

文章编号: 1673-3851 (2011) 03-0321-07

增塑增溶体系改善紫外线吸收剂上染涤纶性能的研究

方 頌, 陈维国, 王 超, 田勇强

(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, 杭州 310018)

摘 要: 紫外线吸收剂 UV-360 具有两个含氢键的分子内六元环结构, 吸收紫外线的的能力很强, 但由于分子较大而影响了其对涤纶织物的上染。为了提高 UV-360 对涤纶织物的上染率, 发挥其改善涤纶织物耐光色牢度的作用, 研究探讨在染浴中添加简单结构酯类物质和 Gemini 型表面活性剂的作用。结果表明, 由乙酸正戊酯和 Gemini-31508 所组成的增塑增溶体系对 UV-360 上染率有明显的促进作用; 同时, 通过分析乙酸正戊酯对涤纶纤维直径、临界溶解时间的影响, 以及 Gemini-31508 对分散染料和 UV-360 溶解性能的影响, 探讨了增塑增溶体系改善 UV-360 对涤纶上染性能的作用机理。

关键词: 紫外线吸收剂; 涤纶; 乙酸正戊酯; Gemini 型表面活性剂

中图分类号: TS195.2 **文献标识码:** A

0 引 言

为了改善染色涤纶织物的耐光色牢度, 选择对紫外线具有强烈吸收、对涤纶纤维有较高上染率的紫外线吸收剂, 使之与分散染料同浴上染涤纶纤维^[1-5]。紫外线吸收剂 UV-360 具有两个邻位酚羟基与氮原子形成的含氢键的分子内六元环结构, 与其它单吸收基团的紫外线吸收剂相比, 可形成双倍的分子内质子转移, 因而具有更强的紫外线吸收能力, 但它对涤纶的上染率比较低, 这就妨碍了其用于改善涤纶织物耐光色牢度的能力。

在分散染料的染色方法中, 高温高压法、热熔法和载体法中染色温度的选择都与涤纶纤维玻璃化温度 T_g 有关。染色温度大于玻璃化温度, 则涤纶纤维大分子链段发生绕动而产生空穴、增加自由体积, 以使分散染料分子跳跃扩散进入纤维而上染^[6]。其中, 高温高压法、热熔法通过提高温度来达到染色目的, 而载体染色法则主要是利用载体对涤纶纤维的增塑作用, 降低玻璃化温度以达到降低染色温度的目的。同时, 为了达到分散染料低温上染涤纶的目的, 采用增溶剂提高分散染料在水体系中的溶解性, 增加分散染料单分子上染涤纶的几率, 也是近年来涤纶低温染色技术研究开发的热点^[7-8]。

为此, 参照分散染料对涤纶的增塑、增溶染色的相关研究, 在染液中添加环保型增塑剂、增溶剂, 探讨增塑增溶体系的组成及其对紫外线吸收剂 UV-360 上染涤纶性能的改善作用, 为利用 UV-360 改善染色涤纶织物的耐光色牢度提供参考。

1 实验部分

1.1 实验材料

纯涤纶平纹织物(杭州圣山实业有限公司, 经除油去杂质处理, 织物质量为 220 g/m²)。

1.2 实验药品

紫外线吸收剂 UV-360(南京华立明化学品有限公司),分子结构如图 1 所示;染料分散红 BD、分散黄 8GFF、分散蓝 SE-5R(浙江吉华染料有限公司);润湿分散剂 A、超分散剂 B、表面活性剂 Gemini-31508(工业品)、分散剂 M;甲酸甲酯、乙酸正戊酯、乙酸正丁酯、N,N-二甲基甲酰胺、苯酚(化学纯,汇普化工有限公司)。

