effect of padding times on color fastness and softness of dyed fabrics

轧染 次数	皂洗牢度/级		柔软性/ 级	摩擦牢度/级	
	褪色	沾色		干	湿
1	3~4	4	3	4	3
2	4	4	3	4	4
3	3~4	4	3	3~4	3~4
4	3~4	4	3	3~4	3
1*	4	4	4	4~5	3~4
2*	4	4~5	4	4~5	4
3*	4	4~5	4	4	4
4*	3~4	4~5	4	4~5	3~4

由图6和表3可看出,随着浸轧次数的增加,染色试样的K/S值先增大后基本不变,而耐摩擦色牢度先增加后减少。经1次浸轧织物,只有部分颜料黏附在纤维表面上,K/S值较低,且色牢度差。增加浸轧次数,一部分颜料会填入织物缝隙,较多的有色黏合剂被固定在织物上,可获得较高的得色量和色牢度。继续增加浸轧次数后,织物带液率不再增大,K/S值亦不再增加,但表面浮色增多,牢度下降。综合考虑,染色试样浸轧2次为宜。

2.2.4 焙烘温度对染色性能的影响

探究焙烘温度与棉织物染色性能的关系,设定包衣色浆质量分数为20%,海藻酸钠质量分数为0.2%。图7示出焙烘温度与织物K/S值的曲线图。表4示出焙烘温度与染色织物性能的关系。

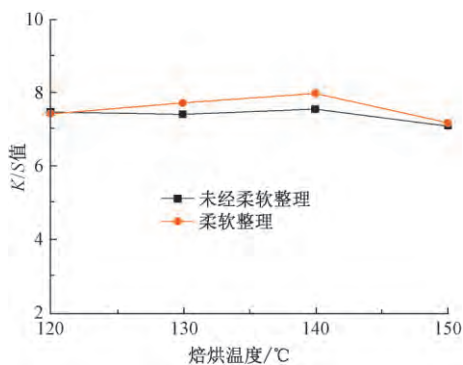


图7 焙烘温度对染色织物K/S值的影响

Fig. 7 K/S values of dyed fabrics vs. curing temperature

表4 焙烘温度对染色织物色牢度及柔软性的影响

Tab.4 Effect of curing temperature on color fastness and softness of dyed fabrics

焙烘温度/ °C	皂洗牢度/级		柔软性/ 级	摩擦牢度/级	
	褪色	沾色		干	湿
120	3	4	3	4	4
130	3	4	3	4	4
140	4	4~5	3	4	4
150	4	4~5	3	4	3~4
160	4~5	4~5	2	4	3~4
120*	3~4	4	4	4~5	4
130*	3~4	4~5	4	4~5	4
140*	4	4~5	4	4~5	4
150*	4	4~5	4	4~5	4
160*	4~5	4~5	3	4~5	4

通过图7和表4可知,随着焙烘温度的升高,染色试样的K/S值和耐摩擦色牢度基本保持不变,但耐皂洗色牢度有一定提升。经焙烘后黏合剂在织物表面成膜,达到固色的效果。在120°C条件下,皂洗牢度差,这是因为在较低温度下,黏合剂与织物未充分反应。此外,随着温度升高,黏合剂上的极性基团与棉纤维的羟基形成牢固的氢键共价作用^[24],黏

合剂与棉织物反应更完全,并牢固地黏附在织物上,因此皂洗牢度有所提高。焙烘温度超过140°C时,染色织物的皂洗牢度并没有明显变化,但是织物出现泛黄现象,色光发生变化^[25]。综合考虑焙烘温度为140°C。

2.2.5 涂料轧染前后纯棉织物表面形貌分析

图8示出染色前后(海藻酸钠质量分数为0.2%,焙烘温度为140°C)棉织物的SEM照片。从图8(a)、(c)可看出,染色前后的棉纤维形貌相差不大,染色后的纤维表面形成一层均匀薄膜,没有出现黏合剂堆积、颜料颗粒聚集的情况。由图8(b)、(d)中放大的纤维图片可知,黏合剂在纤维表面分布很均匀,较光滑整洁,证明本文方法可使染色织物具有优异的匀染性。

