

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2022.04.001

热熔浆料浆纱机设计

卫晋波¹, 杨敏鸽^{2*}, 刘江南¹, 王俊勃¹, 马 榛¹, 孙国梁¹

(1. 西安工程大学 材料工程学院, 陕西 西安 710048;
2. 西安工程大学 环境与化学工程学院, 陕西 西安 710048)

摘 要:针对目前热熔浆料缺乏配套上浆设备、无法实现工业化应用的问题,课题组设计了一种可以使用热熔浆料上浆的浆纱机。从热熔浆料本身性能出发,课题组根据现有实验数据探究其黏度对浆纱性能的影响,以及浸浆时间与浆纱速度的关系,选择合适的浆纱方式及工艺;以PLC为主控制器设计了热熔浆纱机的传动和温度控制方案;恒张力控制器控制纱线的张力;采用气动加压的方式控制压力;采用电动阀门及液位传感器实现浆料的供应和液面的控制。结果表明:热熔浆料的最佳浆纱黏度为170 MPa·s,浸浆时间缩短为0.25 s后,浆纱速度在120 m/min以上。与传统上浆机相比,热熔浆料浆纱机去掉了干燥装置,也因此减少能耗67%以上。文中所设计的浆纱机实现了热熔浆料自动化上浆。

关 键 词:热熔浆纱机;热熔浆料;黏度;浆纱速度;浸浆时间

中图分类号:TS103.7;TH39

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2022)04-0001-06

Design of Hot Melt Sizing Machine

WEI Jinbo¹, YANG Mingge^{2*}, LIU Jiangnan¹, WANG Junbo¹, MA Zhen¹, SUN Guoliang¹

(1. School of Materials Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. School of Environmental and Chemical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Aiming at the problem that the current hot-melt slurry lacks matching sizing equipment and cannot realize industrial application, a sizing machine that can use hot-melt slurry for sizing was designed. Starting from the performance of the hot melt slurry itself, the influence of its viscosity on the sizing performance and the relationship between the soaking time and the sizing speed was investigated according to the available experimental data, and the appropriate sizing method and process were selected; the transmission and temperature control scheme of the hot melt sizing machine were designed with PLC as the main controller; the constant tension controller was used to control the yarn tension; the pneumatic pressurization was used to control the pressing force; the electric valve and liquid level sensor were used to realize the supply of slurry and the control of liquid level. The results show that the optimal sizing viscosity of the final hot melt size is 170 MPa·s. After shortening the soaking time to 0.25 s, the sizing speed is above 120 m/min. Compared to the traditional sizing machine, the hot melt sizing machine eliminates the drying device and therefore reduces energy consumption by more than 67%. The designed hot melt size sizing machine realizes automatic sizing of hot melt slurry.

Keywords: hot melt sizing machine; hot melt slurry; viscosity; sizing speed; soaking time

在纺织品的生产过程中,上浆是极其关键的工艺,其形成的浆膜对经纱起到保护作用,能提高纱线的力学性能。我国是纺织服装生产大国,纺织浆料的年消

耗量高达百万吨^[1],目前所用浆料主要有淀粉浆料、PVA浆料和丙烯酸浆料等。这些浆料都是水溶性浆料,上浆后需要烘干,而烘干所用能耗占到整个上浆过

收稿日期:2022-04-22;修回日期:2022-05-30

基金项目:中国纺织工业联合会科技指导性项目(2020120)。

第一作者简介:卫晋波(1996),男,山西晋城人,硕士研究生,主要研究方向为热熔上浆设备及其控制技术。通信作者:杨敏鸽(1964),女,陕西兴平人,教授级高级工程师,主要研究方向为热熔性浆料、纳米材料的合成及应用。E-mail:620722545@qq.com

