

④ 12-11

【编者按】:丙纶织物染色是广大染整工作十分关注的问题,迄今为止,国内外尚未见简易可行的方法,张健飞等同志提出氯化改性后阳离子染料染色方法,请广大读者进行研究,共同探讨。

丙纶保健织物的氯化改性及可染性研究

天津纺织工学院 张健飞 吴伟华 王乃军

75193.045
75193.42

【摘要】 采用正交多项式回归设计的方法,探讨了次氯酸钠有效氯浓度、氯化 pH 值及氯化时间对保健丙纶织物染色性能的影响,获得氯化的最佳工艺条件,并研究了氯化丙纶织物的染色工艺条件。

【关键词】 丙纶 氯化 改性纤维 染色

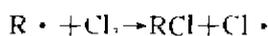
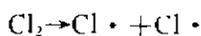
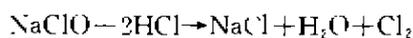
丙纶织物 保健 氯化 染色

1 前言

丙纶(Polypropylene, PP)织物重量轻、保暖性好,特别是丙纶细旦丝(单丝纤度 <1 dtex)手感好,有芯吸效应,导湿(汗)透气性好,且不吸水,在服装领域已开始应用。保健丙纶纤维是在聚丙烯熔液中加入一定量陶瓷粉纺丝而成,除具有丙纶纤维基本性能外,还具有一定的保健作用,目前广泛用于服装制品及卫生保健用品。

丙纶纤维不易染色,目前仍是限制其广泛应用的主要问题之一。熔体染色法虽可获得有色制品,但只适于大批量生产,且在色谱上远远满足不了服装消费市场不断变化的需求。丙纶染色改性的研究已有较长时间,对其进行氯化改性目前较为引人注目,不仅改性剂原料易得、价廉、改性工艺简单,而且改性效果较为明显。

氯化主要采用次氯酸钠在酸性条件下处理丙纶织物,反应历程主要有:



上述反应在可见光的照射下得以进行。本文重点研究了保健丙纶织物氯化处理及染色的最佳工艺条件。

2 实验材料及实验方法

2.1 织 物:丙纶针织物

2.2 染化料:次氯酸钠(工业品),盐酸(化学纯),阳离子金黄 X-GL

2.3 设备: Ahiba 高温高压实验染色机(瑞士),日立 330 型分光光度计(日本)

2.4 丙纶织物前处理:保健丙纶织物精练采用皂液(2g/L),浴比 1:40,用酸度剂调节溶液的 pH 值,加入丙纶织物,将烧杯盖好,在室温下氯化处理一定时间,然后用自来水洗净、自然晾干。

2.6 氯化丙纶织物染色:采用阳离子金黄 X-GL 染料 2%(o. w. f),浴比 1:40, pH=9.5(若 pH 变化,将作具体说明),于高温高压染色机上沸染 60 分钟,最后水洗、晾干。

2.7 K/S 测定:将染色后织物用日立 330 型分光光度计测出其最大吸收波长时的反射率 R 值,利用 Kubeka-Munk 公式: $K/S = (1-R)^2/2R$, 计算表面深度 K/S 值。

2.8 氯化效果的检测:将氯化处理后的保健丙纶针织物进行染色,测定织物的表观深度 K/S 值。K/S 值越大,织物颜色越深,说明氯化效果越好。

3 实验内容及结果讨论

3.1 正交多项式回归方程的建立与分析

选用四因素三水平正交表 $L_{16}(3^4)$ 来安排试验,为了进行正交多项式回归分析,各因素水平变化设计满足等距的要求,试验的具体安排与结果列于表 1。

表 1 $L_{16}(3^4)$ 正交表及试验指标

| 因素 试验号 | 有效氯浓度 (g/L) | 氯化 pH 值 | 氯化时间 (min) | 试验指标 K/S 值 |
|-----------|----------------|---------|---------------|---------------|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1.486 |
| 2 | 1 | 0 | 2 | 1.464 |
| 3 | 1 | 0 | 3 | 1.565 |
| 4 | 1 | 0 | 4 | 1.413 |
| 5 | 2 | 5 | 1 | 4.256 |
| 6 | 2 | 5 | 2 | 4.151 |
| 7 | 2 | 5 | 3 | 3.860 |
| 8 | 2 | 5 | 4 | 3.684 |
| 9 | 3 | 10 | 1 | 4.791 |
| 10 | 3 | 10 | 2 | 4.481 |
| 11 | 3 | 10 | 3 | 3.770 |
| 12 | 3 | 10 | 4 | 3.600 |
| 13 | 4 | 15 | 1 | 5.704 |
| 14 | 4 | 15 | 2 | 5.139 |
| 15 | 4 | 15 | 3 | 4.311 |
| 16 | 4 | 15 | 4 | 3.906 |

| | | | |
|------------|------------|------------|----------------------|
| K11=5.928 | K12=16.237 | K13=13.313 | $\sum K_{ij}=57.581$ |
| K21=15.971 | K22=15.235 | K23=13.631 | |
| K31=13.642 | K32=13.006 | K33=15.179 | |
| K41=19.063 | K42=12.693 | K43=15.458 | |

