

缎纹提花纯棉机织布的复合酶轧蒸退煮工艺

衡天佐¹, 陈万明², 许波¹, 余圆圆¹, 王平¹, 王强¹

(1.江南大学 纺织科学与工程学院, 江苏 无锡 214122; 2.浙江灏宇科技有限公司, 浙江 绍兴 312300)

摘要: 棉织物酶法退煮工艺温度低,对蜡质的去除作用较弱,处理效果不及传统碱法。将高温型复合酶与纤维素酶应用于缎纹提花纯棉机织布的退煮轧蒸工艺,从润湿性能、力学性能、退浆效果以及杂质去除情况等方面探究工艺条件对处理效果的影响,进行工艺的优化。结果表明:复合酶在较高温度下(80~90℃)对缎纹提花纯棉机织布进行退煮一步轧蒸前处理可取得较好的前处理效果,与常规低温酶法退煮工艺相比,毛效和棉蜡去除效率分别提高约33%和50%,接近碱法处理效果。

关键词: 前处理; 退煮轧蒸工艺; 复合酶; 纤维素酶; 棉机织物

中图分类号: TS192.5

文献标志码: B

文章编号: 1000-4017(2023)06-0024-04



PDF下载

Pad-steaming pretreatment of sateen jacquard cotton woven fabric with compound enzyme

HENG Tianzuo¹, CHEN Wanming², XU Bo¹, YU Yuanyuan¹, WANG Ping¹, WANG Qiang¹

(1.School of Textile Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
2.Zhejiang Haoyu Technology Co., Ltd., Shaoxing 312300, China)

Abstract: In view of the shortcomings of poor wax removal effect of the enzymatic desizing and scouring process for cotton fabrics at low temperature, which is not as effective as the traditional alkaline method, a high-temperature composite enzyme and cellulase are applied to the desizing and scouring pad-steam process of sateen jacquard cotton woven fabric. The influence of process conditions on the treatment effect is explored from the aspects of wetting performance, mechanical properties, desizing effect, and impurity removal, and the process is optimized. The results show that the one-step pretreatment of desizing and scouring and pad-steam of sateen jacquard cotton woven fabric with composite enzymes at higher temperatures (80~90℃) can achieve good pretreatment results. Compared with the conventional low-temperature enzymatic process, capillary effect and wax removal rate are increased by about 33% and 50%, respectively, which is close to the alkaline treatment.

Key words: pretreatment; desizing, scouring and pad-steam process; compound enzyme; cellulase; cotton-woven fabric

提花织物质地柔软、表面平滑、弹性良好、透气性佳,对坯布及其染整加工的要求较高。棉坯布传统的前处理通常为高温强碱加工,虽然前处理效果较好,但会产生大量的碱性废水,影响环境^[1]。生物酶已广泛应用于棉织物的退浆等加工,常用果胶酶、淀粉酶以及纤维素酶等对棉机织物进行轧蒸前处理^[2]。酶退煮通常在40~60℃进行,由于处理温度较低,对棉蜡的去除作用较弱,导致处理后织物的润湿性能不及碱处理。因此,进一步改进酶法退煮工艺,提升处理效果,可极大地促进棉织物酶法前处理的推广和应用^[3]。

本试验采用江南大学自制的高温型复合酶TH(在高温下具有较高活性的纺织用酶),将其应用于缎纹提花纯棉机织布的轧蒸退煮处理,通过开发新的酶法退

煮轧蒸工艺,提升酶法前处理的效果。

1 试验部分

1.1 织物、试剂与仪器

织物 缎纹提花纯棉机织布(16.7 tex,浙江灏宇科技有限公司)

试剂 复合酶TH、碱性纤维素酶(自制),JFC(山东优索化工科技有限公司),碘-碘化钾试剂,高氯酸,碘酸钾,草酸铵,浓硫酸,唑啉乙醇溶液,D-半乳糖醛酸,四氯化碳