1.3 实验仪器

砂磨机(实验室自制);TBB100-A 红外染色机(杭州三锦科技有限公司);Lambda 900 UV-VIS-NIR 紫外光谱仪(Perkin Elmer 公司);高剪切乳化机(上海威宇公司);集热式恒温恒压磁力搅拌机(杭州惠创仪器设备有限公司);HH-6 数显恒温水浴锅(国华电器有限公司);XPS-8C 生物显微镜(上海光学仪器六厂)。

1.4 实验与测试方法

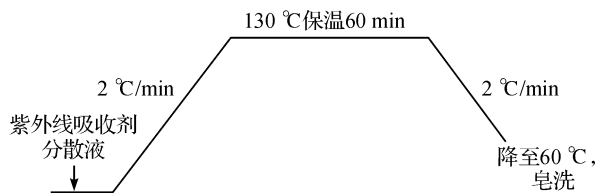
1.4.1 紫外线吸收剂分散液的制备及紫外线吸收剂含量的标定

取 5 g 紫外线吸收剂 UV-360,加入适量的润湿分散剂 A、超分散剂 B 和去离子水,采用砂磨方式研磨 2 h。砂磨后移取一定体积紫外线吸收剂分散液用水稀释,定容至 250 mL 容量瓶中,然后吸取 1 mL 分散液用 DMF 定容至 10 mL,测其吸光度;由 UV-360 在 DMF 中的标准工作曲线 $\{y = -0.0027 + 43.21x\}$;吸光度 y ,浓度 $x/(g \cdot L^{-1})$ 查找紫外线吸收剂的浓度,计算出研磨分散液中紫外线吸收剂的含量。

1.4.2 配方及工艺

配方:	涤纶织物	2 g;
	紫外线吸收剂	1.5%(owf);
	分散染料	0.25%(owf);
	醋酸钠($5 g \cdot L^{-1}$)	2 mL;
	醋酸($10 g \cdot L^{-1}$)	0.12 mL;
	浴比	1 : 50。

工艺:



1.4.3 增塑剂及增溶剂乳化体系的制备

采用分散剂 M 对乙酸正戊酯和 Gemini-31508 进行乳化分散,在高剪切乳化机的作用下,将其制备成均匀、稳定的乳化体系。

1.4.4 紫外线吸收剂对涤纶上染率的测试

紫外线吸收剂 UV-360 对涤纶织物单独高温高压上染,从空白涤纶布样和紫外线吸收剂上染涤纶布样上分别拆下 0.5 g 纱线,放于试管内。将盛有纱线的试管置于 110 °C 的油浴中分别用 10 mL DMF 萃取 2 次,第 1 次萃取 50 min,第 2 次萃取 30 min,将两次萃取液移入容量瓶使用 DMF 定容至 25 mL。以空白涤纶布样的萃取液作参比,测定紫外线吸收剂上染涤纶布样萃取液中紫外线吸收剂最大吸收波长处的吸光度 A ,按照紫外线吸收剂的标准工作曲线换算成上染量 M_1 ,计算上染率。

$$\text{紫外线吸收剂对涤纶织物的上染率} = M_1 / M_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中: M_1 为涤纶纤维上紫外线吸收剂的质量(mg); M_0 为投入到染浴中紫外线吸收剂的质量(mg)。

紫外线吸收剂 UV-360 与分散染料同浴上染,染色布样按上述操作,结合双波长分光光度法计算紫外线吸收剂对涤纶织物的上染率^[9];由于紫外线吸收剂在可见光区无吸收,直接采用单波长分光光度法计算分散