$\sum K_{ij}^2=235.61$

经过计算分析,其正交多项回归方差分析表如表 2(推导过程略)。

表 2 正交多项式回归方差分析表

| 方差来源 | 变差平方和 | 自由度 | 方差估计值 | F 值 | $F_{0.05}(1,9)$ 显著性 | 附注 |
|------|--------|-----|--------|---------|---------------------|----------------|
| b1 | 20.387 | 1 | 20.387 | 639.370 | 5.1 | ****有效氯浓度,1次项 |
| b2 | 3.615 | 1 | 3.615 | 115.057 | | ****有效氯浓度,2次项 |
| b3 | 1.525 | 1 | 1.523 | 48.661 | | **有效氯浓度,3次项 |
| b4 | 1.994 | 1 | 1.994 | 63.478 | | ***氯化 pH 值,1次项 |
| b7 | 0.797 | 1 | 0.797 | 25.358 | | *氯化时间,1次项 |
| b9 | 0.378 | 1 | 0.378 | 2.485 | | 氯化时间,3次项 |
| 误差 | 3.285 | 9 | 0.365 | | | |

由表 2 得出,有效氯浓度的 1,2,3 次项和氯化 pH 及氯化时间的 1 次项显著性较高,所以最优回

归方程(推导过程略)为:

$$Y = 3.599 + 0.501\left(\frac{C}{5} - 1.5\right) - 0.475\left[\left(\frac{C}{5} - 1.25\right)^2\right] + 0.138\left[\left(\frac{C}{5} - 1.5\right)^3 - \frac{41}{20}\left(\frac{C}{5} - 1.5\right)\right] - 0.158\left(\frac{pH}{0.5} - 12.5\right) + 0.100\left(\frac{t}{15} - 2.5\right)$$

其中回归方程 Y:表示 K/S 值;C:表示次氯酸钠有效氯浓度(g/L);pH:表示氯化处理时的 pH 值;t:表示氯化处理的时间(min)。

回归方程的精度为: $S = \sqrt{\frac{0.283}{9}} = 0.177$,即

在置信度为 95% 时,回归方程的置信区域为以回归方程为中心的 $\pm 2S$ 区间,故当给出变量值时,有 95% 的预测值(K/S)将落在 $\pm 2 \times 0.177 = \pm 0.354$ 区间内。

3.2 有效氯浓度对氯化效果的影响

首先固定氯化 pH=4.5 及氯化时间 t=60 分钟条件,观察有效氯浓度对氯化效果的影响,并用最优回归方程计算进行预测对比,实验结果如图 1 所示。

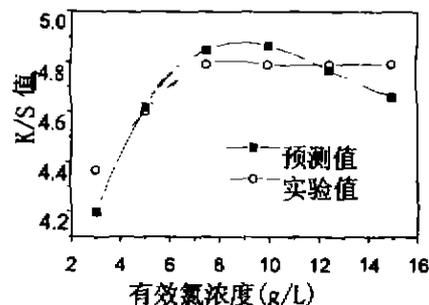


图 1 有效氯浓度对氯化效果的影响

从实验结果看,随着有效氯浓度的增加,K/S 值开始呈上升趋势,至 7.5g/L 时趋于平衡,再增加有效氯浓度对 K/S 值的贡献已不大。实验值与预测值有一定偏差,但均在置信区域内,故可验证最优回归方程具有一定的准确性。

3.3 氯化时间对氯化效果的影响

固定有效氯浓度 C=5g/L,氯化 pH=4.5,观察氯化时间对氯化效果的影响,如图 2 所示。随着氯化时间的延长,K/S 值呈上升趋势,说明氯化反应需要有一定的时间,一般取 60 分钟即可。实验值与预测值的变化趋势是一致的,偏差也在置信区域

