

甲壳素纤维的力学性能研究

崔艺玲, 闫红芹*

(安徽工程大学, 安徽 芜湖 241000)

摘要:测试了甲壳素纤维基本力学性能,并与普通粘胶纤维进行对比,对其可纺性和服用性进行了分析。结果表明:甲壳素纤维强度和伸长率比粘胶纤维小,湿态下纤维力学性能降低程度没有粘胶大;甲壳素纤维比粘胶纤维的弹性好,相同定伸长,甲壳素纤维松弛所需时间更长,蠕变变形同粘胶。

关键词:甲壳素纤维;拉伸性能;弹性回复

中图分类号:TS102.51

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2014)05-0019-03

甲壳素纤维是从虾、蟹等海洋生物甲壳中提取甲壳质,通过纺丝方法制成的新型纺织纤维。其化学结构式是将纤维素葡萄糖单基 C₂ 位的羟基替换成乙酰氨基,或脱乙酰化使部分乙酰氨基变成氨基,所以甲壳素单基也称为聚乙酰氨基葡萄糖^[1]。甲壳素纤维具有优异的抗菌性、生物降解性和生物相容性,手感柔软、服用性优良,在保健服饰应用领域有广阔发展前景。但其纤维细弱且价格高,因此实际生产中常与其他纤维混纺,或生产非织造功能织物。目前对甲壳素纤维的研究报道,大部分都是关于加工及使用中纤维抗菌性的变化,或纺纱工艺、非织造领域的应用^[2-4]。本文对甲壳素纤维干湿态拉伸性能、弹性回复性、应力松弛及蠕变等性能进行探讨,以期对该纤维的开发和应用提供一定理论依据。

1 实验部分

1.1 实验材料

甲壳素纤维(脱乙酰度 96%,山东青岛金湖甲壳制品有限公司):白色、长丝型,细度 0.96 dtex。普通粘胶纤维:规格为 1.67 dtex×38 mm。

1.2 实验方法

1.2.1 纤维干湿态拉伸性能

仪器:LLY-06B 型电子单纤维强力仪

测试条件:夹持隔距为 10 mm,预加张力为 0.1 cN,拉伸速度为 10 mm/min,试样次数 50 次。

湿态拉伸性能测定 将单纤维浸入(20±2)℃的蒸馏水中 0.5 min,用玻璃棒捞出至不滴水进行测试,预加张力 0.05 cN。

1.2.2 纤维弹性性能测试

仪器及测试条件同 1.2.1,预加张力为 0.2 cN,试样次数 30 次。

定伸长一次拉伸 定伸长值为 1%、3%、5%。先将纤维拉伸至设定的定伸长值,停止拉伸并松弛 30 s 后回升,纤维内应力减至设定预加张力时,伸长回复值即为纤维急弹性;回升后再松弛 60 s,拉伸纤维,当内应力等于设定预加张力,此时伸长值即为纤维塑性变形。

应力松弛 定伸长值为 1%、3%、5%。先将纤维拉伸至设定的定伸长值,停止拉伸,在松弛状态测试纤维负荷值,此后每隔 1 s、10 s、100 s(各打印 10 次)显示负荷值。

蠕变 定负荷值为 0.5 cN、0.7 cN、1 cN。先将纤维拉伸至设定的负荷值,停止拉伸,显示相应的伸长值,下夹持器间断下降保持纤维内应力为设定负荷值,每隔 10 s 显示伸长值至 100 s 结束。

2 结果与讨论

2.1 甲壳素纤维拉伸性能

纤维强伸性能对纺纱工艺有很重要的影响,具有一定强力是衡量纤维可纺性的必要条件。纤维在加工及使用过程中会不断受到各种外力作用,强度高伸长大的纤维不易断裂,其纺纱加工困难少,纱线质量好,成品耐用。

由表 1 看出,甲壳素纤维强度和伸长率小于粘胶,且湿态下强度降低而伸长率有所增加,变化幅度不如粘胶大。说明甲壳素纤维纺纱时,用棉加工工艺会导致大量纤维断裂且短绒增加,故开清棉和梳棉工序要采用缓和渐进式开松和梳理工艺。另外由于吸湿后纤维强力降低,故要合理控制各车间的湿度,保证纺纱过程顺利进行。甲壳素纤维伸长率 8.83%远低于粘胶的 15.6%,故其延伸性不如粘胶纤维。

收稿日期:2014-07-04

基金项目:地方高校国家级大学生创新创业训练计划项目(201210363097),安徽工程大学大学生创新创业训练计划资助。

作者简介:崔艺玲(1992-),女,安徽人,在读纺织工程专业本科生。

*通信作者:闫红芹(1978-),女,讲师,硕士,主要研究方向为纺织纤维原料的开发应用及废弃纺织物的再利用, E-mail: 52828516@qq.com。

表1 甲壳素纤维干湿态拉伸性能

纤维	干态			湿态		
	断裂强度/ $\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	伸长率/%	初始模量/ $\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	断裂强度/ $\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$	伸长率/%	初始模量/ $\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$
甲壳素	1.48	8.83	32.1	1.22	11.2	39.19
粘胶	1.8	15.6	23	1.02	22.9	33.12