仪器 P-A0型立式气压电动轧车(佛山市亚诺精密机械制造有限公司),UV-1800型紫外-可见分光光度计(日本岛津公司),PC-2B型恒温振荡水浴锅(厦门瑞比精密仪器有限公司),YGB026ET-250型电子织物强力机(温州市大荣纺织仪器有限公司),AL-204型电子天平、EL200型酸度计(瑞士梅特勒-托利多公司),101A-1B型电热鼓风干燥箱(上海安亭科学仪器有限公司),SXT-06型索氏提取脂肪测定仪(上海洪纪仪器

收稿日期:2023-03-07; 修回日期:2023-05-20

基金项目:国家重点研发计划(2021YFC2104000)。

作者简介:衡天佐(1998—),男,硕士研究生,主要研究方向为纺织品生态加工技术。E-mail:htz1072772472@gmail.com。

通信作者:许波,副教授。E-mail:boxu@jiangnan.edu.cn。

设备有限公司)

1.2 前处理工艺

工艺流程 浸轧 95 ℃热水→浸轧工作液(一浸一轧)→汽蒸→热水洗 2 道→冷水洗 2 道→105 ℃烘干

(1)复合酶TH轧蒸退煮工艺处方

$\rho(\text{复合酶TH})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	6~18
$\rho(\text{纤维素酶})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	0~5
$\rho(\text{JFC})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	2
pH	8~9
时间/min	60
汽蒸温度/℃	80~90
轧液温度/℃	50~60

(2)常规酶法轧蒸退煮工艺处方

$\rho(\text{淀粉酶})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	4
$\rho(\text{果胶酶})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	10
$\rho(\text{JFC})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	2
pH	8
时间/min	60
汽蒸温度/℃	60
轧液温度/℃	50

(3)碱法轧蒸退煮工艺处方

$\rho(\text{氢氧化钠})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	40
$\rho(\text{高效精练剂})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	5
$\rho(\text{JFC})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	2
时间/min	60
汽蒸温度/℃	98
轧液温度/℃	98

1.3 测试方法

1.3.1 退浆等级与退浆率

(1)退浆等级 参照 HG/T 50800—2016《纺织染整助剂退浆剂对淀粉浆料退浆效果的测定》进行退浆效果评级。

(2)退浆率 将退浆前后的布样在 105 ℃烘箱中烘至恒定质量。称取 2 g 布样,剪碎后投入锥形瓶中,加入 30 mL 42%高氯酸溶液,室温下搅拌 30 min;加入蒸馏水 100 mL 及 1~2 滴酚酞,滴加 30%氢氧化钠溶液至溶液呈淡红色,再用 2 mol/L 醋酸溶液滴定至淡红色消失,过滤,将滤液转移至 250 mL 容量瓶中定容。吸取上述溶液 5 mL 于 50 mL 容量瓶中,加入醋酸 2.5 mL、碘化钾 0.5 mL、碘酸钾 2.5 mL,定容摇匀。待显色稳定后,以空白试剂为参比,在最大吸收波长 570 nm 处测定吸光度,计算淀粉含量,从而得到退浆率。

1.3.2 润湿性能

(1)水滴润湿时间 将待测布样展开平铺,在其不同位置滴加水滴,记录水滴进入棉布的时间,多次测定

取平均值。

(2)毛细效应 参照 FZ/T 01071—2008《纺织品毛细效应的试验方法》,记录 30 min 后液体在棉布上的爬升高度,每个布样测试 3 次,取平均值。

1.3.3 力学性能

参照 GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》测试,每块试样测试 5 次,取平均值。

1.3.4 果胶去除率

将退浆前后的布样在 105 ℃烘箱中烘至恒定质量。称取 2 g 布样剪碎,放入 250 mL 三口烧瓶中,加入 100 mL 0.5%草酸铵溶液,90 ℃回流 90 min,趁热过滤,取滤液 1 mL,加入到 6 mL 硫酸中,摇匀,冰水浴冷却后煮沸 10 min,再次用冰水浴冷却。加入 1 mL 0.15%呋唑乙醇溶液,摇匀,静置 20 min 后测其在 530 nm 处的吸光度(以 1 mL 蒸馏水作为参比),对照 D-半乳糖醛酸标准曲线计算棉织物的果胶含量与果胶去除率。