程的 67% 以上^[2],同时也制约着上浆速度的提升。

热熔浆料无需烘干,工艺流程短,但存在熔融温度和合成成本高等问题。经过本课题组长期探索研究,对用于棉纤维^[3]、涤棉^[4-7]和毛纤维^[8]的热熔浆料均有重大突破,已经基本解决了制约工业化应用的问题。为实现热熔浆料上浆的工业化,需要解决配套的上浆设备,本课题组曾为研发的热熔浆纱机申请了发明专利^[9],但对于热熔浆料的性能考虑不全面,需要对热熔浆纱机进行重新设计。

因此,课题组从热熔浆料本身性能入手,确定适合的上浆方式,设计热熔浆纱机各部分机械结构,引入自动化技术设计热熔浆纱机的控制方案,实现热熔浆料自动化上浆。

1 浆料性能与上浆工艺

浆料的性能决定其上浆工艺,主要体现在质量分数和黏度 2 方面。热熔浆料常温下为 100% 的固体浆料,不存在质量分数变化,因此需要从浆料的黏度探究合适的上浆工艺。

1.1 浆料黏度对浆纱性能的影响

浆液黏度对浆纱性能的影响主要在于被覆率和浸透率^[10]。团队前期研究中对热熔浆料黏度及浆纱性能进行了实验测试,结果显示热熔浆料黏度在 160 ~ 220 MPa·s 之间,与常用的淀粉浆料相比黏度较大,被覆率较高。图 1 为热熔浆料黏度与浆纱性能的折线图,所用纱线为 13 Tex 涤棉纱,主要考虑上浆率、毛羽数和耐磨性 3 个较为重要的参数。从图中来看,起初上浆率随着黏度的增大而提高,耐磨次数先下降后升高;黏度超过 170 MPa·s 后,上浆率和耐磨次数呈下降趋势,这是由于黏度增大、流动性降低造成的内部浸透减少,同时纱线表面覆盖的浆膜厚度也会变薄,造成耐磨性下降。毛羽数未呈现明显规律,但黏度 170 MPa·s 左右时处于较低水平。可见热熔浆料黏度在 170 MPa·s 左右时浆纱性能最佳。对于其它不同规格和种类的纱线,虽未进行实验,但浆液黏度对浆纱性能影响的机理不变,因此变化趋势应基本相同。

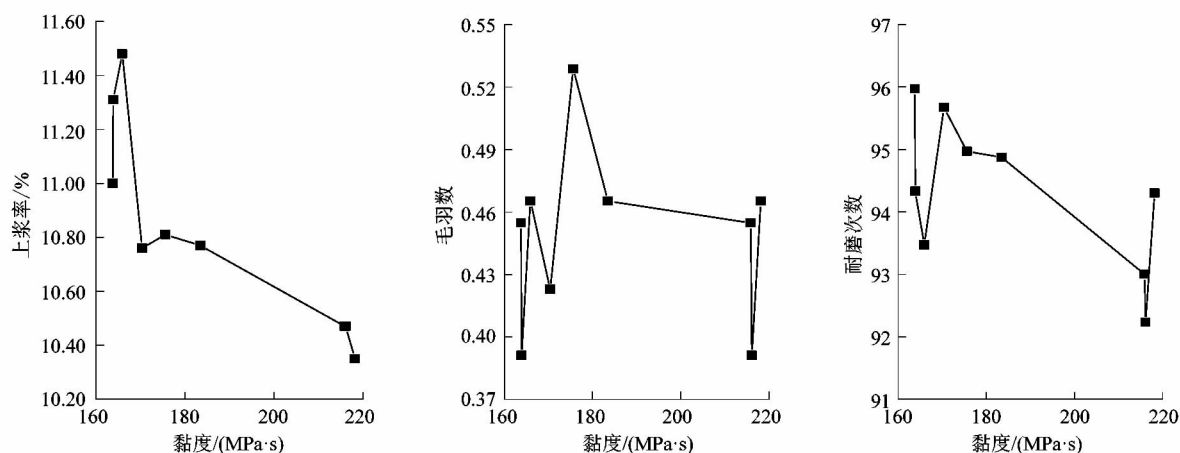


图 1 热熔浆料黏度与浆纱性能的折线图

Figure 1 Line diagram of hot melt slurry viscosity and slurry performance

热熔浆料的黏度会随着温度的降低而变大,因此需要严格控制浆料的温度波动范围,根据黏度与温度的变化规律,温度控制精度应该保持在 $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,避免因黏度波动过大造成浆纱性能下降。

