

文章编号 :0253-9721(2006)12-0044-04

碱处理对 PTT 纤维形态结构和力学性能的影响

郑今欢,殷瑛,关艳锋,邵建中

(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,浙江 杭州 310018)

摘要 通过 SEM 观察及失重率、拉伸曲线和弹性回复率等指标的测定,研究了碱处理对 PTT、PET 等纤维形态结构特征和力学性能的影响。结果表明:高温碱处理可使 PTT 纤维表面出现明显的微坑穴,对其力学性能的损伤比室温碱处理明显增大;在室温下,PET 纤维的耐碱性优于 PTT 纤维;高温下,PTT 纤维的耐碱性优于 PET 纤维;在合适的温度和浓度下,PTT 纤维可以安全地经受碱液的作用,能维持良好的力学性能。

关键词 碱处理; PTT 纤维; 形态结构; 力学性能; PET 纤维

中图分类号: TQ342.2 文献标识码: A

Effect of alkali treatment on morphological structure and mechanical properties of PTT fiber

ZHENG Jir-huan, YIN Ying, GUAN Yan-feng, SHAO Jian-zhong

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

Abstract This paper studied the effect of alkali treatment on morphological structure and mechanical properties of PTT, PET fiber through SEM, loss of weight, tensile curve and resilient-elasticity recovery. The experiment results show that high-temperature alkali treatment can make surface of PTT fiber dissolve to form a lot of micro-holes, and bring about much more loss of mechanical properties than room-temperature alkali treatment. Alkali resistance of PET fiber is superior to that of PTT fiber in room-temperature, but in high-temperature alkali resistance of PTT fiber is superior to that of PET fiber. Through alkali treatment in appropriate temperature and concentration, PTT fiber can maintain high mechanical properties.

Key words alkali treatment; PTT fiber; morphological structure; mechanical property; PET fiber

对聚对苯二甲酸丙二醇酯 (PTT) 纤维结构与性能的研究已有一些报道^[1-5],但有关染整加工过程中化学药剂对其结构和力学性能影响规律的研究尚显薄弱,生产实践缺乏理论的指导,产品质量无法得到有效保证,影响了 PTT 纤维在纺织行业的推广应用。在 PTT 纤维与棉、PET 纤维等混纺织物的染整加工过程中,需要进行碱退浆、碱丝光、碱减量等加工处理来改善织物的外观和性能,因此只有掌握碱处理对 PTT 纤维结构和性能的影响规律,才能设计和开发出适合于含 PTT 纤维织物的染整加工工艺。

本文采用不同温度和质量浓度的 NaOH 处理

PTT、PET 等纤维,探讨了碱处理对 PTT 纤维形态结构特征和力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 材料

十字形 PTT 纤维,167 dtex/48 f,吸湿透湿纤维;圆形 PTT 纤维,111 dtex/48 f;十字形 PET 纤维,111 dtex/48 f,吸湿透湿纤维;PET/PA 复合纤维,178 dtex/72 f(77% PET,23% PA)。

收稿日期:2006-02-21 修回日期:2006-05-17

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(Y404387);浙江省科技厅重大攻关项目(2005C11028-03)

作者简介:郑今欢(1968-),女,副教授。主要从事新型纺织纤维的结构和纺织品染整加工理论的教学与科研。

1.2 碱处理工艺

碱处理配方及工艺 A: NaOH 质量浓度分别为 20、40、80、120、240、360 g/L; 温度为室温 23.5℃; 时间为 60 min; 浴比为 1:30。

碱处理配方及工艺 B: NaOH 质量浓度分别为 20、40、60、80、120 g/L; 温度为 100℃; 时间为 60 min; 浴比为 1:30。

上述碱处理液用数显恒温水浴锅加热至设计温度, 对圆形及十字形 PTT 纤维、PET 纤维、PET/PA 复合纤维进行碱处理。

1.3 形态结构与性能测试

形态结构: 应用 JSM5610LV 扫描电镜观察碱处理前后 PTT 纤维的形态结构特征。

断裂强度及拉伸曲线: 在恒温恒湿室(温度 20℃, 相对湿度 65%) 平衡 24 h 后, 采用 YG061F 型电子单纱强力机测试。测试参数: 实验长度 250 mm, 拉伸速度 250 mm/min。

回弹性: 在恒温恒湿室(温度 20℃, 湿度 65%) 平衡 24 h 后, 采用 YG061F 型电子单纱强力机测试。测试参数: 实验长度 250 mm, 拉伸速度 250 mm/min, 定伸长值 50 mm, 预加张力 10 cN, 定长停置 1 s, 初始位停置 200 s。