1.3.5 棉蜡去除率

将退浆前后的布样在 105 ℃烘箱中烘至恒定质量。称取 2 g 布样剪碎,放入折叠的滤纸桶内部,滤纸以一定高度置于 SXT-06 型索氏提取脂肪测定仪中,在仪器中加入 60 mL 四氯化碳溶液,设置 80 ℃循环萃取,完成后通过质量法测定棉蜡含量并计算棉蜡去除率。

1.3.6 扫描电子显微镜(SEM)分析

取处理前后棉织物,喷金后用 SU1510 型扫描电子显微镜观察棉布表面的浆料和杂质去除情况。

2 结果与讨论

常规轧蒸退煮处理用酶的适宜温度约在 50 ℃左右,在此温度下进行酶法退煮处理时,由于温度较低,对棉蜡等杂质去除效果差,前处理效果不够理想。本试验所采用的复合酶TH在 80~90 ℃仍具有较高的酶活,可在高温下对缎纹提花纯棉机织物进行轧蒸退煮处理。

2.1 复合酶TH退煮一步轧蒸工艺

2.1.1 复合酶TH用量对前处理效果的影响

设定渗透剂 JFC 2 g/L,pH=9,轧液温度为 60 ℃,汽蒸温度为 80 ℃,汽蒸时间 60 min,调节复合酶TH质量浓度在 6~18 g/L,布样的前处理效果如表 1 所示。

表 1 复合酶TH用量对前处理效果的影响

Table 1 The effect of enzyme TH concentrations on the pre-treatment results of fabrics

$\rho(\text{复合酶TH})/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	退浆/级	水滴润湿时间/s	毛效/cm	断裂强力/N
6	5	8.3±2.5	7.3±0.4	703±23
9	7	3.3±2.0	8.4±0.2	686±15
12	8	< 1.0	9.7±0.4	692±15
15	8	< 1.0	10.6±0.4	687±8
18	8	< 1.0	10.9±0.1	675±8

由表1可知:当酶用量较少时,浆料、果胶等杂质未能除净,布样润湿性较差;随着酶用量的增加,布样的退浆效果提升,润湿性能提升,且断裂强力未出现明显下降,说明复合酶TH对棉布无明显损伤;当酶质量浓度大于12 g/L时,退浆评级达到8级,表明浆料基本已退尽;当酶质量浓度超过15 g/L后,毛效提升不明显。因此,试验选择15 g/L酶进行精练处理。

2.1.2 pH对前处理效果的影响

设定复合酶TH 15 g/L,调节工作液pH在6~11,其他条件同2.1.1节,布样的前处理效果如表2所示。

表2 pH对前处理效果的影响

Table 2 The effect of pH on the pretreatment results of fabrics

pH	退浆/级	水滴润湿时间/s	毛效/cm	断裂强力/N
6	8	7.3±1.1	9.0±0.1	681±12
7	8	1.6±0.5	9.6±0.5	671±15
8	8	< 1.0	9.8±0.5	674±27
9	8	< 1.0	10.5±0.4	695±18
10	3	1.3±0.6	10.6±0.3	682±18
11	3	4.6±2.5	9.4±0.2	679±8

从表2可知:pH=8时,布样的水滴润湿时间小于1 s,随着pH的升高,布样的毛效也随之提高;当pH≥10时,布样的退浆等级急剧下降,同时润湿性能也下降。这是因为较强的碱性环境使酶失活,导致布样的处理效果较差。

2.1.3 汽蒸温度对前处理效果的影响

设定复合酶TH 15 g/L,pH=9,调节汽蒸温度在50~90 ℃,其他条件同2.1.1节,布样的前处理效果如表3所示。

表3 汽蒸温度对处理效果的影响

Table 3 The effect of steaming temperature on the pretreatment results of fabrics

汽蒸温度/℃	水滴润湿时间/s	毛效/cm	断裂强力/N
50	14.7±2.5	8.2±0.3	648±26
60	9.0±2.6	8.4±0.2	643±40
70	4.3±1.5	9.0±0.2	686±9
80	< 1.0	11.1±0.3	666±17
90	< 1.0	11.0±0.3	643±19