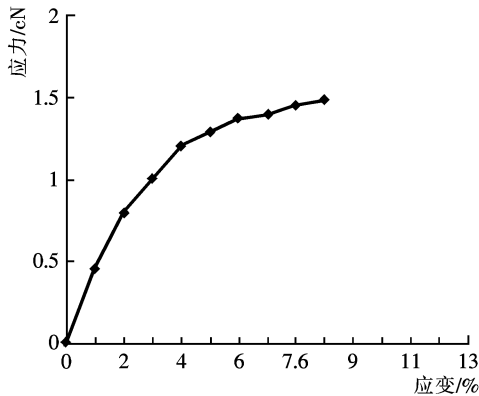


图1 甲壳素纤维拉伸曲线

初始模量是纤维在小形变下抵抗拉伸变形的能力,是影响纤维弯曲刚度和柔软度的主要因素。虽然甲壳素纤维的大分子结构和粘胶很相似,均为 α -葡萄糖相互间以苷键连接而成,但甲壳素是带正电荷的碱性多糖,分子链上有许多羟基($-\text{OH}$)、乙酰氨基($-\text{NHCOCH}_2$)和少量氨基($-\text{NH}_2$),能在分子间及分子内部形成强氢键作用,即分子间有较强的作用力,使分子链的柔顺性降低,故纤维表现为一定刚性。这是甲壳素纤维的初始模量比粘胶大的原因,因此用甲壳素纤维制成的织物没有粘胶织物手感柔软。

甲壳素纤维和粘胶纤维吸湿后水分子进入纤维内部,使原有的分子结构发生变化,拆散了分子间的一些连接点,削弱了大分子之间的氢键作用力,使分子间作用力降低,同时,分子间滑移能力增大,表现为吸湿后纤维强度降低,而伸长率增加,由表1数据可看出甲壳素织物湿态下尺寸稳定性和保型性比粘胶好。

图1可看出甲壳素纤维的拉伸曲线与棉纤维相似,但强力比棉纤维低,属于柔而弱的纤维。故甲壳素纤维纯纺较困难,适宜和其他纤维进行混纺生产。

2.2 甲壳素纤维弹性

弹性是指纤维变形回复能力。纤维的变形包括可回复弹性变形和不可回复塑性变形两个组分,弹性变形又包括急弹性和缓弹性。纤维变形能力与纤维加工及成品的使用性能密切相关。

由表2可以看出,当定伸长为1%时,纤维的弹性功回复率为100%,随着定伸长的增加,弹性功回复率逐渐减小。定伸长1%时,纤维的变形主要是急弹性变

形,而且变形量很小,故能很快全部回复。随着定伸长增加,急弹性变形逐渐增加,同时塑性变形也越来越大,因此纤维的回复程度越来越小,直至被拉断。

表2 定伸长一次拉伸回复性能

定伸长/%	总伸长/mm	急弹性形变/mm	塑性形变/mm	总弹性形变/mm	弹性功回复率/%
1	0.10	0.21	0.19	0	100
3	0.30	0.22	0.23	0.09	73.8
5	0.50	0.24	0.36	0.14	47.3

分子链的柔顺性和分子间作用力大小决定了纤维的弹性回复性能。甲壳素纤维葡萄糖基环赋予分子链一定的柔顺性,使其具有局部流动性,而分子链之间的次价键——氢键牵制了部分分子链之间滑移,使其具有一定的形变回复能力。定伸长3%时甲壳素的回复率是73.8%,而此时粘胶的回复率是56.7%,说明甲壳素纤维在小形变下表现出优于粘胶纤维的弹性回复性能。

当外力较大时,分子链上的主价键和链间的次价键产生变形,部分较弱的次价键断裂,在应力状态下形成新的次价键。外力去除后,大分子链因具有柔曲性要克服分子间力,促使纤维回复原状,但由于新次价键的阻滞作用,链段沿外力场发展其运动需要一定时间,有一部分变形不能立即回复,即为缓弹性变形。当链段的回复力小于新次价键力,变形不能回复,即为塑性变形。在实际生产中,甲壳素纤维如在小形变下加工,要预留充分的时间让其缓弹性变形得以回复。

2.3 甲壳素纤维松弛性能

甲壳素纤维是高分子材料,在外力作用下变形时,其变形与外力大小及外力作用的延续时间有关。当纤维受恒定拉伸变形后,大分子链的卷曲构象伸展,分子链处于不稳定状态,随着时间延长,大分子链链段的热运动,纤维内应力逐渐减小,这个过程即为应力松弛。

图2是甲壳素纤维不同定伸长下的应力松弛曲线,随着定伸长的增加,纤维的起始应力也逐渐变大。在刚开始测试的100s内甲壳素纤维的内应力减小的很快,此后随着时间延续,下降幅度逐渐变缓。200s后应力变化很小,最后趋于平衡,近似呈一条平滑直线。甲壳素纤维的应力随时间变化较小,说明其松弛速度较慢,应力松弛消除需要更长时间,表现出较好的弹性和抗皱性。在纺纱加工中为防止纤维内应力的积累使