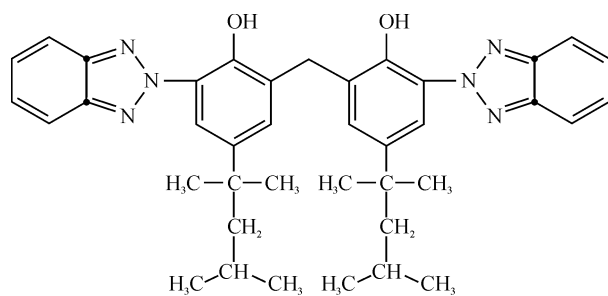


图 1 紫外线吸收剂 UV-360 分子结构式

染料的上染率。标准工作曲线见表 1。

表 1 染料单独或与紫外线吸收剂同浴的标准工作曲线

紫外线吸收剂	分散染料		
	分散红 BD	分散黄 8GFF	分散蓝 SE-5R
未加 UV-360	$y = -0.003\ 00 + 46.410\ 0x$	$y = -0.003\ 00 + 46.392\ 9x$	$y = -0.002\ 60 + 46.347\ 0x$
加 UV-360	$y = 0.005\ 23 + 39.088\ 2x$	$y = 0.006\ 00 + 39.140\ 0x$	$y = 0.006\ 00 + 39.180\ 0x$

注:分散染料标准工作曲线中 y 为最大吸收波长处吸光度值, x 为染料浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); 分散染料与紫外线吸收剂同浴的双波长标准工作曲线中 y 为分析波长与参比波长处吸光度的差值, x 为 UV-360 的浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)。

1.4.5 涤纶临界溶解时间(CDT)的测试

将装有苯酚的 50 mL 量筒放入恒温槽中,升温至 60°C 。将空白涤纶和经乙酸正戊酯处理的涤纶纤维试样做成小圈(小圈直径约为 1 cm)。然后将纱线的小圈挂在不锈钢丝钩上,并在小圈下端再悬挂一个负荷,其质量为 1 g。测定时,将铜丝钩住的小圈(试样)迅速投入苯酚液中,立即记时。记下小圈浸入溶液到断裂(负荷落下)的时间。每个试样至少做 10 次,平均值即作为该试样的临界溶解时间。

1.4.6 涤纶纤维直径的测试

保持上染工艺条件(温度 130°C ,保温时间 60 min),使用不同用量的乙酸正戊酯处理涤纶纤维,利用生物光学显微镜在湿态条件下观察并测试涤纶纤维直径,每个样品测试 50 次,取平均值。

1.4.7 表面活性剂增溶作用的测试

在 1 g/L 的染料分散红 BD 或 UV-360 分散液中各取 1 mL,加入到不同质量浓度 Gemini-31508 的助剂溶液中,配成 50 mL 溶液,在 70°C 恒温水浴锅中处理 20 min 后,用分光光度计在可见光区以及紫外光区测定其吸收光谱曲线,并与其溶解于 DMF 溶液中的吸收光谱曲线进行比较,从吸光度的变化上研究助剂的增溶性能。

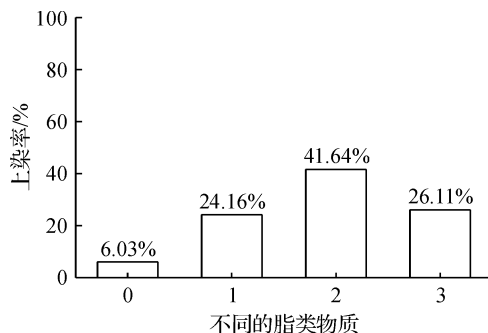
2 结果与讨论

2.1 酯类物质对 UV-360 上染涤纶的影响

如图 1 所示,UV-360 是一种疏水性的紫外线吸收剂,在水中溶解度很低,其对涤纶的上染与分散染料类似,遵循自由体积扩散模型。当 UV-360 在高温高压条件下上染涤纶时,由于 UV-360 具有两个邻羟基苯基苯并三唑结构,分子体积大,空间障碍大,阻碍了紫外线吸收剂向涤纶纤维内部扩散。为改善 UV-360 对涤纶纤维的上染性能,依据增塑剂的结构特点,选用不同的简单结构酯类物质添加到紫外线吸收剂的上染液中。