由表3可知,复合酶TH在高温汽蒸环境中仍能保持较好的性能,与酶活测试结果一致。在试验汽蒸温度区间,退浆等级均可达到8级;当汽蒸温度达到70 ℃以上时,布样的润湿性能显著提升。这是因为在高温条件下,复合酶TH辅助剂的乳化以及除油作用,可使织物获得比低温处理更好的润湿性能,对强力的损伤也无明显增加。当汽蒸温度为90 ℃时,前处理效果略微下降,表明酶的活力受到影响,稳定性下降。

2.1.4 轧液温度对处理效果的影响

设定复合酶TH 15 g/L,JFC 2 g/L,pH=9,汽蒸温度80 ℃,汽蒸时间60 min,调节轧液温度在40~80 ℃,布样

的前处理效果如表4所示。

表4 轧液温度对处理效果的影响

Table 4 The effect of padding temperature on the pretreatment results of fabrics

轧液温度/℃	水滴润湿时间/s	毛效/cm	断裂强力/N
40	2±1	9.7±0.5	686±23
50	< 1	9.8±0.2	685±8
60	< 1	10.4±0.3	676±33
70	< 1	10.1±0.6	668±22
80	1±1	9.9±0.3	671±12

从表4可知,相较于40~50 ℃,轧液温度在60~70 ℃时布样的润湿性能更好,表明在60~70 ℃条件下,酶分子更活跃,提高了棉布的处理效果。同时,轧液温度变化对退浆效果的影响较小,所有试样的退浆等级均可达到8级。但当温度达到80 ℃时,布样的润湿性能降低,这可能是因为酶在高温工作液中的稳定性下降,影响了处理效果。

综上分析,复合酶TH轧蒸退煮前处理的优化工艺为:复合酶TH 15 g/L,pH=9,轧液温度60 ℃,汽蒸温度80 ℃。

2.2 不同前处理工艺效果比较

将复合酶TH退煮和常规酶退煮工艺处理的布样进行对比,结果如表5所示。

表5 不同酶法退煮工艺处理布样对比

Table 5 The comparison of samples treated with different enzymatic processes

前处理工艺	处理时间/min	水滴润湿时间/s	毛效/cm	果胶去除率/%	棉蜡去除率/%
常规酶退煮	20	17.0±3.5	8.2±0.3	69.4±3.9	35.5±2.3
	40	11.0±4.0	8.7±0.2	71.1±4.8	38.0±4.4
	60	6.0±1.5	9.1±0.2	73.5±1.8	43.6±3.5
复合酶TH退煮	20	3.0±0.5	10.8±0.1	69.7±4.5	52.2±5.3
	40	< 1.0	10.9±0.1	72.2±2.6	54.1±4.1
	60	< 1.0	11.1±0.2	74.2±3.3	57.1±2.5

从表5可知,当处理时间相同时,复合酶TH的处理效果优于常规温度的酶处理效果,织物的润湿性能与棉蜡去除率有显著提升,毛效提升约33%,棉蜡去除率提升近50%。这是由于当处理温度超过蜡的熔点时,蜡质由固态转变为液态,与表面活性剂更容易发生互溶,通过表面活性剂的乳化与分散作用,棉蜡的去除效率显著提升^[4]。即使将本工艺处理时间缩短至20 min,其处理效果依然优于常规酶处理60 min时的效果。因此,本工艺可以缩短处理时间,一定程度上降低能耗,提高效率。

将本工艺与传统碱法轧蒸工艺以及常规酶法轧蒸工艺进行对比,如表6所示。

由表6可知,复合酶TH工艺的处理效果强于常规酶工艺,对于润湿性能与棉蜡去除率有明显提升,并接

近碱退煮工艺的效果。尽管杂质的去除效率低于碱法工艺,但经本工艺退煮后再进行汽蒸漂白,布样杂质基本去净,性能可达常规工艺处理的半漂布水平,满足常规应用的要求。

表6 经不同工艺退煮处理的布样对比
 Table 6 The comparison of different cotton fabrics

处理方式	水滴润湿时间/s	毛效/cm	退浆率/%	断裂强力/N	果胶去除率/%	棉蜡去除率/%
坯布	> 120.0	2.3±0.4	—	703±12	—	—
常规酶退煮	6.0±1.5	9.1±0.2	97.8±0.8	701±13	73.5±1.8	43.6±3.5
复合酶TH退煮	< 1.0	11.1±0.2	98.5±0.4	694±9	74.2±3.3	57.1±2.4
碱退煮	< 1.0	9.8±0.3	99.5±0.2	641±14	83.7±2.4	72.8±5.1