纤维性能严重恶化,各工序加工后要保留一定的“休息时间”,使纤维内应力充分消除,形态稳定。

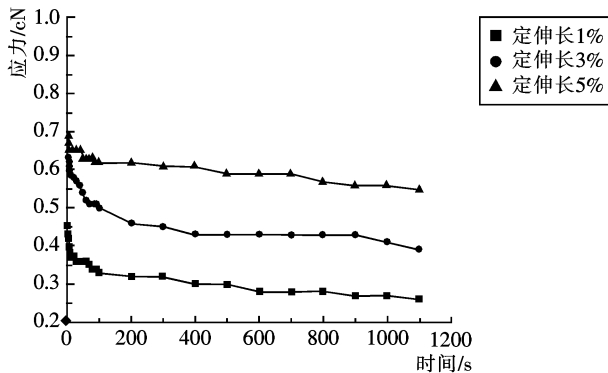


图2 甲壳素纤维应力松弛曲线

2.4 甲壳素纤维蠕变性能

蠕变是指纤维在恒定拉伸负荷下,其变形随着时间延续而逐渐增加的现象,和应力松弛一样都属于纤维粘弹性范畴。产生蠕变的原因,是纤维结构内部急弹性形变发生后,随着时间延续,大分子主链局部旋转、结晶区中的大分子被抽拨滑动,从而使纤维长度不断伸长^[5]。

由图3可知,定负荷增加,初始伸长也增加。另外随着时间延续,纤维长度不断增加。结晶度较低的纤维,由于分子间结合点易于滑移,从而使纤维伸长幅度更大一些。因此在相同外力作用下,结晶度不同的纤维表现出不同的蠕变性能。粘胶和甲壳素纤维的结晶度均为30%,说明甲壳素织物在干态下的保型性与粘胶织物相同。

3 结论

(1)甲壳素纤维的断裂强度和伸长率都比粘胶纤维小,初始模量大,纤维手感不如粘胶柔软。吸湿后,甲壳素纤维强度降低,伸长率和初始模量增加,但变化

幅度均低于粘胶,甲壳素纤维织物湿态下尺寸稳定性和保型性比粘胶织物好。纺纱要选择缓和的加工工艺,并合理控制各车间湿度,防止纤维受损。

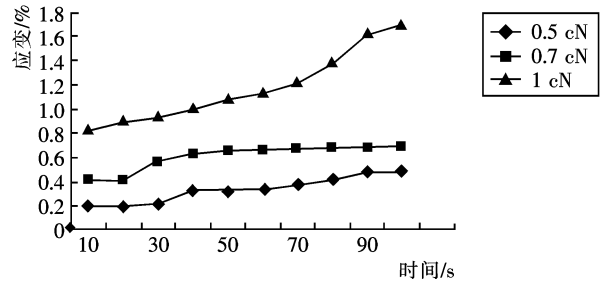


图3 甲壳素纤维蠕变曲线

(2)甲壳素纤维比粘胶弹性回复性好,但延伸性不如粘胶纤维。

(3)甲壳素纤维应力松弛曲线的拐点基本在200s内出现,应力松弛曲线先下降后趋于平衡,内应力随时间变化较小,即甲壳素纤维松弛时间要更长一些。生产加工中要适当预留一定时间使其消除内应力。

(4)定负荷增加,纤维蠕变曲线的初始伸长增加,甲壳素织物在干态下的保型性与粘胶织物相同。

参考文献:

- [1] 王爱勤. 甲壳素化学[M]. 北京:科学出版社,2008. 59—60.
- [2] 陈 翟,黄小华,郑鹏程. 染整加工对甲壳素纤维抗菌性能的影响[J]. 染整技术,2007,2(29):10—12.
- [3] 杨文芳,王科林,贾志萍,等. 化学试剂及染色对壳聚糖纤维抗菌性能的影响[J]. 针织工业,2008,(7):43—47.
- [4] 程隆禄,周志华,祝和平. 壳聚糖/腈纶纤维抗菌纤维混纺比与纱线强度关系研究[J]. 东华大学学报(自然科学版),2001,4(27):71—73.
- [5] 姚 穆. 纺织材料学[M]. 北京:中国纺织出版社,1997. 381—382.

Study on the Mechanical Property of Chitin Fiber

CUI Yi-ling, YAN Hong-qin*

(Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

Abstract: The mechanical properties of chitin fiber were tested. The spinnability and wearability were analyzed compared with common viscose fiber. The results showed that the strength and elongation of chitin fiber were lower than viscose fiber, and the mechanical properties decreasing in wet state were lower than viscose fiber, but elastic recovery rate of chitin fiber was higher than viscose fiber. At the constant elongation, the relaxing time of chitin fiber was much longer and the creep deformation was similar with viscose fiber.

Key words: chitin fiber; tensile performance; elasticity recovery