

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.006

新型热管式烫光辊的开发

郭彦龙, 虞斌

(南京工业大学机械与动力工程学院, 江苏南京 211816)

摘要:为了解决印染行业传统铝芯式烫光辊存在启动慢、温度不均匀的问题,开发了一种新型热管式烫光辊。径向热管具有传热功率大、均温性能优良的特点,将径向热管技术应用于烫光辊,并设计实验系统来测试其启动性能,均温特性及保温能力。试验结果表明:相较于传统的烫光辊,热管式烫光辊具有更快的启动速度,到达工作温度的时间比铝芯式烫光辊快20~30 min;较好的均温特性,达到工作温度后热管式烫光辊的表面最大温差为1.4℃,而铝芯式烫光辊最大温差高达26.4℃;优良的保温能力,停止加热30 min后,热管式烫光辊的表面温度比铝芯式烫光辊高7℃,并且加热后能在更短的时间内再次达到工作温度。

关键词:热管式烫光辊;启动能力;均温特性;铝芯式烫光辊

中图分类号:TS190.4 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)05-0022-05

Development on New Heat Pipe Type Polishing Roller

GUO Yanlong, YU Bin

(School of Mechanical and Power Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China)

Abstract: A new heat pipe type polishing roller was developed in order to solve the problems of startup slow and uneven temperature of traditional aluminum type polishing roller for printing and dyeing industry. Concentric annular heat pipe technology was used creatively as its excellent characteristics of large heat transfer power and outstanding uniform temperature performance. Experimental system was designed to test its startup performance, temperature uniformity and insulation capability. The results indicate that this heat pipe type polishing roller start more quickly than traditional one, time to reach the operating temperature is earlier 20 ~ 30 minutes. A better isothermal performance is achieved. After reaching their operating temperature, the maximum temperature difference on the outer surface of the heat pipe type polishing roller is 1.4℃ while that of the traditional one is 26.4℃. A better insulation capability is achieved, stop heating after 30 minutes, the temperature on the outer surface of the heat pipe type polishing roller is 7℃ higher than the traditional one. A shorter time is required for the heat pipe type polishing roller to reach operating temperature again after heating.

Key words: heat pipe type polishing roller; start capability; uniform temperature characteristics; aluminum type polishing roller

在印染领域,通常需要在后整理工序中对织物烫光处理,以提升织物的品质^[1]。而烫光辊作为后整理装置烫光机的核心部件,其温度均匀与否会直接影响织物的烫光效果^[2]。目前国内外的烫光辊大部分为电加热方式,即通过辊体内部排列的电加热管加热辊体,使辊体达到工作温度,一根辊体的电加热功率约为50~60 kW,一组烫光生产线需要4~6根辊体烫光,

需要300 kW以上的电功率。由于目前电力紧张以及电增容的审批和投资,用户增加产能及技术改造遇到很大的限制^[3]。现有技术中的烫光辊为内置铝芯,通过给铝芯内部电加热管通电来加热铝芯,铝芯再将热量传递到烫光辊表面,烫光辊表面温度差异很大,特别是左右两端的温差,经常出现同一片织物烫光差异很大。