1.2 浆纱方式的选择

热熔上浆曾采用过沟槽辊上浆^[11]的方式,但沟槽内部加工困难,沟槽光滑度不足会造成纱线表面浆膜

粗糙,因此课题组选用浸压上浆,通过压浆使纱线表面浆膜平整。

目前主要有单浸单压、单浸双压、双浸双压和双浸四压等浸压方式^[12]。热熔浆料黏度较大,纱线表面容易吸附浆料^[13],因此应该减少纱线的浸浆时间,加快上浆速度,然后进行多次压浆,压浆力先小后大,提高纱线的内部浸透率,同时压出多余浆料,有效控制上浆

质量。

经过对比上述浸压方式的适用范围,并结合热熔上浆工艺要求,设计中选择单浸双压逐步加压的浆纱方式。

图2为浆纱方式原理图。浸浆辊位于浆料液面下方,压浆辊位于浆料液面上方,纱线进入浆槽后首先从浸浆辊下方经过进行1次浸浆,随后经过上浆辊和压浆辊的2次压浆即可完成浆纱。浸浆可以使浆料初步覆盖在纱线表面,只有小部分浆料进入纱线内部,压浆则是通过压力提高纱线的浸透率并使毛羽平伏。

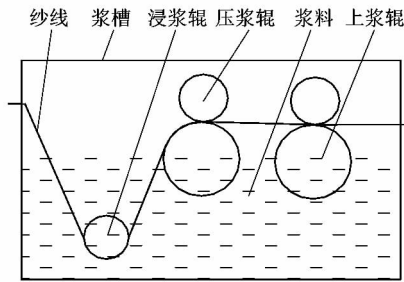


图2 浆纱方式原理

Figure 2 Schematic of sizing method

1.3 浸浆时间与浆纱速度的关系

浆纱过程中浆槽中的浆液高度会逐渐降低,从而影响着纱线在浆液中的浸浆长度,在浆纱速度一定时,浸浆时间也会随着浸浆长度的缩短而变短。单浸双压较之其它浸压方式,浸浆时间已经缩短,再缩短的话会影响纱线的上浆率进而影响纱线最终的织造性能,因此需要在浸浆长度变化时,通过改变浆纱速度来保证所需的浸浆时间。

图3为纱线浸浆示意图。浸浆长度被分为3段,分别用虚线、粗实线和点画线表示,浸浆辊直径为80 mm,浸浆辊到浆槽底部距离为25 mm,左侧纱线与液面右侧夹角为 110.09° (固定值),右侧纱线与液面左侧夹角为 107.22° (固定值), $\gamma = 142.69^\circ$ 。

随着浆液高度的变化,纱线与液面2个接触点到浸浆辊轴心连线和竖直方向形成的2个夹角也时刻在变化,根据已知条件,可得出如下关系:

$$h - 65 = \frac{40 \cos \alpha}{\sin (\alpha - 20.09^\circ)}; \quad (1)$$

$$h - 65 = \frac{40 \cos \beta}{\sin (\beta - 17.22^\circ)}。 \quad (2)$$

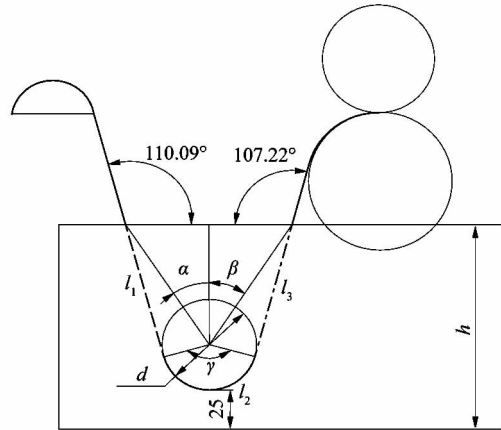


图3 纱线浸浆示意图

Figure 3 Schematic diagram of yarn impregnation

式中: h 为浆液高度, α 和 β 分别为纱线与液面2个接触点到浸浆辊轴心连线和竖直方向形成的2个夹角。

浸浆长度在浆槽中按走纱路线大致可以分为3段,根据图3所示可得到下列式子:

$$l_1 = \sqrt{\left(\frac{h-65}{\cos \alpha}\right)^2 - 40^2}; \quad (3)$$

$$l_2 = \frac{\gamma \pi d}{360}; \quad (4)$$

$$l_3 = \sqrt{\left(\frac{h-65}{\cos \beta}\right)^2 - 40^2}。 \quad (5)$$

式中: l_1 为纱线与液面左侧接触点到纱线与浸浆辊相切的左侧切点的长度, l_2 为纱线与浸浆辊贴合的圆弧长度(近似为圆弧), l_3 为纱线与液面右侧接触点到纱线与浸浆辊相切的右侧切点的长度, d 为浸浆辊直径。

综合式(3)~(5),可得浆纱速度

$$v = \frac{L}{t} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t}。 \quad (6)$$

式中: v 为浆纱速度, L 为浸浆总长度, t 为浸浆时间。

可以进行正常上浆的液面高度最低为205 mm,代入得最小浸浆总长度 $L_{\min} = 422.28$ mm,液面高度最高为245 mm(即液面处于上浆辊的中心水平线上),代入得最大浸浆总长度 $L_{\max} = 506.55$ mm。液面高度最高时,上浆辊能将更多的浆液带入挤压区进行压浆,提高纱线的浸透程度。目前传统浆纱机浆纱速度为60 m/min时,浸浆时间为0.55~0.91 s,考虑到热熔浆料比较容易附着在纱线上,课题组将浸浆时间设定为0.25

s,得到热熔浆纱机的最佳浆纱速度约为 121.57 m/min,满足热熔上浆要求的同时大大加快了上浆速度。

2 热熔浆纱机的整体控制方案

2.1 传动控制方案

图 4 是传动控制流程示意图。根据热熔上浆所采用的浆纱方式及实际需求,热熔浆纱机分为送纱、浆纱、卷纱和供浆 4 个部分。人机界面显示设备运行状况,PLC 通过程序控制变频器调节 3 个电机的转速,实现对送纱、浆纱和卷纱 3 部分的传动控制;供浆部分的阀门开关单独控制。该方案采用多输入多输出方式控制,实现各工位协调工作,简化机械结构,提高设备自动化程度。

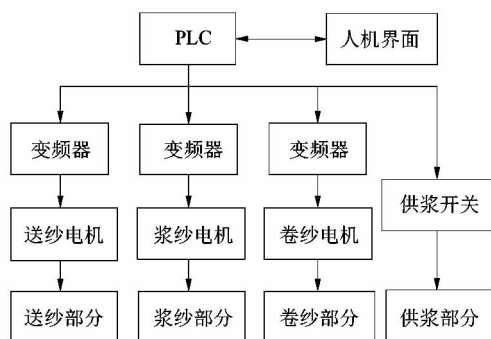


图 4 传动控制流程图

Figure 4 Schematic diagram of transmission control process

2.2 温度控制方案

此外,由于浆槽温度需要精确控制在 $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 以内,采用温度闭环控制系统进行反馈调节。图 5 为温度闭环控制原理图。

