

靛蓝隐色酸对维纶的染色工艺

卢明

(西南大学 纺织服装学院, 重庆 400716)

摘要 为提高维纶的得色量, 采用靛蓝隐色酸染色, 并对染色工艺进行研究。分析染浴 pH 值、染色温度、染料浓度以及盐对上染性能的影响。结果表明: 靛蓝隐色酸能上染维纶, 随着染料浓度的增加, 纤维表面色深度也增加; 在保险粉质量浓度为 8 g/L、染浴 pH 值为 4~5 时, 上染性能最好; 温度对染料上染量有显著影响, 在 90~100 °C 时, 染料上染达到最高峰, 但超过 110 °C 后, 维纶发生明显软化收缩; 盐对靛蓝隐色酸上染维纶有促染作用。

关键词 维纶; 靛蓝; 隐色酸; 染色

中图分类号: TS 193.63 文献标志码: A

Dyeing vinylon with indigo acid-leuco

LU Ming

(College of Textile and Garments, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract Indigo acid-leuco was used to dye vinylon in order to improve the color yield of vinylon. The dyeing method and dyeing parameters such as pH value of dye bath, dyeing temperature, concentration of dyestuff, sodium hydrosulfite and salt were investigated. The results showed that vinylon was successfully dyed with indigo acid-leuco. Dye uptake of vinylon was higher with increasing the concentration of dyestuff. Vinylon dyed at 90 - 100 °C for 30 minutes at pH value 4 - 5 and sodium hydrosulfite 8 g/L featured higher color yield. Vinylon exhibited significant softening and contraction when dyeing temperature was above 110 °C. Meanwhile salt had accelerating effect for dyeing vinylon with indigo acid-leuco.

Key words vinylon; indigo; acid-leuco; dyeing

经过缩醛化处理后维纶具有较好的耐热水性能^[1], 但是维纶无定形区有很多羟基与甲醛作用生成亚甲醚键, 改变了纤维的染色性能。一方面, 由于无定形区羟基减少, 类似纤维素纤维的染色性能受到削弱; 另一方面, 由于生成了亚甲醚键, 具有类似涤纶的染色性能。因此, 一般认为维纶的染色能力介于纤维素纤维与某些合成纤维之间。维纶具有皮芯结构, 皮层结构较紧密, 染料扩散困难, 因此, 维纶的上染速率和染料吸收量较低, 染深色也较为困难^[2]。

靛蓝是一种古老的还原染料, 具有经济、环保等优点, 广泛应用于纤维素纤维的着色^[3-5]。靛蓝隐色体在酸性条件下转化为隐色酸, 微粒直径一般为 0.01 μm, 其稳定性很高, 不易受空气氧化, 对纤维没有直接性, 也不溶于水^[6-7]。本文在维纶的玻璃化

温度以上, 利用靛蓝隐色酸的疏水性使其上染维纶, 然后通过氧化将靛蓝染料的晶体机械地嵌留在纤维中, 以实现染色。

1 试验部分

1.1 材料

维纶(四川维尼纶厂)、靛蓝(泰丰泰兴公司)、氢氧化钠、保险粉、冰醋酸、氯化钠、双氧水。

1.2 仪器

高温高压染色小样机、TU-1901 紫外可见分光光度计、IS19-1 积分球。

1.3 试验方法

1.3.1 染色方法

靛蓝的还原: 靛蓝先用烧碱、保险粉还原成染

料隐色体。

靛蓝隐色酸染液的制取：用醋酸调节染浴的 pH 值，使靛蓝隐色体遇酸转化成为隐色酸。

维纶染色：在染浴中投入维纶(浴比为 1:50)，从室温起染，逐步升温到所需温度，保温 30 min。

染色后处理：染色后维纶经还原、氧化、皂煮、水洗晾干后，测其 K/S 值。

1.3.2 K/S 值测定

用分光光度计测定纤维的反射光谱，在染料最大吸收波长处(660nm)读取反射率 R ，用 Kubelka-Munk 公式计算 K/S 值^[8]。 K/S 值越大，颜色越深；反之，颜色越浅。