2 实验结果与讨论

2.1 对 PTT 纤维形态结构的影响

应用扫描电镜观察了十字形和圆形 PTT 纤维原样及不同条件碱处理后纤维的表面结构特征, 部分结果见图 1、2。可以看出, 未经碱处理的圆形和十字形 PTT 纤维表面都很光洁。在室温下处理 1 h, NaOH 质量浓度即使达到 360 g/L, 纤维表面也还是比较光洁。而在 100℃ 条件下处理, NaOH 质量浓度达到 120 g/L 时, 圆形和十字形 PTT 纤维表面均出现了非常明显的凹凸不平的斑痕和坑穴, 表面还黏附有即将剥离下来的微细组分。这主要是由于碱液温度较高时, 碱液中的 OH^- 具有更高的扩散能力和催化酯键水解的能力, 使纤维表面结构较疏松的非结晶区域和结晶有缺陷区域的大分子链首先被碱水解而溶蚀下来, 结果产生这种不规则的凹坑。纤维表面的这些坑穴对改善 PTT 纤维的透气性、染色性以及光泽是有利的, 这也意味着可以通过控制合适的工艺条件对 PTT 纤维织物进行碱减量改性处理, 以

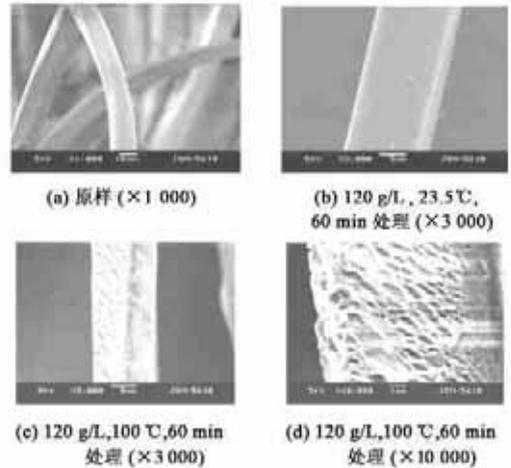


图 1 圆形 PTT 纤维经 NaOH 处理前后表面结构特征

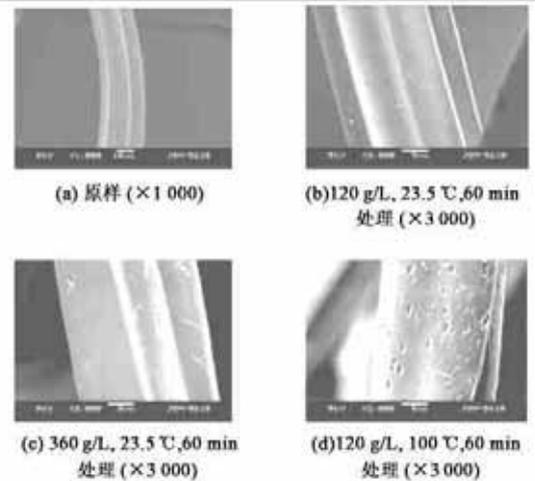


图 2 十字形 PTT 纤维经 NaOH 处理前后表面结构特征

获得柔软且光泽柔和的特殊风格纺织品。

2.2 对 PTT、PET 等纤维断裂强度的影响

经不同条件碱处理后 PTT、PET 和 PET/PA 复合纤维纱线的断裂强度见表 1、2。

从表 1 可见, 室温下用 NaOH 处理 1 h, 4 种纤维的失重率均较小, 即使 NaOH 质量浓度高达 360 g/L, 失重率也未超过 3%, 但强度损失率相对较大, 几乎都超过相应的失重率。主要是因为 PTT、PET 等聚酯纤维和 PA(聚酰胺) 纤维在碱作用下发生碱水解反应, 导致聚酯或聚酰胺大分子发生断裂, 当大分子被水解至一定程度后, 部分分子量较低的水解产物将溶落到碱液中, 引起失重。而在室温条件下, 碱的催化水解能力相对较低, 4 种纤维的质量损失都不大。尽管溶落下来的分子链段不多, 但是那些经过碱水解的残留分子链承受外力作用的能力将下

表 1 室温下不同浓度 NaOH 处理后纤维的失重率和断裂强度

NaOH 质量浓度/ (g·L ⁻¹)	十字形 PTT			圆形 PTT			十字形 PET			PET/PA		
	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %
原样	—	2.12	0	—	2.35	0	—	3.5	0	—	3.14	0
20	1.17	2.01	5.19	1.84	2.12	9.79	1.51	3.46	1.14	0.97	3.25	4.69
40	1.76	2.01	5.19	2.22	2.08	11.49	1.90	3.44	1.72	1.11	3.17	7.04
80	2.20	1.99	6.13	2.45	2.03	13.62	2.07	3.39	3.14	1.34	3.10	9.09
120	2.33	1.97	7.08	2.54	1.98	15.75	2.19	3.35	4.29	1.42	2.99	12.30
240	2.39	1.96	7.55	2.68	1.97	16.17	2.24	3.31	5.43	1.94	2.96	13.20
360	2.59	1.63	23.11	2.86	1.88	20	2.73	3.21	8.29	2.64	2.87	15.80