2.3 耐高温碱性纤维素酶的应用

复合酶TH对浆料与果胶的去除效率较高,但对棉籽壳以及其他杂质的去除效果则较差,而纤维素酶有助于强化棉布表面的杂质以及棉籽壳的去除,因此本团队与合作企业共同开发了一种耐高温碱性纤维素酶,其工作温度为30~80℃,适宜pH为4~10。将少量耐高温碱性纤维素酶加入到复合酶TH的退煮一步轧蒸工作液中,探究其作用效果。

2.3.1 碱性纤维素酶用量

设定复合酶TH 15 g/L, JFC 2 g/L, pH=9, 轧液温度为60℃, 汽蒸温度为80℃, 汽蒸时间60 min, 调整纤维素酶质量浓度在0~5 g/L, 处理效果如图1所示。

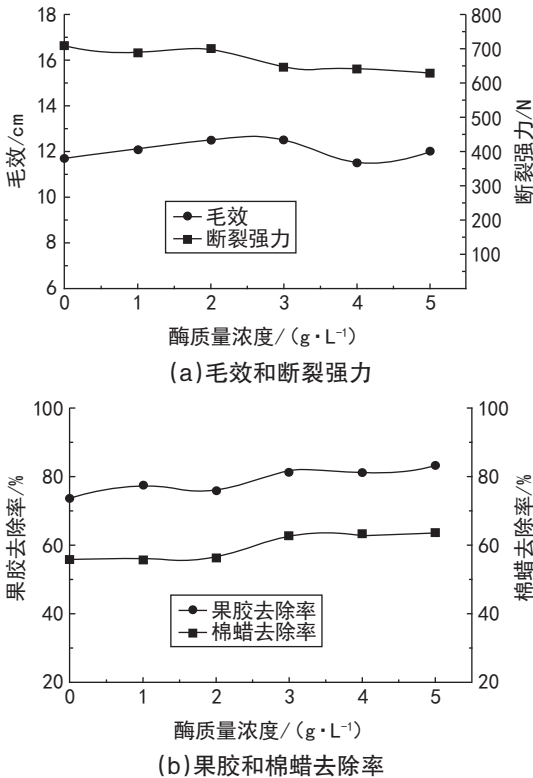


图1 纤维素酶用量对处理效果的影响
 Fig.1 The effect of cellulase concentrations on treatment efficiency

由图1可知,纤维素酶提升了棉布上果胶和蜡质的

去除率,同时不影响棉布的退浆性能(均为8级)与润湿性能(水滴润湿时间<1 s)。随着纤维素酶用量的增加,棉布的断裂强力降低。综合考虑,碱性纤维素酶质量浓度以3 g/L左右为宜,此时布样上的果胶和棉蜡去除率提升了12%左右。

2.3.2 碱性纤维素酶的除杂作用

将3 g/L耐高温碱性纤维素酶加入工作液,与未加耐高温碱性纤维素酶的复合酶TH工作液的处理效果,以及碱处理效果进行SEM观察,结果如图2所示。

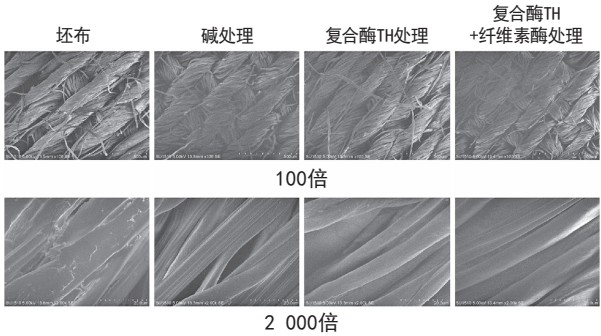


图2 不同前处理方法棉布的SEM图
 Fig.2 SEM images of cotton fabrics with different pretreatment methods

