

文章编号: 0253-9721(2011)08-0081-07

有机颜料微胶囊形态对棉织物涂料印花效果的影响

陈智杰¹, 申兴丛¹, 徐 杰¹, 许玲玉¹, 戚栋明^{1,2}

(1. 浙江理工大学 生态染整技术教育部工程研究中心, 浙江 杭州 310018;

2. 浙江理工大学 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 浙江 杭州 310018)

摘 要 分别将细乳液和微悬浮聚合制得的有机颜料微胶囊应用于棉织物的涂料印花,通过显微观察和服用性能测试研究微胶囊形态对印制棉织物表面形貌和印花效果的影响,探讨微胶囊印花的成膜机制。发现采用准纳米级的细乳液聚合制备微胶囊具有较好的铺展流动性和自黏性,因而通过焙烘成膜可将其中的有机颜料颗粒高效稳定均匀牢固地包埋在纱线上表层单纤维表面的连续薄膜层内,相应的印花织物表现出较好的色牢度、色深性和手感。微悬浮聚合制备微胶囊会因其大的尺寸和高的颜料颗粒数,而使其中的颜料颗粒只能以大规模聚集体的形式堆积于纱线表面的局部区域。由此认为微胶囊的形态结构及其在焙烘成膜过程中颜料颗粒的迁移扩散能力对于织物的印花效果具有重大的影响。

关键词 有机颜料微胶囊; 涂料印花; 形貌; 成膜过程

中图分类号: TS 194.436

文献标志码: A

Effect of morphology of microcapsulated natural pigment on printing result of cotton fabrics

CHEN Zhijie¹, SHEN Xingcong¹, XU Jie¹, XU Lingyu¹, QI Dongming^{1,2}

(1. Engineering Research Center for Eco-Dyeing & Finishing of Textiles, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China; 2. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract Microcapsulated organic pigment (I) prepared with miniemulsion by polymerization and microcapsulated organic pigment (II) prepared with micro-suspended emulsion by polymerization were applied to the pigment printing of cotton fabrics respectively. The morphology of the microcapsule on the printing result and the morphology of the printed cotton was examined by microscopy and testing of the wearability of the printed fabrics. The film-formation mechanism of microcapsulated pigment on the printed surface of the fabrics was investigated. It was found that the microcapsulated pigment (I) prepared with quasi-nanometer scale miniemulsion has better spreading flowability and self-adhesion so that its pigment can be evenly and firmly coated on the surface of the yarn under the continuous film after curing, and the fabric printed with microcapsulated organic pigment (I) displayed better color fastness, depth of shade, and hand feeling. By contrast, the fabric printed with microcapsulated organic pigment (II) showed gathered state depositing pigment particles on its surface due to the large size of the pigment particles. It so comes to the conclusion that the morphology of microcapsulated pigment and the spreadability and migrating of pigment particles during film curing have great effect on the printing quality of cotton fabrics.

Key words microcapsulated organic pigment; pigment printing; morphology; film formation

收稿日期: 2010-08-10

修回日期: 2010-11-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50803058); 长江学者和创新团队发展计划(IRT0654); 浙江省级科研计划项目(2009C31089); 杭州市产学研合作项目(20102131E10); 浙江省自然科学基金资助项目(Y4100221)

作者简介: 陈智杰(1989—),男,本科。研究方向为新型纺织化学品开发。戚栋明,通信作者, E-mail: dongmingqi@zstu.edu.cn。

涂料印花相比于传统印花具有色谱齐全、工艺简单、清洁、经济等优点,但由于其中的颜料颗粒本身与纤维没有亲和力,因而须借助大量黏合剂的连续成膜作用将其黏附到织物表面,这导致印花织物的牢度和手感成为一对不易调和的矛盾^[1]。

近几年,国内外分别通过乳液聚合^[2]、细乳液聚合^[3-4]、微乳液聚合^[5-7]、悬浮聚合^[8-11]等原位聚合方法在不同程度上实现了高分子聚合物对有机颜料颗粒的有效包覆。这些具有微胶囊形态结构特征的有机颜料微胶囊胶乳目前已部分应用于建筑涂料、喷墨印刷、电子墨水等领域^[4,9,11]。在前期工作^[12-13]中,分别通过细乳液聚合和微悬浮聚合 2 种原位聚合方法制备得到了一系列具有不同粒径大小的自黏性有机颜料微胶囊,并在微胶囊印花工艺优化和微胶囊壁材优选基础上,将其中部分微胶囊经调浆后应用于棉织物的涂料印花,得到了一些既具有良好手感,又具有较强色牢度和色深性的微胶囊印花棉织物。

在上述工作基础上,本文重点比较 2 种具有较大粒径差异有机颜料微胶囊应用于棉织物涂料印花时的印花效果及其在织物表面的铺展黏附状态,以探索决定微胶囊印花效果的关键因素和内在规律,并初步揭示微胶囊印花的成膜过程。