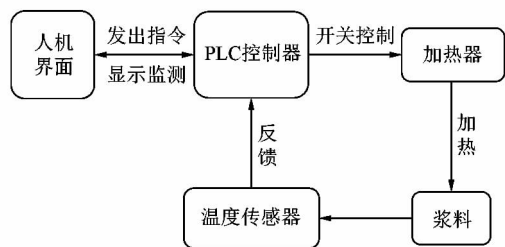


图 5 温度闭环控制原理

Figure 5 Temperature closed-loop control schematic

从人机界面发出指令使 PLC 打开加热器开关对浆料进行加热,温度传感器监测浆液的温度并通过人

机界面显示,随着温度向目标值接近,利用 PID 来调节加热器占空比,降低加热器的加热速度,使温度缓慢上升,逐渐达到目标温度,并保持不变。

3 热熔浆纱机的设计

3.1 送纱与卷纱部分

送纱部分主要是将整经机的纱线运送到浆纱部分,由于整经机是从筒子架上引出的纱线,为了减少纱线之间的缠绕,整经机加大了纱线的张力,使其完全绷紧。如果直接进入浆纱会加大纱线断头的风险,所以在进行浆纱之前,需要对纱线进行退绕以适当减小张力,之后张力保持恒定。而卷纱部分则是使上浆完成后的纱线继续保持一定的张力,避免纱线之间互相粘连,为后续的织造做好准备。

如图 6 所示,通过在送纱和卷纱过程中加装恒张力控制器实现纱线张力的控制,其工作原理为张力传感器检测纱线的张力大小,当送纱部分张力过小时,磁粉制动器开始制动,送纱辊减慢送纱速度,纱线张力逐渐增大,张力上升到标准值后,磁粉制动器停止制动,送纱辊加快送纱速度,纱线张力又会逐渐减小,磁粉制动器重新开始制动,如此循环往复,卷纱部分同理。选用采样间隔为 100 ms、误差小于 $\pm 1\text{ N}$ 的张力传感器,从而实现张力控制的快速响应,使纱线的张力保持在一个较为稳定的水平,同时也使纱线之间保持一定的间距,降低缠绕断头的风险。

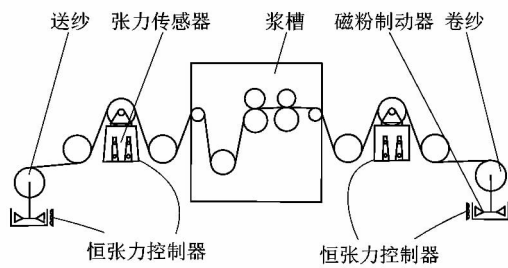


图 6 送纱卷纱部分示意图

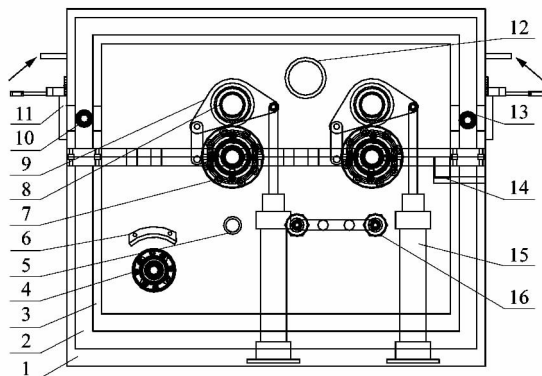
Figure 6 Schematic diagram of yarn feeding roll part

3.2 浆纱部分设计

图 7 为浆纱部分结构简图。浆槽壁分为 3 层,内外 2 层为钢结构,中间层为保温材料,保温层的设计在减少浆槽散热的同时保证整体结构的稳定性。浆槽壁开口处通过密封板进行密封,防止浆槽中的浆料进入

到中间保温层。浆槽内部安装有加热器、温度传感器和液位传感器,分别用来加热浆料以及监测浆液的温度和液面高度。

浆槽 2 侧进纱口和出纱口分别设有进纱辊和出纱辊,实现纱线的入槽和出槽。浆槽 2 侧外壁上安装有可转动的分绞针,分绞针直径为 1 mm,之间间距仅有 1~3 mm,在纱线进入浆槽后下拉分绞针,使之穿入纱线间隙中。这样既保持了纱线的间距,又减小了浆槽内部与外界热交换的面积,减少热量的散失。