2 结果与讨论

2.1 保险粉用量对染色的影响

染色时首先需要在碱性条件下用保险粉将靛蓝转化为靛蓝隐色体，保险粉用量对染色效果的影响见图 1。

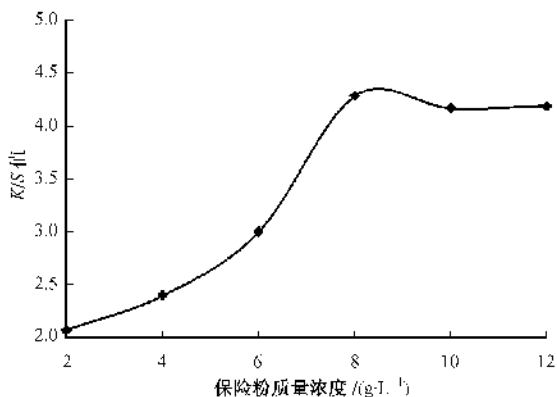


图 1 保险粉用量对 K/S 值的影响

Fig.1 Effect of concentration of sodium hydrosulfite on K/S value of dyed vinylon

图 1 对应的染色工艺条件是：染料质量浓度为 0.2 g/L，氢氧化钠质量浓度为 2.5 g/L，染浴 pH 值为 5，染色温度为 100 °C，保温 30 min。当保险粉用量较少时，靛蓝染料分子不能完全转化为隐色体，也就不能在酸性条件下转化为靛蓝隐色酸，不能很好上染维纶。随着保险粉用量的增加，染色后的维纶表面色深度逐渐提高，直至染浴中保险粉质量浓度达到 8 g/L，纤维的得色量不再明显增加。

2.2 染浴 pH 值对染色的影响

在碱性条件下，可以用保险粉将靛蓝染料还原成靛蓝隐色体，如图 2(b)所示。靛蓝隐色体溶于水，呈双离子态，在酸性条件下可转化成靛蓝隐色酸 I (呈单离子态)和靛蓝隐色酸 II (呈非离子态)^[7,9]，如图 2(c)、(d)所示。靛蓝隐色体和隐色酸 I 都具有亲水性，对维纶中的羟基具有较强的亲和力；靛蓝隐色酸 II 的水溶性差，在染液中以悬浮颗粒存在，具有疏水性，对维纶中的缩醛化部分具有较好的亲和力^[10]。

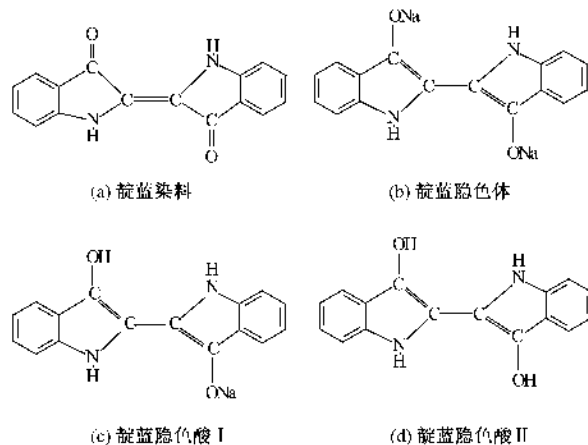


图 2 靛蓝染料的结构

Fig.2 Structures of indigo. (a)Indigo; (b)Indigo leuco; (c)Indigo acid-leuco I; (d)Indigo acid-leuco II

染浴的 pH 值会影响到染料隐色体、隐色酸 I 和隐色酸 II 的平衡关系，也必然会影响到染料对维纶的上染性能。图 3 示出单浴 pH 值对 K/S 值的影响。

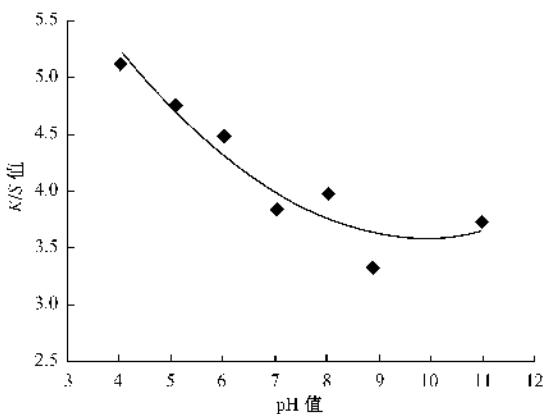


图 3 染浴 pH 值对 K/S 值的影响

Fig.3 Effect of pH value of dye bath on K/S value of dyed vinylon

由图 3 可看出，在 pH 值为碱性时，靛蓝隐色体上染维纶的量较少。随着 pH 值从中性逐渐降低，上染量增加，在 pH 值为 4~5 时，达到最高量。此时，靛蓝主要以隐色酸 II 的形式存在，染色机制类似于分散染料对涤纶染色的自由体积模型。