1 实验部分

1.1 材 料

有机颜料铜酞菁滤饼(PB15:3),由浙江杭州百合化工集团提供。丙烯酸丁酯(BA,天津市博迪化工有限公司)、苯乙烯(St,上海凌峰化学试剂有限公司)、辛基酚聚氧乙烯醚(OP-10,江苏海安石油化工厂)、十二烷基苯磺酸钠(SDBS,天津市科密欧化学试剂有限公司)、十六醇(CA,天津市化学试剂研究所)、磷酸三钙(TCP,上海试四赫维化工有限公司)、偶氮二异丁腈(AIBN,上海试四赫维化工有限公司)、过硫酸钾(KPS,无锡市展望化工试剂有限公司)等试剂,均为分析纯。丙烯酸丁酯和苯乙烯的共聚乳胶($P(BA+St)$, $m(BA):m(St)=9:1$),通过细乳液聚合自制。增稠剂(PTF),由英国联合胶体公司提供。全棉纱卡(3/1 斜纹,经纬纱线密度均为 12 tex,经、纬密均为 320 根/10 cm),市购。

1.2 细乳液聚合

将有机颜料 PB 和助乳化剂 CA 依次加入到 BA 和 St 的混合单体($m(BA):m(St)=9:1$)中,冰水浴

中超声 20 次(JY92-II 超声波细胞粉碎机,宁波新芝生物科技股份有限公司制造,超声 5 s,间歇 5 s,功率 400 W)得到有机颜料的单体分散液。在搅拌状态下加入乳化剂 OP-10 和 SDBS 的水溶液,继续超声 50 次,得到有机颜料的细乳化液。将其转移到氮气保护的玻璃夹套釜中,加入引发剂 KPS 后在氮气保护下于 70℃ 进行共聚反应 5 h,得到相应的有机颜料微胶囊(定义为 $m-P(BA+St)/PB$)。

配方: PB 0.50 g; BA 9.00 g; St 1.00 g; CA 0.30 g; OP-10 0.30 g; SDBS 0.30 g; KPS 0.05 g; H₂O 90.0 g。

1.3 微悬浮聚合

将有机颜料 PB 分散到含有油溶性引发剂 AIBN 的 BA 和 St 混合单体中,冰水浴中超声 20 次(操作工艺同上)得到有机颜料的单体分散液。单体分散液在 40℃ 条件下预聚 45 min 后得到相应的预聚产物。再加入分散剂 TCP 粉末和 SDBS 水溶液,在高速乳化机中于 8 000 r/min 下剪切 30 min 得到微悬浮分散液。转移到氮气保护的玻璃夹套釜中,升温至 70℃ 于一定转速下进行微悬浮聚合 5 h,后期升温至 95℃ 熟化 0.5 h,得到聚合产物。将产物用过量 HCl 洗涤以除去 TCP,再水洗至中性,得到相应的有机颜料微胶囊(定义为 $s-P(BA+St)/PB$)。

配方(g): PB 0.50 g; BA 9.00 g; St 1.00 g; TCP 2.00 g; SDBS 0.01 g; AIBN 0.20 g; H₂O 90.00 g。

1.4 棉织物印花工艺

分别将通过细乳液聚合和微悬浮聚合制得的微胶囊胶乳 100 g 与 2.5 g 增稠剂 PTF 混合,调制得到具有适当黏度的印花色浆。将 0.5 g 颜料 PB 与 0.30 g OP-10 和 0.30 g SDBS 在水中混合后在冰水浴中超声 50 次(操作工艺同上)得到有机颜料分散液。再加入与微胶囊色浆中聚合物等量的自制 $P(BA+St)$ 乳胶和 2.5 g 增稠剂 PTF,调制得到具有适当黏度的印花色浆。

对全棉纱卡织物进行经向手工刮印,印花织物再在 80℃ 烘箱中预烘 5 min 后置于焙烘机中,在 140℃ 焙烘 5 min 得到印花成品。

1.5 测试和表征

分别采用纳米激光粒度仪(LB-550, Horiba)和微米激光粒径仪(LS-230, Coulter)测定有机颜料及其微胶囊的粒径分布;采用透射电镜 TEM(JSM-1230EX T20, JEOL)和生物光学显微镜 OM(XSP-8C, 蔡康)观察有机颜料微胶囊的形貌;采用扫描电

镜 SEM(JSM-5610, JEOL) 观察印花织物的表面形貌; 采用测色光谱仪(SF600X, DataColour) 测试印花织物的 K/S 值; 采用电子硬挺度仪(LYB-05, 莱州市电子仪器有限公司) 测试织物的硬挺度; 按 GB/T 3920—1997《纺织品色牢度试验 耐摩擦色牢度》在摩擦牢度仪(Y571A, 莱州市电子仪器有限公司) 上测试印花织物的耐干湿摩擦牢度, 按 GB 251—1995《评定沾色用灰色样卡》对印花织物耐摩擦牢度进行评级。

