

活性染料墨水配制及在棉织物冷转印中的应用

彭勇刚, 纪俊玲, 陶永新, 汪媛

(常州大学 石油化工学院, 江苏 常州 213164)

摘要:以市售的活性染料无盐色浆为着色剂,通过分析染料质量分数、添加剂用量与墨水性能间的关系,得到墨水配方为:活性染料无盐色浆14.0%~18.0%、乙二醇10.0%、乙醇7.5%、乙二醇丁醚5.0%、烷基糖苷0.4%~0.6%、其余为去离子水,并用三乙醇胺调节pH值至8.0~8.5。将其用于纯棉织物薄膜转移印花,探讨涂层剂种类及用量、碳酸钠质量分数、转印压力、汽蒸时间对印花效果的影响,获得转印最佳工艺条件,转印织物的耐摩擦、耐皂洗色牢度均超过4级。

关键词:活性染料;墨水;薄膜;转移印花

中图分类号:TS 194.43+2

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2025)03-0021-05

Preparation of Reactive Dye Inks and Its Application in Cold Transfer Printing of Cotton Fabric

Peng Yonggang, Ji Junling, Tao Yongxin, Wang Yuan

(School of Petrochemical Engineering, Changzhou University, Changzhou, Jiangsu 213164, China)

Abstract:In this study, the salt-free reactive dyes were used to prepare ink-jet printing inks. The effect of dyes concentration and additive dosage on the performance of ink-jet printing ink was analyzed. The ink formulation was obtained as follows: salt-free reactive dyes 14.0%~18.0%, ethylene glycol 10.0%, ethanol 7.5%, ethylene glycol butyl ether 5.0%, alkyl glycosides 0.4%~0.6%, and the rest was deionized water. And the pH of ink-jet printing inks was adjusted to 8.0~8.5 by using triethanolamine. It is then applied to pure cotton fabric thin film transfer printing. The effects of the type and amount of coating agent, the dosage of sodium carbonate, transfer pressure, and steaming time on the transfer printing effect were discussed. The optimum process for transfer printing was obtained. The fastness to both rubbing and washing of the transfer printing fabric was all exceeded Grade 4.

Key words:Reactive Dye; Ink; Film; Transfer Printing

转移印花作为一种新颖的印花方法,具有能耗低、污染小^[1]、正品率高^[2]等优点,受到业界的广泛关注。纯棉织物的转移印花大多采用湿转印技术,它是用印刷的方式将图案或文字印制到涂有离型剂的转印纸或薄膜上,制备转移印花纸;经轧碱后的织物与转移纸同时

进入转印辊筒,通过压力使油墨从纸或薄膜上脱离,从而实现转印纸上的图案或文字向织物的转移^[3-4]。传统冷转印技术需要花型计算机分色、雕刻花筒,工序复杂,生产灵活性差。喷墨冷转移印花技术是在湿法转移印花工艺上的创新^[5],通过喷墨打印的方式将染料墨水打

印到转印纸或薄膜上,再通过湿转印工艺,将其处理到织物上,操作简单、灵活性强,兼有喷墨印花和转移印花的优点。目前,喷墨转移印花的研究以分散染料喷墨热转印为主,有关喷墨冷转印技术的研究相对较少。

本文以无盐活性染料色浆为

基金项目:山东省重点研发计划(科技型中小企业创新能力提升工程)(2024TSGC0348);淮安市科技成果转化计划(HA202114);枣庄市科技型中小企业创新能力提升工程项目(2024ZZTSGC2)。

作者简介:彭勇刚(1979—),男,副教授,博士。主要从事喷墨印花墨水研制及应用的工作。

原料,通过分析测试市售 Epson 喷墨打印墨水性能,设计活性染料墨水配方,并将其用于纯棉织物薄膜冷转移印花。

1 试验部分

1.1 试剂与仪器

试剂:无盐喷墨色浆活性黄、红、蓝、黑(杭州德印达科技有限公司);672型 Epson 打印机原装墨水[C、Y、M、BK 四色,爱普生(中国)有限公司];无水 Na_2CO_3 (分析纯);海藻酸钠、羧甲基纤维素、改性淀粉(工业品);PET 薄膜(市售,厚度 $5\text{ }\mu\text{m}$)。