收稿日期:2014-05-07;修回日期:2014-05-19

作者简介:郭彦龙(1988),男,甘肃定西人,硕士,主要从事新型高校传热传质设备的研究。E-mail:guoyanlong28@163.com

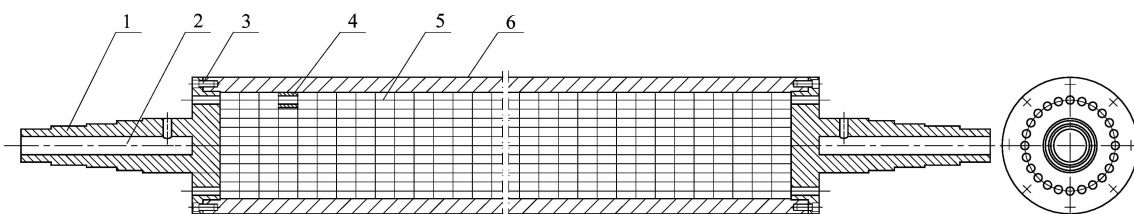
热管是利用工作介质的汽化潜热来传递热量的高效传热元件,有“热超导体”之称^[4-5],径向热管不同于传统热管,传统热管的工作介质是在沿热管轴向流动的过程中沿轴向传递热量的,而径向传热热管的工作介质则是在沿径向流动时沿径向传递热量^[6]。径向热管做为一种新型热管,自问世以来,以其快速的启动性能、极高的热导率、优良的均温性能,热容量低,热惯性小等特点,已经在能源化工、半导体生长、标准黑体、温度标定等领域得到很大的发展^[7],如在单层马弗炉中,可使炉内轴向温差由 10 K 降到 1 K,周向温差由 5 K 降到 0.5 K^[8]。但在纺织领域,关于热管技术的应用还鲜见报道,本文将径向热管技术应用于烫光辊上,开发出一种热管式烫光辊,并做了一台试验样机与原来的铝芯烫光辊做对比,以验证其可行性。

用还鲜见报道,本文将径向热管技术应用于烫光辊上,开发出一种热管式烫光辊,并做了一台试验样机与原来的铝芯烫光辊做对比,以验证其可行性。

1 热管式烫光辊结构开发

1.1 铝芯式烫光辊结构介绍

图 1 为铝芯式烫光辊结构示意图,辊壳和轴头通过螺栓连接,辊壳内腔装满等厚的铝芯,电加热管穿过铝芯。当电加热管通电加热时,铝芯首先受热,然后铝芯再将热量传到辊壳。这种烫光辊由于铝和钢的导热性能差异,表面温度分布很不均匀,尤其是辊壳两端与中部温差很大,影响织物的烫光效果。



1—轴头;2—引线孔;3—螺栓;4—铝芯;5—电加热管;6—辊壳

图 1 铝芯式烫光辊结构示意图

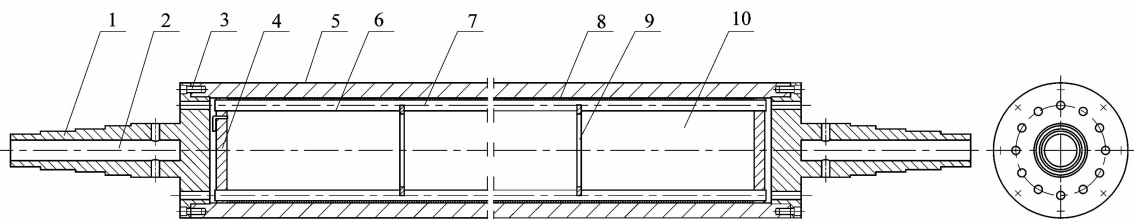
Figure 1 Schematic diagram of the aluminum type polishing roller

1.2 热管式烫光辊结构开发设计

根据径向热管的特性,结合原铝芯式烫光辊,在保持外部结构不变的前提下,开发出一种新型热管式烫光辊,该烫光辊的辊壳长度为 2 590 mm,外径 315 mm,内径 245 mm。图 2 为热管式烫光辊结构示意图,轴头 1 和辊壳 5 通过螺栓 3 连接,不锈钢吸液芯 8 紧贴在辊壳内壁上,封头 4 与换热管 6 以及支撑板 9 组成管结合件,封头与辊壳密封连接,在辊壳内部形成一个密封空腔 10。空腔内部抽真空,并注入液体工作介

质,由于吸液芯的毛细作用,一部分水均匀的分布在吸液芯里。

热管式烫光辊工作时,通电加热安装在换热管 6 里的电加热管 7,电加热管将热量传给换热管,换热管加热吸液芯中以及烫光辊空腔底部的工作介质,工作介质受热汽化,在辊壳内壁处释放汽化潜热,并冷凝为液体进入毛细吸液芯中,再次受热汽化,如此反复循环,将热量从电加热管传递到辊壳外表面^[9],对织物进行烫光处理。