2 结果与讨论

2.1 有机颜料微胶囊的结构形态

微悬浮聚合产物 $s\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ 的光学显微镜和透射电镜照片如图 1、2 所示。

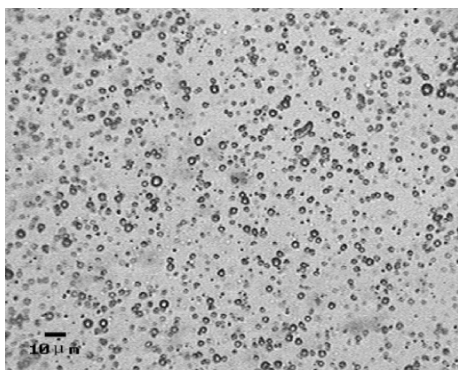


图 1 微悬浮聚合制备有机颜料微胶囊的典型光学照片

Fig. 1 Typical OM image of $s\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ microcapsule prepared by in-situ microemulsion polymerization

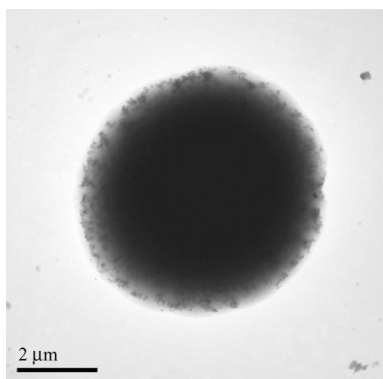


图 2 微悬浮聚合制备有机颜料微胶囊的典型 TEM 照片

Fig. 2 Typical TEM image of $s\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ microcapsule prepared by in-situ microemulsion polymerization

从图 1 可见: 微悬浮聚合制备的微米级聚合物颗粒为细腻规整的圆球体, 具有明显的蓝色, 而连续水相区域则无明显颜色。从图 2 可见: 在深黑色的光滑球体边沿可观察到具有明显明暗对比特征环状区域, 在这些环状区域中可发现深黑色的颜料颗粒呈“弥散状”分散在聚合物胶粒内。由此认为, 由于有机颜料的强憎水性及其与有机相的良好相容润湿性, 绝大多数的颜料颗粒可被高效均匀稳定地包裹在聚合物相内, 相应的胶粒具有典型的“石榴状”微胶囊形貌特征。

细乳液聚合产物 $m\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ 的透射电镜照片如图 3 所示。

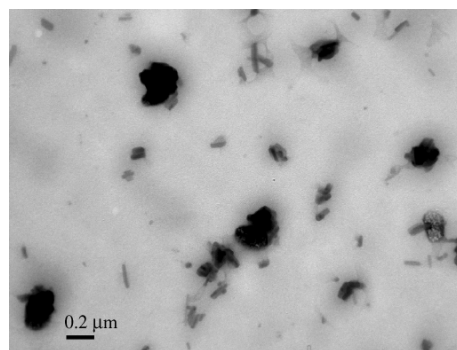


图 3 细乳液聚合制备有机颜料微胶囊的典型 TEM 照片

Fig. 3 Typical TEM image of $m\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ microcapsule prepared by in-situ miniemulsion polymerization

从图 3 可见, 深颜色的有机颜料铜酞菁具有较小的尺寸, 在这些颜料颗粒周围均存在着一些浅颜色的阴影区域, 这些区域以及连续相中的一些类球状阴影区域均为具有较低玻璃化转变温度的共聚物。由此认为细乳液聚合产生的大量高分子物质已经与有机颜料颗粒形成了较好的复合^[14], 进而构成了一定程度上的微胶囊型复合。

将上述 2 种有机颜料微胶囊进行粒径分析, 并与单体分散液中的有机颜料 PB 颗粒相比较, 其结果如图 4 所示。

有机颜料在单体相中具有较好的润湿性和可分散性, 因而经强力超声作用后可较好地实现在其中的小粒径窄分布分散。由图 4 可知其平均粒径约为 100 nm。细乳液聚合产物 $m\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ 的粒径分布仍为单峰分散, 但整个分布峰有明显的右移, 其平均粒径达到了 168.3 nm, 同样说明聚合物与有机颜料颗粒间已形成了一定的复合。而微悬浮聚合产物 $s\text{-P}(\text{BA} + \text{St})/\text{PB}$ 具有远大得多的平均粒径和

远宽得多的粒径分布。即使是在采用高速强力剪切,并使用大量分散剂和少量乳化剂 SDBS 的情况下,其平均粒径仍只能降低至 $3.5\ \mu\text{m}$ 左右,比细乳液聚合产物粒径要大 $1\sim 2$ 个数量级。