仪器:L310 型 Epson 打印机[爱普生(中国)有限公司],SF600 型计算机测色配色仪(Datacolor 公司),YB571B 型耐摩擦牢度仪(温州市大荣纺织仪器有限公司),平板烫画机(义乌酷蒂机械厂),UV-2450 型紫外可见分光光度计(日本岛津公司),PHS-3C 型 pH 计、DDS-11A 型数字式电导率仪(上海雷磁公司),Kruss K100C 型表面张力仪(德国 Kruss 公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 喷墨打印墨水配制

将无盐色浆、添加剂、表面活性剂加入去离子水中,以 $100\sim 300\text{ r/min}$ 转速充分搅拌 30 min ,静置 1 h ,调节 pH 值后,分别用孔径 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 和 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 的微孔滤膜过滤,过滤后的墨水装入 L310 型 Epson 打印机墨盒中进行打印。

1.2.2 转移印花

PET 薄膜涂覆涂层剂→烘干→喷墨打印、预设图案、轧碱织物→转印→汽蒸固色→水洗→烘干。

在 PET 薄膜上均匀刮涂涂层剂, $60\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干,采用 L310 型 Epson 打印机将预设图案打印到 PET 薄膜上备用;将织物浸入不同质量分

数的碳酸钠溶液中,浸渍 2 min 后取出,轧辊轧压,轧余率 90% ;将轧碱织物与 PET 薄膜上图案面贴合后,放入平板烫画机中,在一定压力下转印 30 s ,然后将 PET 薄膜从织物表面轻轻撕除, $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干后, $105\text{ }^\circ\text{C}$ 汽蒸固色,固色结束后, $60\text{ }^\circ\text{C}$ 热水洗涤 2 遍,再用冷水洗涤 2 遍, $80\text{ }^\circ\text{C}$ 烘干即可。

1.3 测试方法

1.3.1 活性染料墨水理化性能测试

吸光度:采用 UV-2450 型紫外可见分光光度计测试墨水样品最大吸收波长 λ_{max} 下的吸光度。

表面张力:采用 Kruss K100C 型表面张力仪测试,测试温度 $25\text{ }^\circ\text{C}$,每个样品测 3 次,取平均值。

渗透度和干燥时间:通过 1 mL 注射器针头将 1 滴墨滴滴到普通 A4 打印纸上,以墨滴在纸上的墨点大小评价渗透度,同时记录墨滴在纸上完全干燥的时间,每个样品测 3 次,取平均值。

pH 值:采用 PHS-3C 型 pH 计测定,测试温度 $25\text{ }^\circ\text{C}$,每个样品测 3 次,取平均值。

电导率:采用 DDS-11A 型数字式电导率仪测定,测试温度 $25\text{ }^\circ\text{C}$,每个样品测 3 次,取平均值。

1.3.2 印花织物表观色深值(K/S 值)测试

采用 SF600 型计算机测色配色仪,测试样品的表观色深值。测试条件: D_{65} 光源、 10° 视角、中孔径(SAV)、不包含 UV。

1.3.3 薄膜色浆转移率测定

将转印薄膜烘至恒定质量后称量初始质量(m_0),刮涂涂层剂,烘干后打印预设图案,在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至恒定质量后称取质量(m_1);转印薄膜与经轧碱处理的织物贴合转印后,将转印薄膜与织物

分离,转印薄膜放置在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中烘至恒定质量,称取质量(m_2),按式(1)计算薄膜色浆转移率(简称色浆转移率)。

$$\text{色浆转移率} = \left(1 - \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}\right) \times 100\% \quad (1)$$

1.3.4 印花织物色牢度测试

按照 GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》测定耐摩擦色牢度;按照 GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》测定耐皂洗色牢度。

2 结果与讨论

2.1 活性染料墨水的配制

2.1.1 活性染料色浆质量分数的确定

分别配制不同质量分数的活性染料溶液,与 Epson 公司原装墨水稀释相同倍数后,在最大吸收波长 λ_{max} 下,测定溶液的吸光度,结果如表 1 所示。

由表 1 可知,随着活性染料质量分数增加,染液吸光度增大。当活性黑、红、黄染料质量分数在 14.0% 时,与 Epson 原装墨水吸光度相差不大;当活性蓝染料的质量分数在 18.0% 时,与 Epson 原装墨水吸光度相当,据此确定墨水配方中染料用量:活性红 14.0% 、活性黄 14.0% 、活性黑 14.0% 、活性蓝 18.0% 。