不同酯类物质对上染率的影响见图 2。由图 2 可以看出,加入不同的酯类物质后,UV-360 对涤纶织物的上染率都有不同程度的提高。这是因为简单结构的酯类物质,在高温高压条件下,能先于 UV-360 扩散进入纤维内部,对纤维起增塑作用,增加无定形区中纤维大分子链的活动能力,使纤维结构松弛,自由容积增大,从而有利于紫外线吸收剂向纤维内部扩散。其中,乙酸正戊酯的提升作用最为明显。

乙酸正戊酯用量对改善 UV-360 上染涤纶的实验结果见图 3。图 3 可见,随着乙酸正戊酯用量的增加,UV-360 对涤纶织物的上染率先增大后减小,当乙酸正戊酯用量为 10 mL/L



0. 无酯类物质, 1. 甲酸甲酯, 2. 乙酸正戊酯, 3. 乙酸正丁酯。其用量均为 10 mL/L。

图 2 酯类物质对 UV-360 上染涤纶的上染率的影响

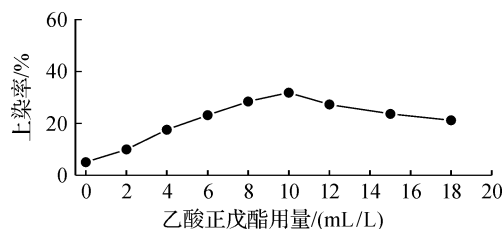


图 3 乙酸正戊酯用量对改善 UV-360 上染率的作用

时,UV-360 的上染率达到最大。理想的增塑剂浓度应该是在染浴中刚好达到饱和而不致形成第三相,当形成第三相后,会降低 UV-360 在纤维和溶液中的分配系数,从而导致较多的紫外线吸收剂残留在染液中^[10]。

2.2 乙酸正戊酯对涤纶纤维的增塑作用

2.2.1 乙酸正戊酯对涤纶纤维直径的影响

保持上染工艺条件,使用不同用量的乙酸正戊酯处理涤纶纤维,利用生物光学显微镜在湿态条件下测试涤纶纤维在乙酸正戊酯处理前后直径的变化,结果如表2所示。

表2 乙酸正戊酯的用量对涤纶纤维直径的影响

乙酸正戊酯用量/(mL/L)	0	2	4	6	8	10
经纱纤维的直径/ μm	17.141	17.348	19.119	19.645	20.021	20.391
纬纱纤维的直径/ μm	17.933	19.310	19.441	19.740	20.224	21.304

由表2可知,经过乙酸正戊酯处理的涤纶纤维,无论是经纱还是纬纱纤维,纤维的直径都有一定程度的增加,在乙酸正戊酯用量为10 mL/L时,经纱纤维和纬纱纤维直径分别增大了18.96%和18.80%。由此说明,经乙酸正戊酯处理的涤纶纤维发生了溶胀,且随着乙酸正戊酯用量的增大,这种溶胀作用越明显。在高温高压条件下,乙酸正戊酯能较快地扩散进入纤维的无定形区,削弱大分子链之间的作用力,增加大分子链的活动能力,使纤维结构变得松弛,从而使得纤维的直径有所增大。所以,简单结构的酯类物质,在高温高压条件下,可以对纤维起增塑作用,增加无定形区中纤维大分子链的活动能力,同时纤维发生溶胀使得自由体积增大,从而有利于紫外线吸收剂向纤维内部扩散和上染。

2.2.2 乙酸正戊酯对涤纶纤维临界溶解时间的影响

临界溶解时间(CDT)一定程度上能够反映纤维结晶度的变化。在相同的上染工艺条件下,使用不同用量的乙酸正戊酯处理涤纶纤维,通过测定CDT值反映乙酸正戊酯对涤纶纤维结晶度的影响,结果如表3所示。

表3 乙酸正戊酯的用量对涤纶的临界溶解时间(CDT)的影响

乙酸正戊酯用量/(mL/L)	0	2	4	6	8	10
经纱 CDT/s	250.3	235.7	221.1	207.1	201.1	189.8
纬纱 CDT/s	245.3	240.7	227.1	210.8	200.4	197.2