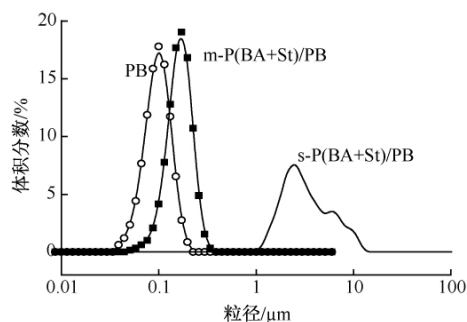


图 4 有机颜料和有机颜料微胶的粒径分布图

Fig. 4 Particle size distribution of PB, m-P(BA + St) /PB and s-P(BA + St) /PB microcapsules

2.2 有机颜料微胶囊的印花效果比较

在优化的工艺条件和相近的配方^[13]下,分别将上述有机颜料微胶囊应用于棉织物的涂料印花,并与通过传统工艺制得的涂料印花棉织物进行印花效果比较,其结果如表 1 所示。

表 1 传统工艺印花与细乳液聚合与微悬浮聚合制备颜料微胶囊印花的效果对比

Tab. 1 Print results of pigment microcapsule printing and conventional pigment printing

颜料微胶囊类型	耐摩擦牢度/级		硬挺度/cm	K/S 值
	干	湿		
细乳液聚合制备	3	3	3.02	6.42
微悬浮聚合制备	2	2	3.41	1.75
非胶囊化颜料	2	1	3.72	1.95

注: 2 种微胶囊印花浆中颜料 PB 的有效质量分数均为 0.5%; 原棉织物硬挺度为 2.15 cm。

由表 1 可知,在上浆总量和颜料有效含量基本相同的情况下,细乳液聚合制备微胶囊印花织物的耐干湿摩擦牢度和 K/S 值明显高于其他,而硬挺度又明显小于其他。以此说明 m-P(BA + St) /PB 印制棉织物同时具有相对较好的色牢度、手感和色深性。同时,与传统工艺印花织物相比,微悬浮聚合制备微胶囊印花织物并没有表现出明显的优势。

2.3 涂料印花织物表面形貌比较

对上述涂料印花织物进行表面形貌观察,原棉、传统工艺印花织物、m-P(BA + St) /PB 和 s-P(BA + St) /PB 微胶囊印花织物的典型 SEM 照片如图 5 所示。

