

基于“虹吸”原理和超声脱胶的蚕丝含胶率测试仪

王慧玲^{1,2,3}, 周彬^{1,2,3}, 陈宏武^{1,3}, 樊理山^{1,3}, 瞿才新¹, 杨贺¹

(1.盐城工业职业技术学院, 江苏盐城 224005; 2.浙江理工大学, 浙江杭州 310018)

(3.江苏省生态纺织工程技术研发中心, 江苏盐城 224005)

摘要: 分析了现有蚕丝含胶率测试方法所存在的缺陷, 设计了蚕丝含胶率快速测试仪, 包含脱胶单元和回收单元, 脱胶单元主要包括超声波振荡器和虹吸装置, 回收单元主要包括储水器和电加热器。利用超声波空化作用对蚕丝进行快速高效脱胶, 利用虹吸装置的虹吸作用及电加热器的持续加热使脱胶液循环反复流入回收单元中的储水器, 最终使丝胶和丝素彻底分离, 进而测试蚕丝含胶率。试验结果表明: 蚕丝含胶率快速测试仪结构简单, 操作简便、快速, 测试结果准确、可靠。

关键词: 蚕丝; 含胶率; 脱胶; 超声波; 虹吸; 试验仪器

中图分类号: TS101.921

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)10-0030-03

A rapid test instrument and method of sericin content based on siphon principle and ultrasonic degumming

WANG Huiling^{1,2,3}, ZHOU Bin^{1,2,3}, CHEN Hongwu^{1,3}, FAN Lishan^{1,3}, QU Caixin¹, YANG He¹

(1.Textiles and Apparel College, Yancheng Industry Vocational Technology College, Yancheng 224005, China)

(2.Zhejiang SCI-TECH University, Hangzhou 310018, China)

(3.Ecological Textile Engineering R&D Center, Yancheng 224005, China)

Abstract: The shortcomings of existing sericin content test method are analyzed. A rapid test instrument is designed, including a degumming unit and a recovery unit. The degumming unit mainly includes ultrasonic oscillator and siphon device, the recovery unit mainly includes the water reservoir and electric heater. Sericin is break away from fibroin rapidly and effectively with the help of ultrasonic cavitation. The siphon action of the siphon device and the continuous heating of the electric heater are used to repeatedly flow the degumming liquid into the water reservoir in the recovery unit, sericin and fibroin are completely separated finally. And the test results prove that the instrument has the advantages of simple structure, easy operation, accurate and reliable.

Key words: silk; glue percentage; degumming; ultrasonic wave; siphon action; test instrument

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.10.009

脱胶是蚕丝加工工艺的重要环节, 脱胶的好坏对丝的质量和原料的制成率都有极大的影响, 适当的含胶量(约20%)可以增强蚕丝的抱合, 在一定程度上对丝素起到保护作用, 有利于后道工序的加工整理, 使丝片不易紊乱, 丝条抗压耐磨。含胶量过少, 会影响蚕丝抱合, 织物容易起毛; 反之, 则丝条糙硬, 影响蚕丝的光泽和手感, 在机织过程中易磨损钢筘, 同时, 织造时增加原料消耗, 提高成本。

目前蚕丝含胶率的测试方法主要按照行业标准 FZ/T 40004—2009《蚕丝含胶率试验方法》和商检标准 SN/T 2843—2011《生丝含胶率的测定方法》进行, 原理是通过计算蚕丝煮炼前后蚕丝的干质量差, 得出蚕丝含胶百分率。但这种方法存在以下缺陷: 当碱液