由图2可见,复合酶TH处理与碱处理均能显著去除棉布的浆料与杂质,但相较于未加入纤维素酶的复合酶TH处理,碱处理的棉纤维更为光滑,表面残留物更少,杂质去除更彻底,而加入了碱性纤维素酶处理的布样,其杂质去除情况以及纤维光滑程度有明显提升,接近碱处理布样^[5-6]。加入纤维素酶对杂质的去除作用更好,这一方面是由于纤维素酶水解纤维素,使附着杂质的微小纤维水解弱化,在机械作用下从织物上脱落^[7],此过程中部分果胶、棉蜡也被去除,棉籽壳也有一定的减少,去杂效果较好^[8-9]。另一方面,纤维素酶与复合酶TH协同作用,使酶更容易进入棉布,强化了酶的处理效果^[10]。但同时由于纤维素酶对棉布也产生了一定的水解作用,导致棉布有约7%的强力损失,高于无纤维素酶处理的3%。

3 结论

复合酶TH轧蒸退煮前处理工艺较常规酶工艺的主要特点是提高了轧蒸温度,提升了对杂质,特别是棉蜡的去除效果,使润湿性能进一步改善。另外,相较于碱法轧蒸退煮工艺,本工艺对布样断裂强力的影响极小,并在一定程度上降低了能耗及对环境的污染。

(1)高温型复合酶TH退煮一步轧蒸工艺可有效提高缎纹提花纯棉机织物的润湿性能并去除杂质,且对棉布无明显损伤,有利于后续的氧漂和染色。优化的工艺条件为复合酶TH 15 g/L, pH 9, 轧液温度60℃, 汽蒸温度80℃。

正交试验,制得适用于联合退浆机汽蒸工艺的低温精练剂(1#、2#配方)和间歇式工艺的低温精练剂(3#配方)。考虑到低温前处理工艺精练效果普遍偏低,为尽可能提高精练指标,降低温度的同时提高碱剂和双氧水的用量,不仅坯布处理效果提升明显,而且成本增加幅度较小,这就需要低温精练剂有更好的耐碱性能,因此在低温精练剂配方中添加一定量的耐碱渗透剂M600,加入螯合剂EDDHA-Na提高双氧水的稳定性,具体配方见表5。

表5 低温精练剂配方
Table 5 Formulation of scouring agent

助剂	1#配方	2#配方	3#配方
w(渗透剂PAS-80)/%	9	10	4.5
w(乳化剂FMEE)/%	6	7	13.5
w(分散剂FMES)/%	3	3	13.5
w(除蜡剂CETSA)/%	9	10	13.5
w(耐碱剂M600)/%	27	15	0
w(螯合剂EDDHA-Na)/%	2	2	2
w(杀菌剂Bit)/%	0.1	0.1	0.1
碱剂NaOH	调节pH=7	调节pH=7	调节pH=7
w(去离子水)/%	43.9	52.9	52.9
指标	外观	均匀,不分层	均匀,不分层
	有效含量/%	40	35
	倾点/℃	<0	<0
	耐碱性/(g·L ⁻¹)	220	100
应用效果	30 min 毛效/cm	>8	>10
	白度	>65	>70

3 结论

(1)PAS-80的表面张力较低(26.7 mN/m),能迅速在浆料、各种杂质表面铺展,并能挤压纤维内部空气,快速进入纤维内部,表现出极佳的渗透力。FMEE和CETSA对体系乳化力的提高影响最为明显,FMEE含有类似油脂的脂肪酸甲酯结构,对矿物油乳化效果好,

(▲上接第27页)

(2)高温型复合酶TH退煮一步轧蒸工艺相较于常规较低温度下的酶法退煮工艺,在润湿性能的提升与棉蜡去除方面有显著优势,毛效提升约33%,棉蜡去除效率提升约50%,处理效果接近碱法工艺,且明显降低了对棉布的损伤并减少了能耗与污染。

(3)在高温型复合酶TH退煮一步轧蒸工艺中加入少量耐高温碱性纤维素酶,可使果胶与棉蜡的去除率提高约12%,同时进一步起到除杂的作用。

参考文献:

[1] 李大鹏,朱冬燕,周云,等.生物酶无碱轧蒸工艺在纯棉前处理中的应用[J].染整技术,2007(5):20-21.
[2] 曹争艳,房宽峻,郝龙云,等.生物酶短流程前处理工艺比较[J].染整技术,2009,31(2):25-27.
[3] 王茂龙,贺江平,麻录亮.棉织物复合生物酶短流程前处理工艺[J].