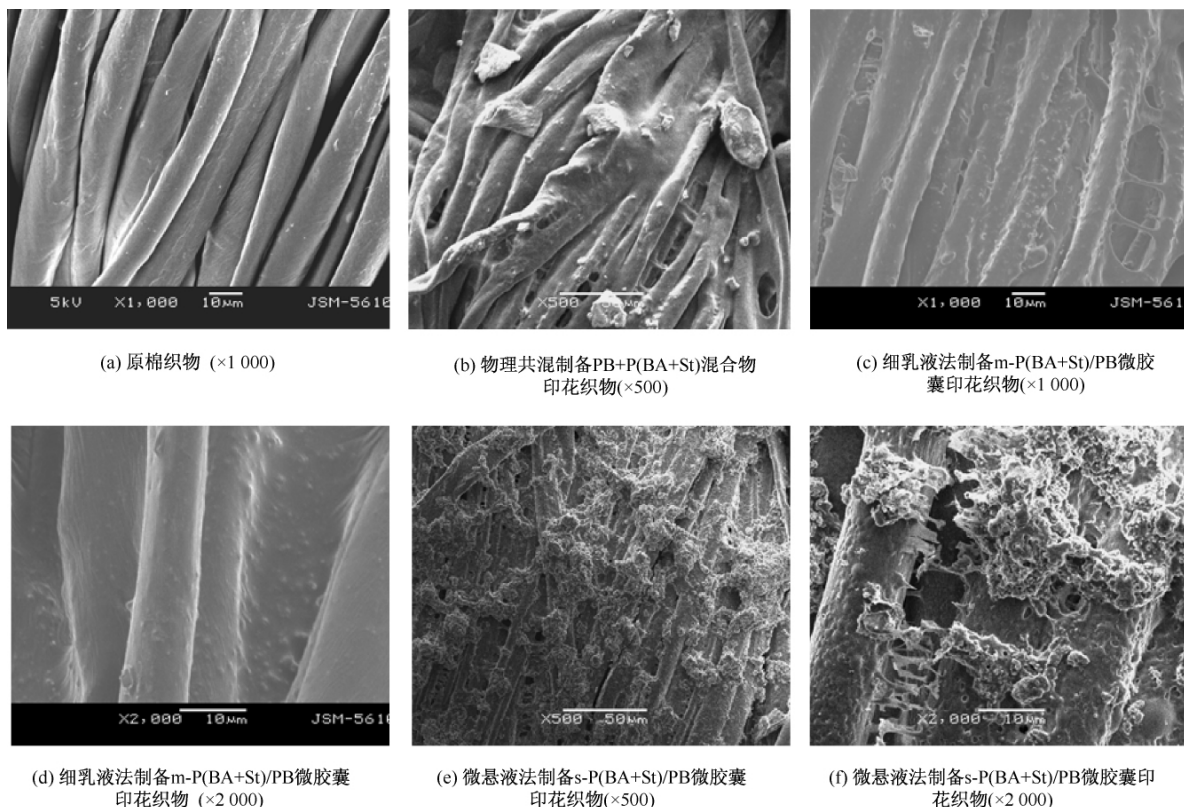


图 5 原棉、传统工艺印花织物、m-P(BA + St) /PB 和 s-P(BA + St) /PB 微胶囊印花织物的典型 SEM 照片

Fig. 5 Typical SEM images of raw cotton fabric(a), mixture PB + P(BA + St) printed fabric(b), microcapsule m-P(BA + St) /PB printed fabric(c), (d) and microcapsule s-P(BA + St) /PB printed fabric(e), (f)

图 5(a) 中的原棉织物表面光洁, 纤维间无黏连。传统工艺印花织物(图 5(b)) 表面的局部区域黏附有大量微米级的颜料颗粒聚集体, 其尺寸甚至已大于纤维直径。这些大尺寸的聚集体主要以外加附着物的形式裸露在织物涂层表面和纤维之间, 因而在耐摩擦牢度测试中极易从织物表面脱落下来, 且其相对较厚的涂层也会影响到纱线间的相互移动, 从而影响到印制织物手感。在 $m-P(BA + St)/PB$ 微胶囊印花织物(图 5(c)) 表面, 颜料颗粒聚集体的数量相对较少, 尺寸相对较小, 说明颜料颗粒在织物表面分散更为均匀细密, 并且颜料颗粒所在连续膜层实现的主要是对纱线外层单纤维的整体包裹附着。同时从相应的放大照片(图 5(d)) 也可发现, 其中大部分的颜料颗粒

都是以亚微米级尺寸被黏合剂连续膜包裹着附着在纤维表面, 且这些颜料颗粒的小突起物与黏合剂的连接膜层相连较为平顺光滑。而 $s-P(BA + St)/PB$ 微胶囊颗粒在印花织物表面分布不均, 其中微胶囊含量较大区域的 SEM 照片如图 5(e) 所示。在这些区域, 织物表面只存在着大量不规则的较大尺度黏状物。这些黏状物起伏大、铺展有限, 因而与织物表面结合力较小, 且不能随着黏合剂的黏流铺展而形成均匀包埋颜料颗粒的连续薄膜层, 这必然会影响到印制织物的各项效能。