范围内。

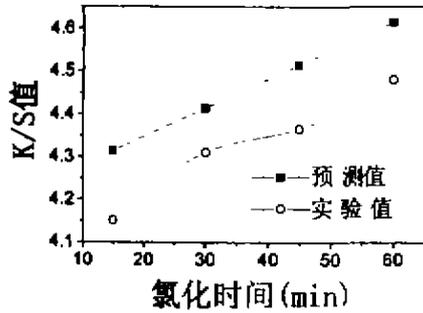


图2 氯化时间对氯化效果的影响

3.4 氯化 pH 对氯化效果的影响

固定有效氯浓度 $C=5\text{g/L}$ ，氯化时间 $t=60$ 分钟，观察氯化 pH 值对氯化效果的影响，实验结果如图 3 所示。随着氯化 pH 值的增加，K/S 值呈下降趋势，这与氯化的机理相一致。即 pH 值愈低，次氯酸钠分解产生的氯气愈多，有利于氯化过程的进行。但 pH 过低时，氯气生成速度太快，不利于操作，氯化也不易均匀，故 pH 可选为 4.5~5.0。实验值与预测值的变化规律一致，产生的偏差也在置信区域内。

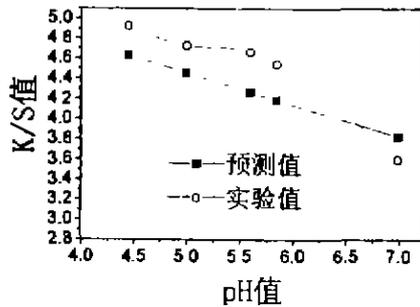


图3 氯化 pH 对氯化效果的影响

3.5 氯化丙纶织物染色 pH 值对 K/S 值的影响

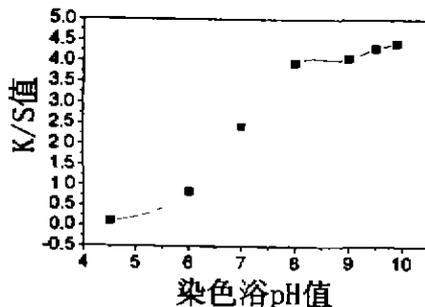


图4 氯化丙纶织物染色 pH 值的影响

采用有效氯浓度 $C=5\text{g/L}$ ，氯化 $\text{pH}=4.5$ ，氯化时间 $t=60$ 分钟的条件处理丙纶织物，染色时采用不同的 pH 值，观察对 K/S 值的影响，实验结果如图 4 所示。由图知，染浴 pH 值愈高，K/S 值愈高，故氯化丙纶织物的染色宜采用碱性条件，但 pH 过高易造成染料凝聚并产生沉淀，使得染色无法进行，所以 pH 值以不超过 9.5 为宜。

3.6 氯化丙纶织物染色时间对 K/S 值的影响

采用有效氯浓度 $C=5\text{g/L}$ ，氯化 $\text{pH}=4.5$ ，氯化时间 $t=60$ 分钟的条件处理丙纶织物，染色时的 $\text{pH}=9.5$ ，观察对 K/S 值的影响，实验结果如图 5 所示。由图知，染色时间达到 40 分钟已基本平衡，时间再长增加不多，为了安全，可延长到 60 分钟。

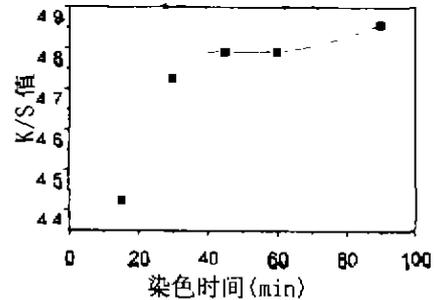


图5 氯化丙纶织物染色时间的影响

4 结论

- 1 采用正交多项式回归方程方法分析，能较好地预测实际情况，给实验带来很大方便。
- 2 保健丙纶针织物的最佳氯化工艺为采用次氯酸钠有效氯浓度 $C=7.5\text{g/L}$ ，氯化 $\text{pH}=4.5\sim 5.0$ ，氯化时间 $t=60$ 分钟。
- 3 氯化保健丙纶针织物阳离子染料染色染浴 $\text{pH}=9.5$ 较好，过高染料易聚集沉淀，过低染料上染率低；染色时间以 60 分钟为宜。
- 4 阳离子染料染氯化丙纶织物有色变现象，需经过筛选使用。

5 参考文献

[1] 何为编，‘优化试验设计及其在化学中的应用’，电子科技大学出版社，1995
 [2] B D Gupta and A K Mukherjee, ‘Dyeable Polypropylene Composition’, Rev. Prog. Coloration Vol. , 19 1989 7

(来稿日期 1999-08-17)

邮政编码: 300160