表 2 100 °C 下不同浓度 NaOH 处理后纤维的失重率和断裂强度

NaOH 质量浓度/ (g·L ⁻¹)	十字形 PTT			圆形 PTT			十字形 PET			PET/PA		
	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %	失重 率/ %	断裂强度/ (cN·dtex ⁻¹)	强度损失 率/ %
原样	—	2.12	0	—	2.35	0	—	3.5	0	—	3.41	0
20	5.37	1.50	29.25	3.79	1.77	24.68	7.35	2.85	18.57	16.8	2.70	20.82
40	7.66	1.46	31.13	5.87	1.74	25.96	17.28	2.11	39.72	23.63	2.15	36.95
60	11.39	1.42	33.02	9.28	1.64	30.21	26.15	1.78	49.14	44.56	1.10	67.75
80	16.40	1.37	35.38	11.44	1.51	35.74	36.62	1.23	64.86	58.55	0.98	71.26
120	26.41	0.81	61.79	23.12	0.86	63.40	53.74	0.53	84.86	70.36	无法测定	无法测定

降,因此断裂强度的损失比质量损失更大一些。从超分子结构、热性能方面分析,由于 PTT 纤维结晶度、晶区密度、取向度、 T_g 都比 PET 纤维低^[6],在低温条件下 PET 纤维的碱水解主要发生在纤维的外表面^[7],PTT 纤维的碱水解相对较容易发生在其纤维内部的无定形区和结晶区表面,因此,比较各种碱处理后的纤维,在失重率相近的情况下,PTT 纤维的强度损失率最大,PET/PA 复合纤维其次,PET 纤维最小,也就是说在室温下,PET 纤维的耐碱性优于 PTT 纤维。

由表 2 可见,100 °C 条件下碱处理 1 h,4 种纤维的失重率和强度损失率都远远超过室温下碱处理纤维的,且都随碱浓度增加而增大。其中 PET/PA 复合纤维经 120 g/L NaOH 处理 1 h 后已严重脆损,无法测试其强度,这主要是因为聚酰胺耐碱性相对较差的缘故。100 °C 条件下碱处理,PET 纤维的失重率和强度损失率比 PTT 纤维还大。文献[8]认为,PET 纤维在碱性溶液中容易形成酯键的离子化形式,PTT 纤维由于 3 个亚甲基所引起的 Z 字形结构以及比 PET 含有的 2 个亚甲基具有更大的疏水性,在碱液中不容易形成酯键的离子化形式,可能主要以酯键的非离子化形式来水解,而非离子化形式的酯键

在与 OH⁻ 结合后,水分子的进一步作用就比离子化形式的酯键要慢,即酯键的离子化形式比酯键的非离子化形式更容易被水解,也就是说 PET 比 PTT 具有更大的碱水解反应能力。而在 100 °C 高温下进行的碱处理,由于已经超过了 PTT 和 PET 纤维的 T_g ,PET 纤维结构致密的优势也难以显现,因此对 PET 纤维的损伤反而比 PTT 纤维大,即 PTT 纤维的耐碱性优于 PET 纤维。

2.3 对 PTT 纤维拉伸曲线的影响

圆形 PTT 纤维在室温和 100 °C 条件下经 NaOH 处理 1 h 后的拉伸曲线如图 3 所示。可以看出,圆形 PTT 纤维在室温和 100 °C 条件下碱处理 1 h 后,断裂强力、断裂伸长和初始模量均随 NaOH 质量浓度的提高而下降,100 °C 处理后下降程度明显大于室温。100 °C 120 g/L NaOH 处理 1 h 后,PTT 纤维的强力几乎只有原样的 1/3,断裂伸长也不到原样的一半,说明高温高浓度的碱会损伤 PTT 纤维,导致力学性能的恶化。相对来说,初始模量的下降程度没有断裂强力、断裂伸长的下降程度那么大。