CETSA含有强极性基团巯基,能够减弱蜡垢中正构烷烃之间的吸引力,在低温条件下软化棉蜡效果好;FMES对污垢有极佳的悬浮作用,对提高体系的分散力影响最为明显。

(2)通过正交试验得到乳化与分散性能好的精练剂A和渗透性好的精练剂B,分别适用于针织布和梭织布前处理;再进一步复配并优化,制得适用于联合退浆机汽蒸工艺和间歇式工艺的低温精练剂。

(3)梭织物由于纱线之间结构紧密,低温前处理效果明显差于传统的高温工艺;针织布结构松散,纱线之间间隙大,在低温条件下,可以通过表面活性剂的优化与复配,获得接近于高温工艺的毛效。双氧水的漂白白度与精练剂的渗透性有关,提高精练剂渗透力,可以提高漂白白度,但提升幅度较小,影响漂白的关键因素还是温度。

参考文献:

[1] 张靖宇,李佳广,许佳,等.棉织物冷轧堆前处理低温精练剂RA的制备及应用[J].印染,2019,45(6):22-25.
[2] 武守营,胡啸林,董玲.麻针织物的三合一高效精练剂前处理[J].印染,2017,43(8):22-25.
[3] 贾路航.表面活性剂的复配及其在除油清洗中的应用[J].安徽化工,2013,39(6):37-40.
[4] 师文钊,邢建伟,王雪燕,等.纯棉毛巾织物低温一浴法前处理工艺[J].印染,2019,45(8):22-26.
[5] 徐军.FMEE与FMES的合成及在除蜡水配方中的应用[J].四川化工,2022,25(4):6-9.
[6] 徐星喜.阴离子表面活性剂的应用与创新[J].中国洗涤用品工业,2012(8):46-50.
[7] 李海洋,刘满辉.羧甲基硫代丁二酸的合成以及在酸性皂洗工艺中的应用[J].国际纺织导报,2012,40(7):43-47.
[8] 林凯.复配表面活性剂在轮胎自洁素中的应用[J].云南化工,2022,49(8):36-39.
[9] 王成信.酒店布草清洗剂的研发与配方设计[J].中国洗涤用品工业,2022(7):34-39.
[10] 王琛.FMEE与FMES的合成及其在退浆中的应用[J].印染,2022,48(7):41-44.

印染,2010,36(23):16-18.
[4] 靳贺玲,秦姝.碱性果胶酶精练对棉纤维表面结构的影响[J].纺织学报,2009,30(3):53-57.DOI:10.13475/j.fzxb.2009.03.023.
[5] SARAVANAN D, RAMANATHAN V, KARTHICK P, et al. Optimisation of multi-enzyme scouring process using Taguchi methods[J]. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 2010, 35(2):164-171.
[6] 罗维新,李春光,武广林,等.棉织物低温前处理技术[J].印染,2012,38(20):18-21.
[7] 黄伟,洪枫.精练酶的酶学特性和复配及降解棉籽壳的效果[J].印染,2012,38(4):1-5.
[8] 周舒翔,丁平,葛元宇,等.纺织用酶制剂复配技术研究与进展[J].中国纤检,2012(22):84-88.DOI:10.14162/j.cnki.11-4772/t.2012.22.023.
[9] 封怀兵,王华印.纯棉织物复配酶精练工艺设计及分析[J].纺织科技进展,2008(5):7-8.DOI:10.19507/j.cnki.1673-0356.2008.05.003.
[10] CHUNG C, LEE M, CHOE E K. Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy[J]. Carbohydrate Polymers, 2004, 58(4):417-420.