2.1.2 添加剂的选择

水溶性墨水的溶剂主要为去离子水,同时还需要添加溶剂和表面活性剂来调节墨水的黏度、表面张力、干燥速度等以满足打印要求。有文献指出,使用至少一种低挥发性溶剂和一种高挥发性溶剂对整个墨水体系是有益的^[6]。本文选用乙醇作为高挥发性溶剂,与乙二醇混合,同时添加乙二醇丁醚,研究其对墨水性能的影响,以活性黑为例,结果如表 2 所示。

由表 2 可知,随着乙二醇丁醚

用量的增加,墨水在纸上渗透得越深,且乙二醇丁醚用量越多,墨水黏度越大,黏度过高易造成墨水在墨盒中流动不畅,因此乙二醇丁醚的用量选择 5.0% 比较合适。乙二醇和乙醇的用量对墨水在纸上的干燥时间影响较大。乙醇作为一种低沸点溶剂,其用量越多,墨水干燥速度越快,干燥时间越短,但乙醇用量过多,易造成喷打中断或喷嘴堵塞^[7]。乙二醇沸点较高,保湿性较好,其用量越多,干燥时间越长,且加入乙二醇后,墨水黏度变大。Epson 原装墨的干燥时间在 50~65 s,因此乙二醇的用量 10.0%、乙醇

用量 7.5% 比较合适。

表面张力也是墨水的一个重要指标,表面张力过大,墨滴打印不流畅;表面张力过低,难以形成微小均匀的墨滴。一般把墨水表面张力控制在 25.00~50.00 mN/m^[8],测得 Epson 原装墨水的表面张力为 27.00~29.00 mN/m。选用烷基糖苷(APG)调节墨水的表面张力,结果如表 3 所示。

由表 3 可知,当烷基糖苷用量为 0.4%~0.6% 时,墨水的表面张力与原装墨水相当。

墨水的 pH 值过低,容易腐蚀喷头,而 pH 值过高,则碱性过强易

造成活性染料的水解,采用三乙醇胺调节墨水的 pH 值至 8.0~8.5^[9]。

2.1.3 活性染料墨水配方及性能

确定活性染料墨水配方为:活性染料无盐色浆 14.0%~18.0%、乙二醇 10.0%、乙醇 7.5%、乙二醇丁醚 5.0%、烷基糖苷 0.4%~0.6%、其余为去离子水,并用三乙醇胺调节 pH 值至 8.0~8.5。

活性染料墨水的基本性能如表 4 所示,打印效果如图 1 所示。

2.2 纯棉织物喷墨冷转印工艺

2.2.1 涂层剂种类及用量对转印效果的影响

纸的主要成分为纤维素,对活

表 1 活性染料质量分数与吸光度的关系

项目		黑色	红色	黄色	蓝色
吸光度	质量分数 12.0%	0.456	0.325	0.431	0.419
	质量分数 14.0%	0.593	0.415	0.571	0.518
	质量分数 16.0%	0.691	0.533	0.664	0.625
	质量分数 18.0%	0.826	0.627	0.767	0.732
	质量分数 20.0%	0.953	0.718	0.829	0.809
Epson 原装墨水	$\lambda'_{\text{max}}/\text{nm}$	570	550	418	614
	吸光度	0.589	0.416	0.561	0.719
$\lambda_{\text{max}}/\text{nm}$		585	554	424	626

注:试样墨水和 Epson 原装墨水吸光度分别在各自最大吸收波长 λ_{max} 下测定。

表 2 添加剂用量对墨水性能的影响

序号	乙二醇/%	乙醇/%	乙二醇丁醚/%	黏度/(mPa·s)	渗透度	干燥时间/s
1	10.0	5.0	2.5	2.2	小	52
2	10.0	7.5	5.0	2.5	一般	40
3	10.0	10.0	7.5	2.7	大	35
4	15.0	5.0	5.0	2.6	一般	70
5	15.0	7.5	7.5	2.9	大	65
6	15.0	10.0	2.5	2.4	小	55
7	20.0	5.0	7.5	3.3	大	110
8	20.0	7.5	2.5	2.7	小	95
9	20.0	10.0	5.0	3.2	一般	80

注:干燥时间可反映墨水的干燥速度,干燥时间越短,墨水干燥速度越快。

表 3 烷基糖苷用量对墨水表面张力的影响

烷基糖苷用量/%	mN/m			
	黑色	红色	黄色	蓝色
0	32.90	34.51	34.30	30.72
0.2	30.05	31.56	31.80	29.42
0.4	29.03	29.67	29.57	28.49
0.6	27.93	27.92	27.89	27.83