由表3可知,无论是经纱还是纬纱,经乙酸正戊酯处理后纤维的结晶度均有所降低,且随着乙酸正戊酯用量的增加,降低的程度增大。CDT值减小,表明涤纶纤维的无定形区增加,结晶度下降,有利于更多的紫外线吸收剂分子进入到纤维内部,提高紫外线吸收剂在涤纶纤维上的上染率^[1]。

2.3 Gemini型表面活性剂对UV-360和分散染料溶解性能的影响

分散染料对涤纶织物染色时,在染液中以三种形态存在:染料悬浮体、溶解在水中的单分子染料、胶束中单分子染料。其中只有单分子状态的染料才能上染涤纶纤维。紫外线吸收剂UV-360属于疏水性有机物质,经过砂磨分散后,主要以颗粒的形式存在于分散液中,故当UV-360上染涤纶纤维时,难以形成单分子态紫外线吸收剂上染涤纶。为此,通过在染液中添加增溶剂改善紫外线吸收剂UV-360在水中的溶解性能,从而增加单分子紫外线吸收剂上染涤纶的几率。

Gemini-31508是一种新型表面活性剂(见图4),其临界胶束浓度(CMC)较传统表面活性剂低很多,更容易形成胶束,具有极强的增溶作用。在分散染料和紫外线吸收剂的水溶液中分别添加不同用量的增溶剂,通过观测吸收光谱曲线的变化来分析Gemini-31508的增溶作用,结果如图5所示。

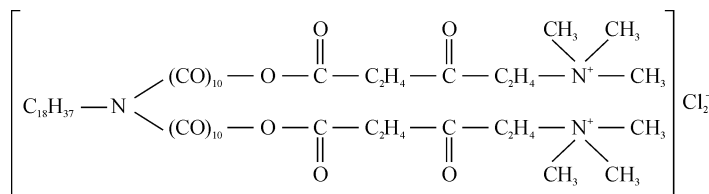
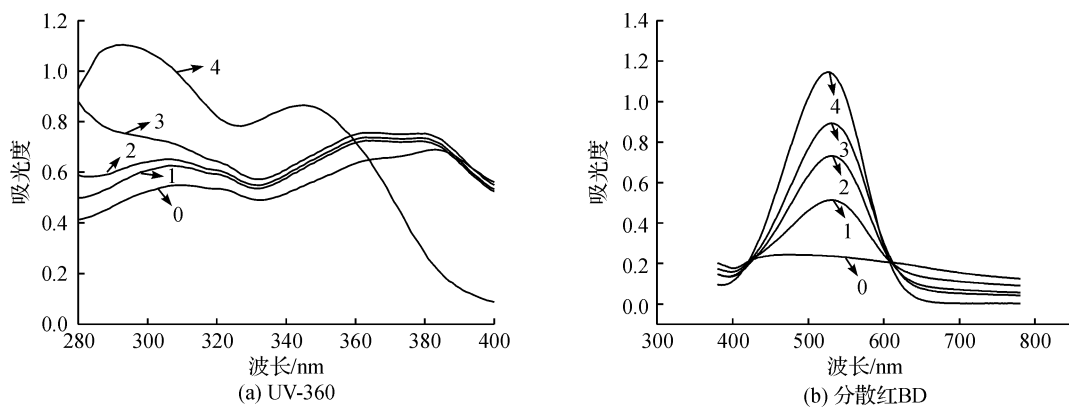