浓度过高、温度过高、作用时间过长时容易对丝素产生伤害, 造成测试结果不准确; 标准中未曾涉及脱胶程度的判断方法, 文献提供的方法大多都是通过苦味酸胭脂红对脱胶蚕丝进行染色, 由于蚕丝的丝胶、丝素对胭脂红和苦味酸的吸附能力不同, 所以着色后依据蚕丝的表观颜色可判断蚕丝的脱胶程度, 但是蚕丝与着色剂的作用过于灵敏且不稳定, 对染色的操作要求较高, 而试验精度不高, 只能做定性分析; 在整个脱胶过程中, 需要检验员不停地手工搅拌, 不仅耗时耗力, 降低了检验效率, 而且搅拌不充分也会导致脱胶不均匀, 影响检验结果的准确性; 除此之外, 搅拌沸水还会对检验员的人身安全造成潜在的威胁^[1]。

本文针对现有蚕丝含胶率测试方法所存在的缺陷, 设计了蚕丝含胶率快速测试仪, 利用超声波空化作用对蚕丝进行脱胶, 利用虹吸装置的虹吸作用循环反复回收脱胶液, 最终使丝胶和丝素彻底分离, 以测试蚕丝含胶率。

1 快速测试仪设计思路及运行机理

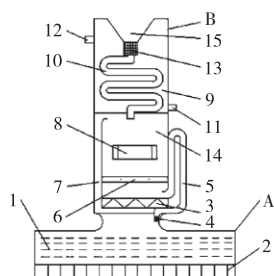
蚕丝含胶率测试仪结构图见图1。

收稿日期: 2017-12-04

基金项目: 2017年江苏省青蓝工程优秀青年骨干教师培养项目; 江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015C254); 2015年度江苏高校优秀科技创新团队; 2017年江苏省高等职业院校教师专业带头人高端研修(2017GRFX060)

作者简介: 王慧玲(1982—), 女, 博士, 副教授, 主要从事纺织检测及新产品开发研究。

通信作者: 周彬。E-mail: 15949149207@126.com。



1-储水器;2-电加热器;3-超声波振荡器;4-滤胶器;5-虹吸装置;
6-样品孔板;7-管道;8-样品放置口;9-液化室;10-多级弯管;11-液化
水入口;12-液化水出口;13-通气孔;14-脱胶室;15-注水室

图1 蚕丝含胶率测试仪器结构图

如图1所示,蚕丝含胶率测试仪主要包括上下叠置的回收单元A和脱胶单元B。回收单元A包含储水器1和电加热器2,在储水器1的底部固装电加热器2,储水器1的上部与脱胶单元B下部的脱胶室14连接,脱胶室14下部固装超声波振荡器3,脱胶室14两侧分别有管道7和虹吸装置5,管道7和虹吸装置5下端均与回收单元A相通,管道7上端与脱胶室14相通,虹吸装置5的下端口装有滤胶器4。脱胶室14中固装样品孔板6,样品孔板6上均匀分布着小孔,样品孔板6距脱胶室14底部有一定的距离,脱胶过程中,样品孔板6可以阻止蚕丝短纤维混流到脱胶室14的底部。脱胶室14设有一个样品放置口8,脱胶室14上面连接液化室9,液化室9两侧分别设有液化水入口11和液化水出口12,液化室9内有多级弯管10,多级弯管10下端与脱胶室14上端相通,多级弯管10上端连接一个通气孔13,通气孔13上端连接注水室15,注水室15固封在液化室9上部。

蚕丝含胶率快速测试仪采用超声波振荡方式对蚕丝进行脱胶处理,超声波频率控制在28~48 kHz,功率为1~1.5 kW,超声波振荡器内的超声波发生器将低频交流电转换成与超声波换能器相匹配的高频交流电信号。超声波换能器在超频率范围内将交变的电信号转换为高频机械振动。超声波空化脱胶原理见图2。