表 4 活性染料墨水的基本性能

项目		表面张力/(mN·m ⁻¹)	黏度/(mPa·s)	pH 值	电导率/(ms·cm ⁻¹)
原装墨水	黑色	28.18	2.2	8.2	3.35
	红色	27.48	2.1	8.4	3.01
	黄色	29.76	2.3	8.5	3.27
	蓝色	27.70	2.4	9.3	3.44
自制墨水	黑色	27.94	2.1	8.1	3.33
	红色	27.61	2.3	8.2	3.16
	黄色	29.56	2.5	8.4	3.14
	蓝色	27.87	2.2	8.6	3.50

性染料具有一定的亲和性,用其作为承印介质,会使图案转移不净。而 PET 薄膜属于疏水性薄膜,其对活性染料没有亲和力,染料只是黏附在转印膜上,通过转移印花后,98%以上的染料都会转移到织物表面^[4]。但 PET 薄膜疏水性太强,直接将活性染料墨水喷墨打印在其表面,墨滴无法铺展形成完整的图案,因此需要选择合适的涂层剂对薄膜进行预处理。

分别选择海藻酸钠、羧甲基纤维素、改性淀粉配制质量分数 2.0%的涂层剂,将其均匀刮涂到 PET 薄膜上,烘干后,将预设的纯黄色色块喷墨打印到 PET 薄膜上(以下所有试验均采用同样的打印程序设置,打印色块均为纯黄色色块);以质量分数 10.0%的碳酸钠预处理织物,392 kPa 转印压力转印 30 s,105 ℃汽蒸 30 min,结果如表 5 所示。

由表 5 可知,选用海藻酸钠作为涂层剂,转印率最高,且所得织物色牢度最好。这可能跟 3 种涂层剂与 PET 薄膜、活性染料间的亲和力差异有关。涂层剂与 PET 薄膜亲和力越强,薄膜上残存的色浆越多,转印率越低;涂层剂与活性染料亲和力越高,转印后,洗涤过程中,染料易随涂层剂一起从织物上脱落。

以海藻酸钠作为涂层剂,将织

物用质量分数 10.0%的碳酸钠预处理后,392 kPa 转印压力转印 30 s,105 ℃汽蒸 30 min,考察涂层剂质量分数对转印效果的影响,结果见表 6。

由表 6 可知,随着涂层剂质量分数的增加,转印率逐渐增大,印花织物的色牢度也变好。在涂层厚度相同的情况下,涂层剂质量分数越低,涂层剂用量越少,在薄膜上形成涂膜太薄,转印时,涂膜可能破损,无法完整转移到织物上,导

致转印率偏低。涂层剂用量过多,转印时,涂层剂在薄膜上残留更多,转印率也会偏低。因此,涂层剂质量分数为 4.0%比较合适。

2.2.2 织物预处理碱剂用量对转印效果的影响

活性染料通常在碱性条件下与纤维素纤维反应形成共价键结合。以质量分数 4.0%的海藻酸钠作为涂层剂,将织物用不同浓度碳酸钠预处理后,392 kPa 转印压力转印 30 s,105 ℃汽蒸 30 min,考察



(a)自制墨水



(b)Epson 原装墨水

图 1 自制活性染料墨水与 Epson 原装墨水打印效果对比

表 5 不同涂层剂对转移印花效果的影响

不同涂层剂	干摩/级	湿摩/级	色浆转移率/%	K/S 值	
				皂洗前	皂洗后
改性淀粉	3~4	2~3	76.3	3.45	2.38
海藻酸钠	4	3	90.5	5.87	5.36
羧甲基纤维素	3~4	3	85.4	4.62	4.02

表 6 涂层剂质量分数对转移印花效果的影响

涂层剂质量分数/%	干摩/级	湿摩/级	色浆转移率/%	K/S 值	
				皂洗前	皂洗后
2.0	4	3	90.5	5.87	5.36
3.0	4~5	3	93.6	6.12	5.62
4.0	4~5	3~4	98.7	6.49	6.16
5.0	4~5	3	91.3	5.95	5.35

了碳酸钠质量分数对转移印花效果的影响,结果如表 7 所示。

由表 7 可知,随着碳酸钠质量分数的增大,转印织物色牢度变好,当碳酸钠质量分数超过 15.0% 后,继续增大其浓度反而导致色牢度降低。这是由于碳酸钠质量分数过低,碱度不够,活性染料与纤维反应不充分,导致印花织物色牢度差。碳酸钠质量分数过高,活性染料水解严重,从而导致印花织物色牢度变差。