图4 增溶剂Gemini-31508分子结构式



注: Gemini-31508 用量为 0: 无, 1: 1.0 g/L, 2: 2 g/L, 3: 3 g/L, 4: 溶解于 DMF 中。

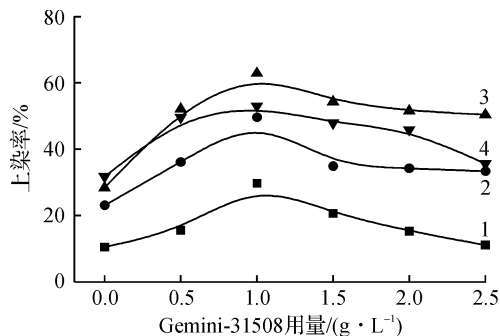
图 5 Gemini-31508 对 UV-360 和分散红 BD 的增溶作用

图 5 可见, Gemini-31508 的加入使紫外线吸收剂和分散染料水溶液的吸光度增加, 说明它具有一定的增溶作用, 并且 Gemini-31508 对染料的增溶作用更明显。

2.4 增塑增溶体系改善紫外线吸收剂对涤纶织物的上染性能

考虑到乙酸正戊酯对涤纶纤维具有良好的增塑作用, 以及新型表面活性剂 Gemini-31508 对紫外线吸收剂具有良好的增溶作用, 故将乙酸正戊酯与 Gemini-31508 添加到染浴中组成增塑增溶染色体系, 以期利用协同增效作用进一步改善 UV-360 对涤纶织物的上染性能, 结果如图 6 所示, 其 UV-360 用量为 1.5% (owf)。

如图 6 所示, 在乙酸正戊酯用量不变时, 随着 Gemini-31508 用量的增加, UV-360 对涤纶织物的上染率先逐渐增加, 当增加到一定程度后, UV-360 的上染率开始下降; 同样, 当 Gemini-31508 用量不变时, 随着乙酸正戊酯用量的增加, UV-360 对涤纶织物的上染率先增加后减小。为最大限度提高



乙酸正戊酯用量 1: 4 mL/L; 2: 6 mL/L; 3: 8 mL/L; 4: 10 mL/L

图 6 增塑增溶体系对 UV-360 上染涤纶的影响

UV-360 对涤纶织物的上染率, 选择乙酸正戊酯用量为 8 mL/L 和 Gemini-31508 用量为 1.0 g/L, 此时组成最佳增塑增溶染色体系, 可以起到良好的协同增效作用。这是因为在高温高压条件下, 乙酸正戊酯能较快地扩散进入纤维内部, 对纤维起增塑膨化作用, 造成无定形区的扩张, 使纤维可染体积增加; 另外, Gemini-31508 的分子结构特点具有较强的增溶能力, 同时其特殊的二聚结构使之形成的胶束形式多样, 与纤维的吸附方式呈现直线、弯曲或环状不规则形式^[12], 其疏水结构吸附到纤维表面, 形成浓度较高的染液层, 增大纤维内外的浓度梯度, 从而提高单分子紫外线吸收剂上染涤纶的扩散速率和上染几率。

2.5 增塑增溶体系改善紫外线吸收剂/分散染料对涤纶的上染性能

紫外线吸收剂 UV-360 与分散染料同浴染色, 由于 UV-360 对涤纶织物上染率很低, 妨碍了其改善涤纶织物耐光色牢度的作用。为改善 UV-360 在同浴染色中对涤纶织物的上染性能, 在染液中添加增塑剂乙酸正戊酯 8 mL/L 和增溶剂 Gemini-31508 1.0 g/L 组成的增塑增溶染色体系 WG, 从而提高 UV-360 对涤纶织物的上染率, 结果如图 7 所示。

由图 7 可以看出, 在增塑增溶染色体系中, 无论 UV-360 与何种染料同浴上染, UV-360 对涤纶织物的上染率都有较大程度的提高。同时, 从图中可以发现, 随着 UV-360 上染率的提高, 3 只分散染料的上染率都有一定程度的降低。一方面, 是因为单位质量的涤纶纤维, 容纳分散染料和紫外线吸收剂分子的能力有限, 有一个吸附饱和值, 当纤维上紫外线吸收剂增多时, 与分散染料之间发生竞染, 导致分散染料上染率下降; 另一方面, 由于 Gemini-31508 对分散染料具有较强的增溶能力, 当染浴中 Gemini-31508 用量过大时, 会形成第三相, 使较多的分散染料残留在染浴中。与此类似, 乙酸正戊酯用量过高时, 会以同样的方式导致分散染料对涤纶上染率的降低。