1—浆槽外壁;2—保温层;3—浆槽内壁;4—浸浆辊;5—温度传感器;6—挡板;7—上浆辊;8—压浆辊;9—加压臂;10—进纱辊;11—分绞针;12—送浆管道;13—出纱辊;14—液位传感器;15—气缸;16—加热器。

图 7 浆纱部分结构简图

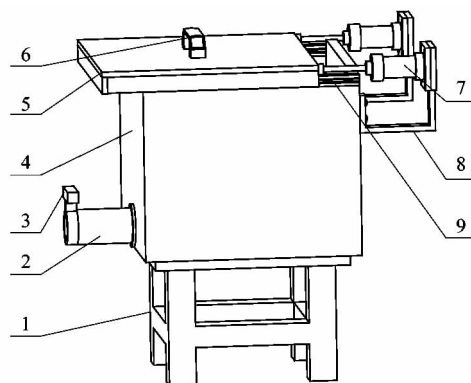
Figure 7 Schematic diagram of sizing part structure

纱线进入浆槽后首先经过浸浆辊,使纱线浸没在浆料中,浸浆辊为组合花篮式,对浆料起搅拌作用,上方安装有挡板,防止浸浆辊快速转动时浆料飞溅;浸浆辊 2 端轴承处安装专用轴承罩,该轴承罩位于浆槽内,与轴承和浆槽内壁紧贴,防止浆料浸入轴承。随后纱线经过 2 次压浆,通过出纱辊离开浆槽。压浆机构由上浆辊、压浆辊、加压臂及气缸组成,通过控制气缸的拉力准确调节压浆力。

3.3 供浆部分

如图 8 所示,供浆部分对浆料进行预加热并通过供浆管道与浆纱部分浆槽连接,连接处设置电动阀门。可通过放置在浆槽中的液位传感器监测液面高度,当液面下降到 230 mm 时,阀门打开,供浆槽开始供浆;当液面达到 245 mm 后,阀门关闭,供浆槽停止供浆。

供浆槽内同样也安装液位传感器,当供浆槽内液面高度小于 40 mm 时,接近传感器向 PLC 输送信号激发报警装置,提醒操作工向供浆槽中添加固体的热熔浆料,同时气压伸缩杆伸长,推开滑轨上的供浆槽盖。



1—供浆槽底座;2—供浆管道;3—阀门;4—供浆槽;5—供浆槽盖;6—把手;7—气压伸缩杆;8—气缸支架;9—滑轨。

图 8 供浆部分结构简图

Figure 8 Schematic diagram of slurry supply part structure

4 结语

为解决现有上浆工艺中存在的高能耗、高污染以及低效率的问题,在热熔浆料发展成熟的基础上,课题组对热熔浆纱机各部分机械结构和控制方案进行设计,实现热熔浆料自动化上浆。与传统水溶性上浆设备比较,热熔浆纱机的性能有较大提升,主要体现在以下方面:

1) 热熔浆料的最佳浆纱黏度为 170 MPa·s,选择单浸双压的上浆方式,浸浆时间缩短为 0.25 s,同时去除烘干工序,上浆速度在 120 m/min 以上。

2) 花篮式的浸浆辊浸入浆料中可以实现对浆料的搅拌,使浆料受热均匀;送纱和卷纱过程中采用恒张力控制器,浆槽进出口处安装分绞针,大大降低纱线缠绕、断头的风险,提高整机工作效率。

3) 浆槽中间保温层的设计在减少浆槽散热的同时保证结构的稳定性;去除传统水溶性浆纱机中能耗占比 67% 以上的烘干装置,达到减少能耗的目的。

参考文献:

- [1] 范雪荣. 几种纺织浆料的环保性能分析[J]. 棉纺织技术, 2011, 39(4): 10014.

(下转第 17 页)