2.2.3 转印压力对转印效果的影响

转印压力大小对转印效果影响较大。以质量分数 4.0% 的海藻酸钠作为涂层剂,将织物用质量分数 15.0% 的碳酸钠预处理后,在不同压力下转印 30 s, 105 ℃ 汽蒸 30 min,结果如表 8 所示。

由表 8 可知,转印压力太低,转印率也低,但转印压力过高,易压坏织物,且并不利于转印率提高,因此转印压力以 490~588 kPa 为宜。

2.2.4 汽蒸时间对转印效果的影响

汽蒸过程中,吸附在织物表面的活性染料吸湿溶解,纤维发生溶胀,活性染料从织物表面向织物内部渗透,同时与纤维发生反应,形成共价键结合。以质量分数 4.0% 的海藻酸钠作为涂层剂,将织物用质量分数 15.0% 的碳酸钠预处理后,在 392 kPa 压力下转印 30 s, 105 ℃ 汽蒸不同时间,结果如表 9 所示。

由表 9 可知,汽蒸时间低于 30 min,活性染料与织物反应不充分,印花织物的色牢度较差;汽蒸时间超过 40 min,对印花织物色牢度提高有限,且生产成本增加。因此,汽蒸时间控制在 30~40 min 比较合适。

表 7 碳酸钠质量分数对转移印花效果的影响

碳酸钠质量分数/%	干摩/级	湿摩/级	K/S 值	
			皂洗前	皂洗后
5.0	4	3	6.44	5.25
10.0	4~5	3~4	6.49	6.16
15.0	5	4	6.50	6.32
20.0	4~5	3~4	6.45	5.38

表 8 不同转印压力对转移印花效果的影响

转印压力/kPa	干摩/级	湿摩/级	色浆转移率/%	K/S 值	
				皂洗前	皂洗后
196	5	3~4	90.6	4.62	4.39
294	5	4	95.2	5.54	5.36
392	5	4	99.3	6.52	6.33
490	5	4	99.5	6.53	6.35
588	5	4	96.8	5.68	5.42

表 9 不同汽蒸时间对转印效果的影响

汽蒸时间/min	干摩/级	湿摩/级	K/S 值	
			皂洗前	皂洗后
20	4~5	3~4	6.46	5.87
30	5	4	6.50	6.32
40	5	4~5	6.54	6.39
50	5	4~5	6.52	6.21

3 结论

3.1 通过试验确定了活性染料喷墨打印墨水配方:活性染料无盐色浆 14.0%~18.0%、乙二醇 10.0%、乙醇 7.5%、乙二醇丁醚 5.0%、烷基糖苷 0.4%~0.6%,其余为去离子水,并用三乙醇胺调节 pH 值至 8.0~8.5,该墨水可用于纯棉织物喷墨冷转移印花。

3.2 纯棉织物喷墨冷转移印花优化工艺条件为:质量分数 4.0% 海藻酸钠涂层薄膜,质量分数 15.0% 碳酸钠预处理纯棉织物,490~588 kPa 压力转印 30 s, 105 ℃ 汽蒸 30~40 min,所得织物耐皂洗和耐摩擦色牢度 4 级以上。

参考文献

- [1]邵生民.纯棉冷转移印花[J].丝网印刷,2009(11):38.
- [2]於琴.纯棉织物活性染料薄膜湿法转移印花[J].印染,2012(8):25~26.

[3]李青,丁燕,邢铁玲,等.天然纤维织物转移印花研究进展[J].印染,2013(8):49~52.

[4]陈荣圻.活性染料湿法冷转移印花浅解[J].染整技术,2017(11):1~3,11.

[5]黄雪红,杨梦甜,郝新宇,等.石墨烯改性锦纶织物数码冷转移印花技术开发[J].针织工业,2021(4):35~39.

[6]赵琨雷,高承永,周绍强,等.干热转移活性染料印花墨水的配制及应用[J].印染,2019(22):12~15.

[7]宋卫生.彩色喷墨打印机用水性染料墨水的研究[D].西安:西安理工大学,2005.

[8]陆迪.喷墨打印墨水的研究[D].西安:西安理工大学,2008.

[9]马金亮,麻文效,乔亚雅.活性染料数码喷墨印花墨水的研制[J].印染,2019(12):30~33.

收稿日期 2024 年 5 月 12 日