2.3 染色温度对染色的影响

维纶具有皮芯结构,只有在皮层内部形成较大的空隙靛蓝隐色酸才能很好的上染。图 4 示出染色浴 pH 值为 5 时,染色温度对 K/S 值的影响。可以看出,随着上染温度的提高,维纶的 K/S 值增加。在染色温度超过维纶的玻璃化温度 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,维纶的 K/S 值达到最大值。

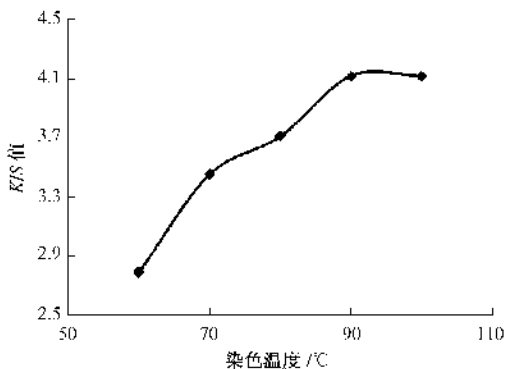


图 4 染色温度对 K/S 值的影响

Fig.4 Effect of dyeing temperature of dye bath on K/S value of dyed vinylon

在试验过程中,当染色温度高于 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$,维纶发生明显的软化收缩,故靛蓝隐色酸对维纶的最佳染色温度为 $90\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 染料浓度对染色的影响

在染浴 pH 值为 5、染色温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,染液中染料浓度对 K/S 值有较大影响,结果如图 5 所示。

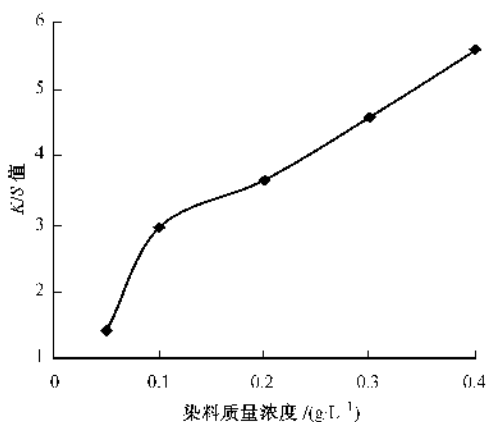


图 5 染料质量浓度对 K/S 值的影响

Fig.5 Effect of concentration of indigo on K/S value of dyed vinylon

染色温度超过维纶的玻璃化温度后,纤维内部的分子剧烈运动,自由体积大量增加,有利于靛蓝隐色酸颗粒在纤维空隙里的吸附、聚集。

2.5 盐对染色的影响

电解质在很多染色体系中都起着一定的作用。图 6 示出在不同染浴 pH 值下, 1 g/L 的盐对靛蓝染色维纶的影响。可以看出,盐对靛蓝上染维纶有促染作用。

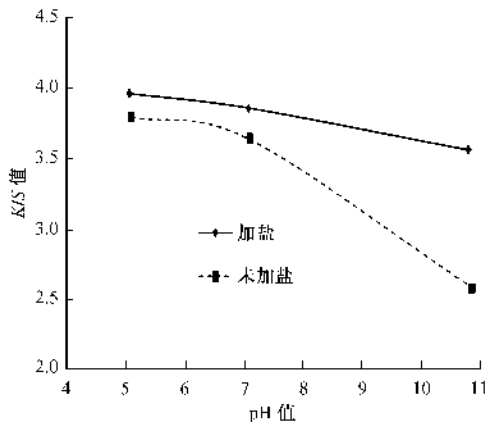


图 6 盐对 K/S 值的影响

Fig.6 Effect of salt on K/S value of dyed vinylon in different pH values of dye bath

靛蓝被还原后,在碱性条件下,主要是以离子化的隐色体形式存在。维纶在碱性溶液中带较多的负电荷,加入盐可降低染料分子与纤维之间的电荷斥力,提高染料的直接性,故此时盐的促染作用非常明显。