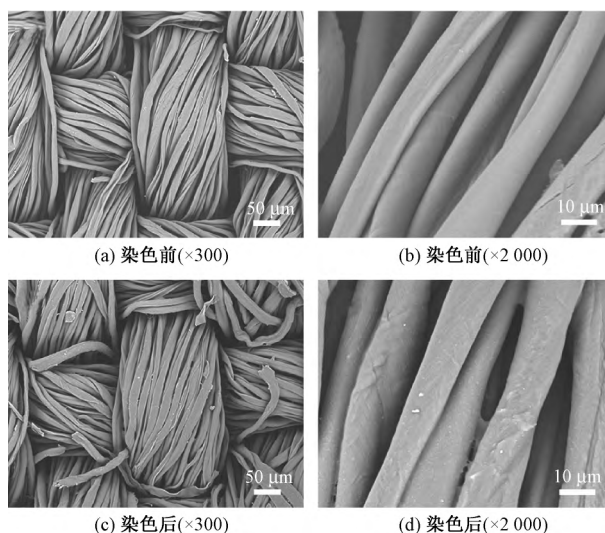


图8 染色前后棉纤维扫描电子显微镜照片

Fig. 8 SEM images of cotton fibers before and after dyeing. (a) Grey fabric (x300); (b) Grey fabric (x2000); (c) Dyed fabric (x300); (d) Dyed fabric (x2000)

3 结论

水性聚氨酯-丙烯酸酯包覆颜料色浆是一种纳米级核壳结构聚合物分散体系。可用于棉织物涂料轧染,染色最佳工艺条件为:包衣色浆质量分数为20%,海藻酸钠质量分数为0.2%;二浸二轧,80°C烘干,140°C焙烘。经柔软剂处理后,各项色牢度达4级及以上,柔软性提高。 FZXB

参考文献:

[1] 冯艳荣,袁剑民,王文力,等. 水性聚丙烯酸酯涂料染色黏合剂的合成及其性能[J]. 纺织学报, 2017, 38(4): 90-96.
FENG Yanrong, YUAN Jianmin, WANG Wenli, et al.