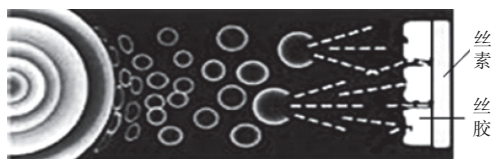


图2 超声波空化脱胶原理模拟

如图2所示,当超声波振动能量足够高时,就会产生“空化”现象,存在于脱胶液中的微小气泡(空化核)在超声场的作用下振动、膨胀并不断汇集声场能量。

当能量达到一定阈值时,空化核急剧崩溃闭合,释放出巨大的能量,并产生速度接近于100 m/s且冲击力巨大的微射流,其碰撞密度高达1~1.5 kg/cm²,瞬间产生局部为4 726.85℃(5 000 K)的高温 and 1.824×10⁸ Pa(1 800 atm)的高压。超声波的“空化”作用促使蚕丝中丝素和丝胶快速分离,解决了传统碱脱胶方法中使用大量化学试剂造成严重环境污染和人身危害的问题。由于试验人员无需配制脱胶用化学试剂,因此劳动强度大大降低。

采用虹吸装置5可以使脱胶室14中的脱胶液及时转移到回收单元A中的储水器1中。虹吸装置的结构原理图见图3。

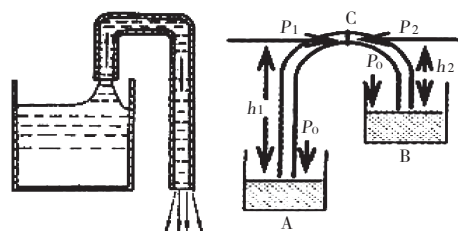


图3 虹吸管结构原理图

如图3所示,当充满水的管子将A、B两个液面高度不同的水槽连接后,C处受到向右的压强 $P_1 = P_0 - \rho_{\text{水}} g h_1$,向左的压强 $P_2 = P_0 - \rho_{\text{水}} g h_2$,其中 P_0 为大气压。由于 $h_1 > h_2$,所以有 $P_1 < P_2$ 。则液片C将向左移动,即容器B中的水向容器A中流淌。只要B中的液面高于A中的液面,水就会不停流动,直到两容器中的液面相平,即B中的水流完为止。电加热器2提供持续的热源,保证“虹吸装置”持续产生“虹吸”效应,使脱胶液多次循环转移到储水器1中。

2 测试方法

测试时,称取一定质量的蚕丝烘干并称重,记为 G_0 ,将蚕丝从样品放置口8均匀放到样品孔板6上,关闭样品放置口8。在回收单元A中注入适量的去离子水,将回收单元A与脱胶单元B连接好。液化水入口11连接自来水管,液化水出口12连接下水管道。

打开电加热器2,设置温度约200℃,回收单元A中的水迅速升温汽化,通过管道7向上进入多级弯管10,在液化室9中冷凝水的冷却作用下,水汽液化回流到脱胶室14内,多级弯管10上端连接通气孔13,其内部填充多孔材料,以防止水汽流失。打开超声波振荡器3,由于超声波的“空化”作用,使热水与蚕丝快速、充分地润湿、渗透,丝胶与丝素不断分离。随着回

流水的累积,当回流水液面高度达到虹吸装置5的上端弯管下弧面处时,由于虹吸作用,回流水连同脱下的丝胶便从虹吸装置5与脱胶室14连通的位置经虹吸装置5流入回收单元A中。由于虹吸装置5下端滤胶器4的过滤作用,从蚕丝上退下的毛羽不会进入回收单元A中。回收单元A中的水连续不断地汽化上升、冷却回流、脱胶,而丝胶始终在回收单元A中,如此反复数次(控制超声波的振荡频率,循环脱胶次数在5~8次),丝胶便会被脱尽,丝胶随着脱胶液全部被收集到回收单元A中。

在脱胶过程中,若水分损失导致脱胶室14中液面低于虹吸装置5的上端弯管下弧面处,则可直接经注水室15添加去离子水,以确保脱胶过程顺利完成。

脱胶结束后,关闭电加热器2和超声波振荡器3及冷却水,将回收单元A与脱胶单元B分离,从样品孔板6和滤胶器4处取出蚕丝样品,烘干称重记为 G_1 ,则蚕丝含胶率可按式(1)计算:

$$\text{蚕丝含胶率} = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\% \quad (1)$$