随着染浴 pH 值的降低,染液中的染料分子离子化程度降低,在 pH 值为 $4\sim 5$ 时,主要以悬浮颗粒的形式存在,染料分子与纤维之间的电荷斥力也明显降低,所以在酸性条件下,盐的促染作用减小。

2.6 靛蓝染料染色维纶和棉纤维反射光谱对比

图 7 示出靛蓝分别染色维纶和棉纤维的反射光谱。靛蓝上染维纶的染色条件是:染浴 pH 值为 5、染色温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,染料质量浓度为 0.2 g/L 。靛蓝上染棉纤维的染色条件是:染浴 pH 值为 11,染色温

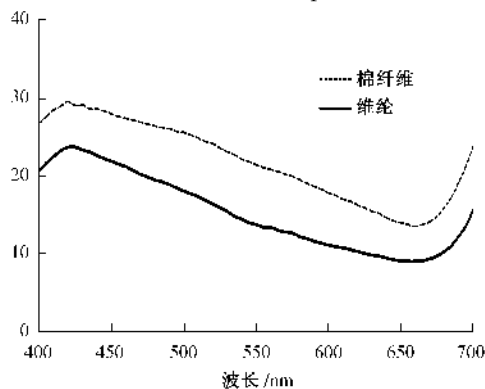


图 7 靛蓝染料染色维纶和棉纤维的反射光谱

Fig.7 Reflectance spectra of indigo in vinylon and cotton

度、染料浓度与维纶的染色条件相同。

由图 7 可以看出,染色后,靛蓝在维纶和棉纤维上的反射光谱相似,两者的最小反射波长均为 660 nm。因此,采用靛蓝隐色酸上染维纶的染色工艺不会对靛蓝染料分子发色结构造成影响。

3 结 论

在酸性条件下,靛蓝隐色体转化为疏水性的隐色酸,靛蓝隐色酸在染浴中不溶于水,呈非离子态的悬浮颗粒。靛蓝隐色酸染色维纶,能提高维纶的得色量,有利于维纶染深色。最佳的染色工艺条件是:染料质量浓度为 0.2 g/L,保险粉质量浓度为 8 g/L,氢氧化钠质量浓度为 2.5 g/L,染浴 pH 值为 4~5,染色温度为 90~100 °C,保温续染 30 min。靛蓝隐色酸对维纶的染色工艺不会对靛蓝染料分子发色结构造成影响。

FZXB

参考文献:

- [1] 邬国铭. 高分子材料加工工艺学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2000: 172.
WU Guoming. High Molecular Materials Processing Technology[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2000: 172.
- [2] 王菊生. 染整工艺原理: 第 1 册[M]. 北京: 中国纺织出版社, 1984: 286.
- WANG Jusheng. Principle of Dyeing and Finishing: Volume 1[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 1984: 286.
- [3] SAKAGAWA T, KOSHIDA H, NAKAYAMA T. Proposal for new application methods of indigo to dye fashionable and sensuous beauty: 1 [J]. Senshoku Kogyo, 1991, 39: 210 - 220.
- [4] ETTERS J N. New opportunities in indigo dyeing[J]. Am Dyest Rep, 1990, 79 (19): 101.
- [5] FERBER K H. Toxicology of indigo, a review[J]. J Environ Pathol Toxicol Oncol, 1987, 7: 73 - 84.
- [6] 薛迪庚. 最新染料大全[M]. 北京: 中国纺织出版社, 1996: 571.
XUE Digen. A Complete & Newest Volume on Application for Dyestuffs[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 1996: 571.
- [7] ABOZIN V G, KARPOV V V. Study of the acid-base properties of leuco-acids of indigo and thioindigo[J]. Z Prikl Khim, 1964, 37: 805 - 880.
- [8] CONVERT R, SCHACHER L, VIALIER P. An application of the kubelka-munck relationship to calculate the color fastness of a fabric[J]. Textile Res J, 1999, 69: 357 - 362.
- [9] KUNITOU K, HONGYO S, MAEDA S. Dyeing polyester fabrics with indigo[J]. Textile Res J, 2005, 75: 149 - 153.
- [10] HONGYO S, KUNITOU K, MAEDA S. Dyeing of synthetic fibers with vat dyes [J]. Senshoku Kogyo, 2000, 48: 3 - 8.