2.4 有机颜料微胶囊的印花模型

根据以上测量结果和分析比较, 推测不同色浆下的成膜过程, 如图 6 所示。

在传统印花工艺中, 采用的是黏合剂乳胶与有

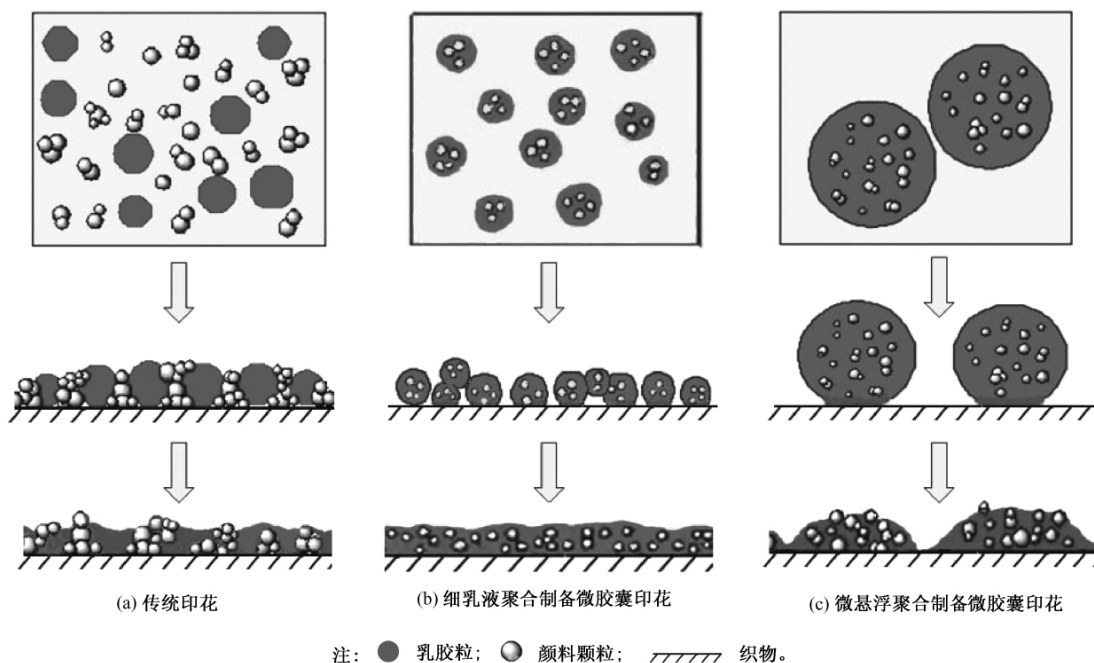


图 6 传统涂料印花与颜料微胶囊印花的成膜过程示意图

Fig. 6 Schematic diagram of film formation process of conventional pigment printing and pigment microcapsule printing.

(a) Conventional printing; (b) Microcapsule printing (mini-emulsion polymerization); (c) Microcapsule printing (micro-suspension polymerization)

机颜料颗粒物理共混的现配现用型调浆方法, 两者间不存在紧密的内在复合。而且由于有机颜料本身所固有的强憎水性和小尺寸, 因此即使是在乳化剂预乳化和强力超声分散的共同作用下, 其在色浆中仍不可避免地会发生较大规模的自聚现象。在进一步的高温焙烘成膜过程中, 随着介质的挥发和黏合剂乳胶的融合黏流, 这种颜料颗粒在织物表面的聚集黏连现象有可能会进一步加剧, 以至于最终可在涂层膜外表面观察到大量的微米级颜料聚集体。

细乳液聚合制备微胶囊的尺寸较小(远小于纤维直径)、包裹程度较好、流动能力较强, 自黏性聚合物外层具有与纤维表面良好的相容性和亲和力, 因而大量颜料微胶囊更易均匀薄型地附着于纱线表层所有单纤维的整个表面。在之后的高温焙烘过程中, 微胶囊化形成的自黏性聚合物外层不易从颗粒表面脱落下来, 这层聚合物层的存在不但可有效抑制成膜过程中颜料颗粒间的聚并现象, 而且还可通过融合渗透来实现对整根单纤维的连续膜包裹, 进

而可将其中的颜料颗粒以接近初级粒子的形式高效稳定、牢固、均匀地包埋在纱线表层各个单纤维外层的黏合剂薄膜层内,从而赋予印花织物更好的色牢度、色深性和手感。此外,作为 1 个多层次结构体系,织物包括了织物、纱线和纤维 3 个逐渐细化的层面。细乳液聚合制备微胶囊主要作用于纤维层面,显然也更利于提高印制效果。

微悬浮制备的微米级有机颜料微胶囊中,虽然颜料颗粒的包裹程度高,与黏合剂复合充分,但微胶囊与纤维直径相近的尺寸决定了这些颗粒只能以非渗透的轻度黏附形式存在于纱线表面,并且其较大的尺寸和内含的较多颜料颗粒也决定了在高温焙烘过程中,其中的颜料颗粒不易随着黏合剂高分子的黏流而被带动着均匀扩散和铺展到纤维表面^[15-16],因此在印制织物表面 SEM 照片中同样可观察到大量颜料和黏合剂的不规则堆积体。由此说明印花色浆的构成,特别是其中有机颜料微胶囊的形态结构和颗粒大小对印花效果的影响十分明显。

虽然微胶囊化处理可明显提高黏合剂对颜料颗粒的定向包裹附着能力和物理隔离分散效果,进而提高黏合层与颜料颗粒的结合牢度,但较大尺寸的微胶囊化处理也会限制其中黏合剂高分子的连续成膜能力和颜料颗粒的均匀铺展能力,反而不利于提高印花织物品质。

3 结 论

细乳液聚合制备的准纳米级有机颜料微胶囊应用于棉织物的涂料印花,可实现其中的有机颜料颗粒在纱线表层整根单纤维表面初级粒子水平的均匀、薄型、牢固、定向附着,因此相应的印花织物具有较好的色牢度、色深性和手感。而微悬浮聚合制备的有机颜料微胶囊虽具有较好的包裹性,但其较大的尺寸和内含的较多颜料颗粒决定了其中众多颜料颗粒只能以非渗透的堆积形式存在于纱线表面。由此认为微胶囊的形态对印制织物的印花效果具有重要影响,只有对有机颜料颗粒进行小型的微胶囊化处理,才可更显著地提高黏合剂的黏附效率,进而全面提升印制织物的品质。

FZXB

参考文献:

- [1] 王菊生. 染整工艺原理: 第 4 册 [M]. 北京: 纺织工业出版社, 1987: 123 - 124, 135.
WANG Jusheng. The Principle of Dyeing and Finishing Technology: Volume 4 [M]. Beijing: Textile Industry Press, 1987: 123 - 124, 135.
- [2] DUC N, HOLLIE S Z, JASON M F, et al. Pigment encapsulation by emulsion polymerization using macro-RAFT copolymers [J]. Langmuir, 2008, 24 (5): 2140 - 2150.
- [3] LELU S, NOVAT C, GRAILLAT C, et al. Encapsulation of an organic phthalocyanine blue pigment into polystyrene latex particles using a miniemulsion polymerization process [J]. Polym Int, 2003, 52: 542 - 547.
- [4] NICO S, KATHARINA L. Encapsulation of organic pigment particles via miniemulsion polymerization [J]. Macromol Mater Eng, 2007, 292: 1111 - 1125.
- [5] FU Shaohai, FANG Kuanjun. Preparation of styrene-maleic acid copolymers and its application in encapsulated Pigment Red 122 dispersion [J]. J Appl Polym Sci, 2007, 105: 317 - 321.
- [6] CHRISTOPHER J, HOGAN J, KI M Y, et al. Controlled size polymer particle production via electrohydrodynamic atomization [J]. Colloid Surface A, 2007, 311: 67 - 76.
- [7] HENDRI W, CHRISTOPHER J, HOGAN J, et al. Production of narrow-size-distribution polymer-pigment-nanoparticle composites via electrohydrodynamic atomization [J]. Macromol Mater Eng, 2007, 292: 495 - 502.
- [8] YANG Jun, WANG Tingjie, HE Hong, et al. Particle size distribution and morphology of in situ suspension polymerized toner [J]. Ind Eng Chem Res, 2003, 42: 5568 - 5575.
- [9] SUDA K, PISNU P. Synthesis and characterization of styrenic-based polymerized toner and its composite for electrophotographic printing [J]. J Appl Polym Sci, 2003, 89: 238 - 248.
- [10] VIVALDO-LIMA E, WOOD P E, HAMIELEC A E, et al. An updated review on suspension polymerization [J]. Ind Eng Chem Res, 1997, 36(4): 939 - 965.
- [11] WIDIYANDARI H, IIKANDAR F, HAGURA N, et al. Preparation and characterization of nanopigment poly (styrene-co-n-butyl acrylate-co-methacrylic acid) composite particles by high speed homogenization assisted suspension polymerization [J]. J Appl Polym Sci, 2008, 108: 1288 - 1297.
- [12] 雷琳, 吴明华, 袁艳, 等. 有机颜料微胶囊在涂料印花中的应用研究 [J]. 纺织学报, 2010, 31(8): 97 - 102.
LEI Lin, WU Minghua, YUAN Yan, et al. The application of microencapsulated organic pigment in pigment printing [J]. Journal of Textile Research, (下转第 91 页)