3 结果分析

按照 FZ/T 40004—2009《蚕丝含胶率试验方法》的取样要求,取两份试样,每份试样(20±2)g。按照

(上接第15页)

偏差 $\Delta S = 37.46$ mm, 相对偏差 $\Delta S/S_{\max} = 4.4\%$, 小于 ±5%, 满足工程应用要求。

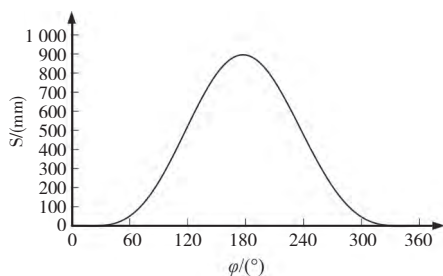


图6 剑头运动位移

5 结语

剑杆织机引纬机构中,剑杆的运动要求形式为具有两次停歇的往复运动,根据剑头运动特点和动程大小,应用图解法综合得到平面四连杆机构尺度,再通过选用合适的剑杆加速度运动规律,编程计算得出共轭凸轮实际轮廓线。

GB/T 9995—1997《纺织材料含水率和回潮率的测定烘箱干燥法》的规定分别将两份试样烘至恒重,称取脱胶前干重 G_0 分别为17.58、18.21 g,然后将两份试样分别放入含胶率测试仪中,按照上述程序对其进行脱胶。从样品孔板6和滤胶器4处取出蚕丝样品,烘干称重记为 G_1 ,分别为17.15、17.76 g。根据式(1)计算可得两份试样的含胶率分别为2.45%、2.47%;两份试样含胶率差异 = $\frac{2.47\% - 2.45\%}{2.45\%} \times 100\% = 0.82\% < 2\%$,符合标准规定的要求。

4 结语

本文采用基于“虹吸”原理和超声振荡的脱胶蚕丝含胶率测试仪进行脱胶试验,操作方法简便,劳动强度低,结果可靠,保障了试验人员权益。同时,所测产品适应性强,一般含胶类的纤维如桑蚕丝、蓖麻蚕丝、桑皮纤维、锦葵纤维等材料的含胶率均可测试,浆纱的上浆率试验、化纤含油率试验也可以采用此仪器进行,拓展了仪器的使用范围。

参考文献:

- [1] 盐城工业职业技术学院. 一种蚕丝含胶率测试仪器: 201611098466.5[P]. 2017-02-22.

参考文献:

- [1] 宋波, GA731、GA747、和 TP536 剑杆织机的应用对比分析[J]. 毛纺科技, 2005(4): 52-55.
 [2] 赵雄, 徐宾, 陈建能, 等. 几种典型的剑杆织机引纬机构及其机构创新[J]. 纺织机械, 2008(2): 48-51.
 [3] 张雷, 余克龙, 陈少钟, 等. 基于 ANSYS 和 ADAMS 空间四连杆引纬机构的柔性动力学仿真[J]. 纺织学报, 2013, 34(5): 116-120.
 [4] KAZUO W, HIDEHIKO S, ATUJI M. Servo-controlled weft yarn inserting mechanism for rapier loom[J]. Journal of Textile Engineering, 2006, 46(3): 83-92.
 [5] 李冰清, 吕思初. 剑杆织机引纬机构的优化设计[J]. 浙江丝绸工学院学报, 1989, 6(4): 35-41.
 [6] 黄民柱, 兰向军, 何践, 等. 剑杆织机凸轮引纬系统的运动规律及动态综合[J]. 纺织学报, 2000, 21(1): 34-38.
 [7] 赵雄, 胡宇龙, 林万焕, 等. 剑杆织机新型引纬运动学曲线的构造及应用[J]. 浙江理工大学学报, 2010, 27(4): 556-560.
 [8] 孙恒, 陈作模, 葛文杰. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.