从图 3 也可看出,室温下或高温低浓度碱处理条件对 PTT 纤维力学性能影响不大,表明 PTT 纤维

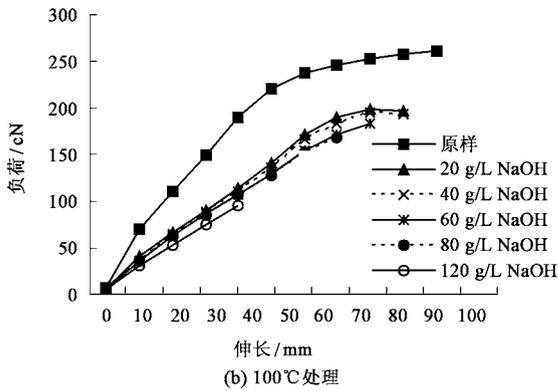
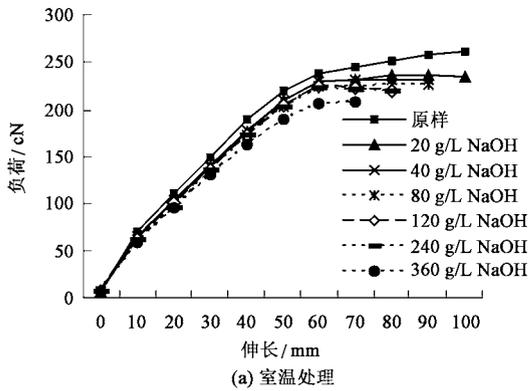


图 3 室温和 100 °C 条件下 NaOH 处理后圆形 PTT 纤维的拉伸曲线

具有一定的耐碱性。在合适的温度和浓度下,PTT 纤维是可以安全地经受碱液作用的,能满足一般染整加工对纤维耐碱性的要求。

2.4 对 PTT 纤维回弹性能的影响

测试经不同温度和质量浓度 NaOH 处理后十字形和圆形 PTT 纤维纱线的弹性回复率,结果见表 3。

表 3 NaOH 处理后 PTT 纤维的弹性回复率

NaOH 质量浓度/ (g·L ⁻¹)	十字形 PTT 纤维的弹性 回复率/ %		圆形 PTT 纤维的弹性 回复率/ %	
	23.5 °C	100 °C	23.5 °C	100 °C
20	79.95	72.64	71.16	69.67
60	—	63.61	—	66.22
80	79.15	47.86	70.24	56.88
120	79.02	35.16	69.97	46.35
360	75.16	—	67.21	—

注:未经碱处理的十字形 PTT 纤维弹性回复率为 79.86%,圆形 PTT 纤维为 71.31%。

由表 3 可见,PTT 纤维在室温下经不同质量浓度 NaOH 处理后还保持有良好的弹性回复率。而

100 °C 条件下,当 NaOH 质量浓度低于 60 g/L 时,弹性保留率仍然较高,基本上可以达到 80% 以上;当 NaOH 质量浓度超过 80 g/L 以后,弹性回复率将明显降低,尤其是十字形 PTT 纤维的下降幅度更大一些。可能是由于十字形纤维的比表面积大于圆形纤维,与碱液的接触面积也更大,因此水解反应程度也大一些。表 2 中相同碱浓度下十字形和圆形 PTT 纤维的失重率差异也体现了这一点。

3 结 论

1) 100 °C 高温下碱处理可使 PTT 纤维表面溶蚀出明显的微坑穴,因此可以通过制定合适的碱处理条件,对 PTT 纤维织物进行表面改性处理,以获得柔软且光泽柔和的特殊风格纺织品。

2) 100 °C 高温下,碱对 PTT、PET 纤维结构和力学性能的损伤比室温明显增大。

3) 在室温下,PET 纤维的耐碱性优于 PTT 纤维;100 °C 高温下,PTT 纤维的耐碱性优于 PET 纤维。

4) 在室温下碱处理,PTT 纤维能保持良好的弹性回复率;100 °C 高温下碱处理,当 NaOH 质量浓度超过 80 g/L 以后,弹性回复率将明显降低。

5) 在适当的温度和质量浓度下,PTT 纤维可以安全地经受碱液的作用,并能维持良好的力学性能。

FZXB

参考文献:

[1] 王兴良,辛长征,黄象安. PTT 纤维结构与性能的研究现状[J].产业用纺织品,2002,(9):1-4.

[2] 叶胜荣,边界,封麟先.化纤新材料——PTT 的合成、性能及应用[J].纺织学报,2000,21(6):375-378.

[3] 方雪娟. PTT 纤维结构、性能与应用[J].上海毛麻科技,2005,(1):36-38.

[4] 陈克权,马嘉萍,杨菲. PTT 长丝瞬时拉伸回弹性能研究[J].合成纤维工业,2003,26(1):7-10.

[5] Dandurand S P, Perez S, Revol J F, et al. The crystal structure of poly (tetramethylene terephthalate) by x ray and electron diffraction[J]. Polymer,1979,20(4):419-426.

[6] 徐冉丹.新型聚酯 PTT 纤维的结构和性能[J].国外丝绸,2002,(6):25-27.

[7] 王菊生,孙铠.染整工艺原理(第一册)[M].北京:中国纺织出版社,1997.206.

[8] 胡韵,朱亚伟,陆佳英. PTT 和 PET 纤维碱减量的差异[J].四川丝绸,2005,(2):24-26.