- 性的研究 [J]. 丝绸, 2002, 11: 14 - 16.
 - XIE Ruijuan, XING Tieling, XIE Liying. Study about the modification of polyester fabrics with sericin protein [J]. Silk Monthly, 2002, 11: 14 - 16.
 - [3] 潘福奎, 潘廷松, 谢莉青, 等. 利用丝胶改善涤纶织物服用性能的研究 [J]. 青岛大学学报: 工程技术版, 2005, 20(1): 61 - 63.
 - PAN Fukui, PAN Tingsong, XIE Liqing, et al. Study on using sericin to improve the wearing characteristics of polyester fabrics [J]. Journal of Qingdao University: E&T Edition, 2005, 20(1): 61 - 63.
 - [4] 王群, 齐鲁. 丝胶蛋白在纤维与纺织品中的应用 [J]. 合成纤维, 2006(11): 28 - 31.
 - WANG Qun, QI Lu. Application of sericin in the fiber and textiles [J]. Synthetic Fiber in China, 2006(11): 28 - 31.
 - [5] 姜红, 潘福奎. 丝胶改善天丝织物抗皱性能的研究 [J]. 青岛大学学报: 工程技术版, 2006, 21(2): 87 - 89.
 - JIANG Hong, PAN Fukui. Study on the improvement of tencel fabric crease resistance by use of sericin [J]. Journal of Qingdao University: E&T Edition, 2006, 21(2): 87 - 89.
 - [6] ZHANG Yuqing. Applications of natural silk protein sericin in biomaterials [J]. Biotechnology Advances, 2002, 20(2): 91 - 100.
 - [7] 王健. 丝胶整理剂对棉织物抗皱性能的影响 [J]. 纺织科技进展, 2005(5): 57 - 58.
 - WANG Jian. Study about crease resistance of cotton fabric with sericin finishing agent [J]. Progress in Textile Science & Technology, 2005(5): 57 - 58.
 - [8] 许云辉, 黄晨, 陈宇岳, 等. 棉纤维经胶原蛋白涂覆处理后的结构 [J]. 纺织学报, 2007, 28(6): 1 - 4.
 - XU Yunhui, HUANG Chen, CHEN Yuyue, et al. Structure of cotton fiber coated with collagen [J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(6): 1 - 4.
 - [9] 王浩, 林红, 陈宇岳, 等. 碱预处理对棉纤维接枝丝胶蛋白的影响 [J]. 丝绸, 2008(4): 22 - 23, 29.
 - WANG Hao, LIN Hong, CHEN Yuyue, et al. Effect of alkali pretreatment on cotton fiber grafting sericin protein [J]. Silk Monthly, 2008(4): 22 - 23, 29.
 - [10] 马芳, 王雪燕. 大豆蛋白纤维的丝胶改性及其性能研究 [J]. 纺织科技进展, 2006(4): 19 - 22, 73.
 - MA Fang, WANG Xueyan. The sericin modification of soybean protein fiber and its performance research [J]. Progress in Textile Science & Technology, 2006(4): 19 - 22, 73.
 - [11] 马芳, 王雪燕. DE 交联剂与丝胶蛋白联合改性的 大豆蛋白纤维的染色性能 [J]. 印染助剂, 2006, 23(7): 21 - 24.
 - MA Fang, WANG Xueyan. The dyeing ability of soybean protein fibers modified with crosslinker DE and sericin [J]. Textile Auxiliaries, 2006, 23(7): 21 - 24.
 - [12] 张燕, 林红, 陈宇岳. 丝胶蛋白处理氧化亚麻纤维结构和性能研究 [J]. 天津工业大学学报, 2008, 27(5): 80 - 82.
 - ZHANG Yan, LIN Hong, CHEN Yuyue. Structure and properties of oxidized flax fiber treated with sericin solution [J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2008, 27(5): 80 - 82.
 - [13] 张燕, 林红, 陈宇岳. 丝胶蛋白处理氧化亚麻纤维的工艺研究 [J]. 丝绸, 2008(12): 27 - 29.
 - ZHANG Yan, LIN Hong, CHEN Yuyue. The processing parameter analysis of oxidized flax fiber treated with sericin solution [J]. Silk Monthly, 2008(12): 27 - 29.
 - [14] 王雪燕, 段亚峰, 同帆, 等. 丝胶改性羊毛纤维的染色性能研究 [J]. 毛纺科技, 2006(10): 14 - 17.
 - WANG Xueyan, DUAN Yafeng, TONG Zhi, et al. Study on dyeing behaviour of wool fiber modified by sericin [J]. Wool Textile Journal, 2006(10): 14 - 17.
 - [15] 张玥, 王雪艳, 贺江平. 丝胶交联羊毛纤维的染色性能 [J]. 毛纺科技, 2009, 37(3): 9 - 12.
 - ZHANG Yue, WANG Xueyan, HE Jiangping. Research on dyeing properties of wool modified with sericin [J]. Wool Textile Journal, 2009, 37(3): 9 - 12.
 - [16] 纪佩珍. 丝胶改性聚酯和聚酰胺纤维吸放湿性的研究 [J]. 浙江丝绸工学院学报, 1994(2): 24 - 26.
 - JI Peizhen. Moisture absorption and desorption of polyester and polyamide fibres modified by sericin [J]. Journal of Zhejiang Institute of Silk Textiles, 1994(2): 24 - 26.

(上接第 86 页)

- 2010, 31(8) : 97 - 102.
- [3] 戚栋明, 张睿, 许玲玉, 等. 有机颜料微胶囊的原位微悬浮法制备及其表征 [J]. 高分子学报, 2011(2) : 145 - 150.
- QI Dongming, ZHANG Rui, XU Lingyu, et al. Preparation and characterization of organic pigment microcapsulation by in-situ micro-suspension polymerization [J]. Acta Polymerica Sinica, 2011(2) : 145 - 150.
- [4] 孟庆豪, 房宽峻, 付少海. 聚苯乙烯-丙烯酸丁酯表面改性的超细颜料性质 [J]. 纺织学报, 2007, 28(6) : 92 - 95.
- MENG Qinghao, FANG Kuanjun, FU Shaohai. Properties of nanoscale pigment surface-modified by polystyrene-butyl acrylate [J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(6) : 92 - 95.
- [5] DRAGNEVSKI K I, DONALD A M. An environmental scanning electron microscopy examination of the film formation mechanism of novel acrylic latex [J]. Colloid Surface A, 2008, 317: 551 - 556.
- [6] ZHANG S L ZHOU Z X, YOU B, et al. Fabrication of ordered porous polymer film via a one-step strategy and its formation mechanism [J]. Macromolecules, 2009, 42: 3591 - 3597.