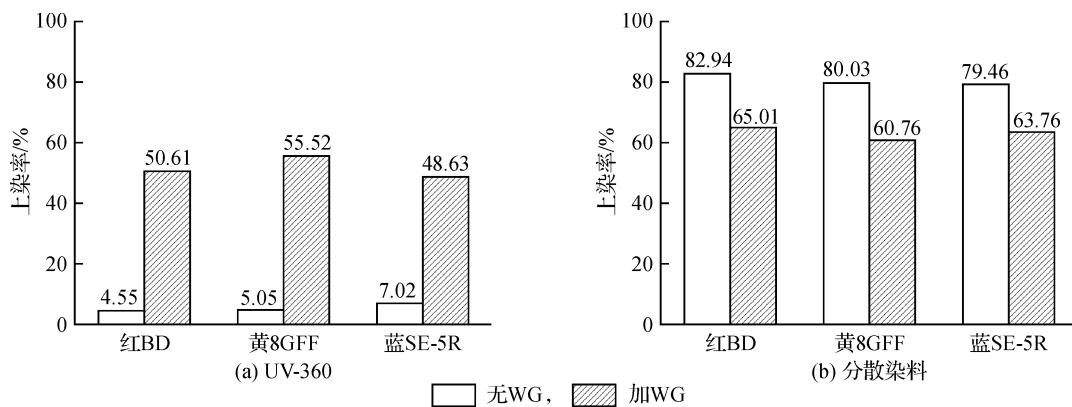


图7 增塑增溶体系 WG 对分散染料和 UV-360 同浴上染涤纶时上染率的影响

经以上研究发现,采用增塑增溶染色体系可以有效改善紫外线吸收剂 UV-360 对涤纶的上染性能,但同时应考虑增塑增溶体系对分散染料上染涤纶性能的影响,针对不同分散染料对涤纶上染率下降程度的不同,需进一步调整增塑剂和增溶剂的配比及用量。

3 结论

a)一些简单结构的酯类物质,能一定程度提高 UV-360 对涤纶织物的上染率;其中,乙酸正戊酯的提升作用最为明显,在其用量为 10 mL/L 时,UV-360 的上染率达到最大。

b)在高温高压条件下,乙酸正戊酯对涤纶纤维起增塑膨化作用,能够使涤纶的经纱和纬纱纤维的直径增大,使涤纶纤维的临界溶解时间减小。

c)Gemini-31508 对紫外线吸收剂 UV-360 和分散红 BD 起到一定的增溶作用。

d)乙酸正戊酯与 Gemini-31508 复配组成的增塑增溶体系,可以显著提高 UV-360 对涤纶织物的上染率;在乙酸正戊酯用量为 8 mL/L、Gemini-31508 用量为 1.0 g/L 时,两者组成最佳复配助剂体系。

e)紫外线吸收剂与分散染料同浴染色时,增塑增溶体系可以明显提高紫外线吸收剂对涤纶织物的上染率,但会导致分散染料上染率的降低。为不影响分散染料对涤纶织物的上染率,应当针对不同染料的情况适当调节增塑增溶体系的用量及配比。

参考文献:

- [1] Himeno K. Photofading of monoazo disperse dyes on polyester and polyamide substrates[J]. Dyes and Pigments, 2000, 45(2): 109-123.
- [2] Katsuda Nobuyuki, Omura Takashi, Takagishi Toru, et al. Photodegradation of disperse dye on polyester fiber and in solution[J]. Dyes and Pigments, 1996, 31(4): 291-300.
- [3] Katsuda Nobuyuki, Omura Takashi, Takagishi Toru. Photodegradation behavior of disperse dyes in Solution[J]. Dyes and Pigments, 1998, 36(3): 231-241.
- [4] Imaizumi Akira, Yoshizumi Kunio. Effect of substrates on action spectra of fading of a selected disperse dyestuff under light radiation[J]. Textile Research Journal, 2006, 76(10): 757-764.
- [5] Tsatsaroni E G, Kehayoglou A H, Eleftheriadis I C. Effectiveness of various UV-absorbers on the dyeing of polyester with disperse dyes: part 4[J]. Dyes and Pigments, 1998, 38: 65-75.
- [6] 赵涛. 染整工艺学教程: 第二分册[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2005: 215-221.
- [7] Tae-Soo Choi, Yoshio Shimizu. Disperse dyeing of polyester fiber using gemini surfactants containing ammonium cations as auxiliaries[J]. Dyes and pigments, 2001, 50: 55-65.
- [8] Ik-Soo Kim. Dyeing polyester fibers with 1, 4-diaminoanthraquinone in the presence of dialkyl ldi methylammonium bromide[J]. Textile Res J, 1997, 67(10): 555-562.
- [9] 王淑仁, 徐广仁. 双波长分光光度法[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1986: 13-57.
- [10] 马正升, 宋心远. SML 染色载体对涤纶微细纤维染色的影响[J]. 印染助剂, 2000, 17(2): 8-10.
- [11] 阎克路. 染整工艺学教程[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2005: 163.
- [12] 钟声, 王伟. Gemini 表面活性剂的研究进展[J]. 鞍山科技大学学报, 2006, 29(2): 124-129.

The Improvement on the Uptake of UV-Absorber onto Polyester with Plasticiser and Solubilizer System

FANG Song, CHEN Wei-guo, WANG Chao, TIAN Yong-qiang

(The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology (Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The two intramolecular hydrogen bonds in two inter-molecular six-atom ring structure of UV-360 make it strongly absorb ultraviolet radiation, while its large molecule causes lower dyeing uptake on polyester fabrics. In order to improve the uptake of UV-360 for its improvement on light fastness, some simple structure esters and Gemini surfactant are applied in the dyeing of UV-360 on polyester. The results show that the plasticiser and solubilizer system consisted with n-amyl acetate and Gemini-31508 can significantly improve the uptake of UV-360 on polyester fabrics. Meanwhile, with the analysis of the effect of n-amyl acetate on the diameter and the critical dissolving time(CDT) of polyester fibers, and the effect of Gemini-31508 on the solubility of disperse dye and UV-360, the mechanism of plasticiser and solubilizer system on the improvement of the dyeing uptake of UV-360 on polyester fabric is discussed.

Key words: UV-absorber; polyester; n-amyl acetate; gemini surfactant

(责任编辑: 许惠儿)

(上接第 310 页)

Effect of Activated Carbon Powder and LiCl on Polyacrylonitrile Ultrafine Fibers

XUE Hua, LI Ni, LIU Guan-feng, XIONG Jie

(The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology (Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Electrospinning polyacrylonitrile solution with activated carbon powder and LiCl added respectively, aligned ultrafine fibers are obtained by using rotating drum as the receiving collector. FE-SEM, FTIR, XRD tensile tester are used to investigate fiber morphology, fiber structure and mechanical properties. The results show that these additives enhance fiber aligned arrangement, but decrease material stress; with the increase of activated carbon content, the diameter of fiber increases, however the maximum tensile strength and broken elongation of fiber yarn decrease; with the increase of LiCl, the arrangement of the PAN macromolecules are significantly improved, and the broken strength of fiber yarn first increases and then decreases, and When the content of LiCl is 0.6%, the fiber membrane has good fracture strain.

Key words: polyacrylonitrile fibers; activated carbon powder; LiCl; electrospinning

(责任编辑: 张祖尧)