- Synthesis and properties of waterborne polyacrylate coating dyeing binder [J]. *Journal of Textile Research*, 2017, 38(4): 90–96.
- [2] FANG K, ZHANG L, XU Y, et al. Pigment dyeing of polyamide-epichlorohydrin cationized cotton fabrics [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010, 118(5): 2736–2742.
- [3] EL-SHISHTAWY R M, NASSAR S H. Cationic pretreatment of cotton fabric for anionic dye and pigment printing with better fastness properties [J]. *Coloration Technology*, 2006, 118(3): 115–120.
- [4] CHAIRAT M, RATTANAPHANI S, BREMNER J B, et al. Adsorption kinetic study of lac dyeing on cotton [J]. *Dyes and Pigments*, 2008, 76(2): 435–439.
- [5] 张淑云, 刘文福, 陈敏. 棉织物的涂料浸染工艺探讨 [J]. *国际纺织导报*, 2009, 37(4): 38–40.
ZHANG Shuyun, LIU Wenfu, CHEN Min. Study on pigments exhaust dyeing of cotton fabric [J]. *Melliand China*, 2009, 37(4): 38–40.
- [6] 郭珊, 王春梅. 纺织品涂料染色研究进展 [J]. *纺织导报*, 2014(10): 93–96.
GUO Shan, WANG Chunmei. Research progress of pigment dyeing for textiles [J]. *China Textile Leader*, 2014(10): 93–96.
- [7] 孙立才, 陈伟. 涂料轧染工艺及其应用 [J]. *江苏纺织*, 2000(6): 9–10.
SUN Licai, CHEN Wei. The process and application pigment pad-dyeing [J]. *Jiangsu Textile*, 2000(6): 9–10.
- [8] 陈荣圻. 阳离子超细有机颜料及涂料染色 [J]. *染整技术*, 2016, 38(2): 39–45.
CHEN Rongqi. Cationic ultrafine organic pigment and pigment dyeing [J]. *Textile Dyeing and Finishing Journal*, 2016, 38(2): 39–45.
- [9] RYU Y S, LEE Y H, KIM J S, et al. Preparation and properties of emulsifier-/solvent-free polyurethane-acrylic hybrid emulsions for binder materials: effect of the glycidyl methacrylate/acrylonitrile content [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2017, 134(8): 44497.
- [10] EBENIK U, GOLOB J, KRAJNC M. Comparison of properties of acrylic-polyurethane hybrid emulsions prepared by batch and semibatch processes with monomer emulsion feed [J]. *Polymer International*, 2003, 52(5): 740–748.
- [11] LEE S W, LEE Y H, PARK H, et al. Effect of total acrylic/fluorinated acrylic monomer contents on the properties of waterborne polyurethane/acrylic hybrid emulsions [J]. *Macromolecular Research*, 2013, 21(6): 709–718.
- [12] WU Z, WANG H, TIAN X, et al. Surface and mechanical properties of hydrophobic silica contained hybrid films of waterborne polyurethane and fluorinated polymethacrylate [J]. *Polymer*, 2013, 55(1): 187–194.
- [13] 杨帆, 陈远辉, 顾晨成, 等. 紫外光固化水性聚氨酯丙烯酸酯黏合剂的印花性能 [J]. *纺织学报*, 2016, 37(3): 82–86.
YANG Fan, CHEN Yuanhui, GU Chencheng, et al. Printing performance of UV curable waterborne polyurethane acrylate adhesive [J]. *Journal of Textile Research*, 2016, 37(3): 82–86.
- [14] 高党鸽, 冯军芳, 段羲颖, 等. 涂料印花用聚丙烯酸酯/纳米 ZnO 复合乳液的制备及其性能 [J]. *纺织学报*, 2015, 36(8): 78–83.
GAO Dange, FENG Junfang, DUAN Xiying, et al. Preparation of polyacrylate/nano-ZnO composite emulsion and its application on textile pigment printing [J]. *Journal of Textile Research*, 2015, 36(8): 78–83.
- [15] QI D, ZHANG R, XU L, et al. Preparation and characterization of organic pigment phthalocyanine blue microcapsules by in-situ micro-suspension polymerization [J]. *Acta Polymerica Sinica*, 2011(2): 145–150.
- [16] 戚栋明, 徐杰, 陈智杰, 等. 聚丙烯酸酯/铜酞菁蓝复合乳胶膜中颜料颗粒的分散状态 [J]. *化工学报*, 2013, 64(5): 1876–1883.
QI Dongming, XU Jie, CHEN Zhijie, et al. Dispersion of pigment particles in polyacrylate latex film containing phthalocyanine blue [J]. *Journal of Chemical Industry and Engineering*, 2013, 64(5): 1876–1883.
- [17] 葛媛, 闵洁, 朱泉, 等. 涂料印花摩擦牢度的影响因素 [J]. *印染*, 2009, 35(17): 34–36.
GE Yuan, MIN Jie, ZHU Quan, et al. Factors impacting on rubbing fastness of pigment prints [J]. *China Dyeing & Finishing*, 2009, 35(17): 34–36.
- [18] 王庆森, 赵振河, 宋心远. 新型粘合剂包覆颜料的合成及其应用 [C]//第四届全国染色学术讨论会论文集. 北京: 中国纺织工程学会, 1999: 32–36.
WANG Qingmiao, ZHAO Zhenhe, SONG Xinyuan. Synthesis and application of new type of adhesive coating pigment [C]//Proceedings of 4th National Dyeing Symposium. Beijing: China Textile Engineering Society, 1999: 32–36.
- [19] 江绍栋. 超细涂料轧染工艺 [J]. *网印工业*, 2015(6): 13–17.
JIANG Shaodong. The pad-dyeing process of superfine pigment [J]. *Screen Printing Industry*, 2015(6): 13–17.
- [20] BURRELL M C, BUTTS M D, DERR D, et al. Angle-dependent XPS study of functional group orientation for aminosilicone polymers adsorbed onto cellulose surfaces [J]. *Applied Surface Science*, 2004, 227(1): 1–6.

(下转第 83 页)