1—轴头;2—引线孔;3—螺栓;4—封头;5—辊壳;6—换热管;7—电加热管;8—吸液芯;9—支撑板;10—密封空腔

图 2 热管式烫光辊结构示意图

Figure 2 Schematic diagram of the heat pipe type heating cylinder

2 性能试验测试系统

为了测试热管式烫光辊的温度性能,建立了热管式烫光辊性能测试系统。如图 3 所示,为模拟实际工况,电源电压使用工业用 380 V 交流电压,为保证安全,安装空气开关以防止短路。用电加热方式提供热

源,通过控制电加热管的根数来调节输入功率。在热管式烫光辊辊壳表面布置 6 对热电偶测量表面温度变化,为测量热管式烫光辊内部蒸气温度和铝芯式烫光辊内部铝芯的温度,分别在热管式烫光辊换热管内以及铝芯式烫光辊铝芯内安装电阻式热电偶,通过数据

采集仪来收集热电偶测量的温度值^[10]。试验所用电加热管每根电阻 29 Ω, 第一组试验采用 9 根电加热管, 第二组采用 12 根电加热管分别测试热管式烫光辊和铝芯式烫光辊的温度特性。

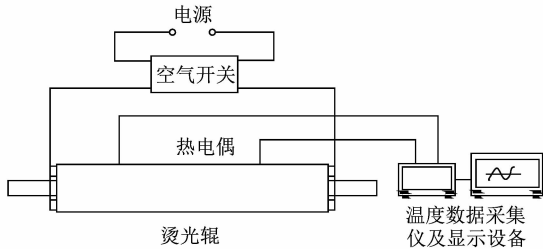


图3 烫光辊性能测试系统

Figure 3 Performance test system for heating cylinder

3 试验结果及分析

3.1 启动性能

启动性能是衡量烫光辊性能优劣的一个重要指标,启动时间越短,生产所需要的准备时间就越短,经济效益就越高^[11]。图4、图5分别表示自然对流条件下,热流密度为 12 080 W/m²和 16 106 W/m²时烫光辊壳表面温度的变化情况,初始温度都为 35 ℃。在用 9 根电加热管加热即热流密度 12 080 W/m²的条件下,热管式烫光辊在加热 70 min 时达到工作温度 178 ℃,而铝芯式烫光辊达到相同温度需要 90 min 时间;当热流密度变为 16 106 W/m²时,热管式烫光辊达到工作温度只需 50 min,而铝芯式烫光辊则需要 80 min。可以看出,在不同的热流密度下,热管式烫光辊都比铝芯式烫光辊能更迅速平稳地启动,并在更短的时间内达到烫光辊工作所要求的温度值。

图6为热管式烫光辊内部蒸气以及铝芯式烫光辊铝芯的温度变化,铝芯的温度可以通过热电偶直接测得,而热管式烫光辊内部蒸气的温度,则可以用换热管的管壁温度来表示,其变化反映了热管式烫光辊内部工质的温度变化。从图6可以看出,在同样的热流密度下,初始温度为 35 ℃,在加热前 20 min,2 种烫光辊内部温度相差不大,而 20 min 之后,热管式烫光辊的蒸气温度迅速升高,而铝芯的温度则在缓慢的上升,说明热管式烫光辊的在同样的条件下,内部温度升高更快,启动更迅速,保证有足够的热量传递到烫光辊表面,使热管式烫光辊在更短的时间内到达工作温度。

3.2 二次启动与保温能力

图7和图8表示的是在加热到 178 ℃后切断电源,30 min 后接通电源,20 min 后再切断电源这个过程中 2 种烫光辊的表面以及内部温度变化情况。从图中

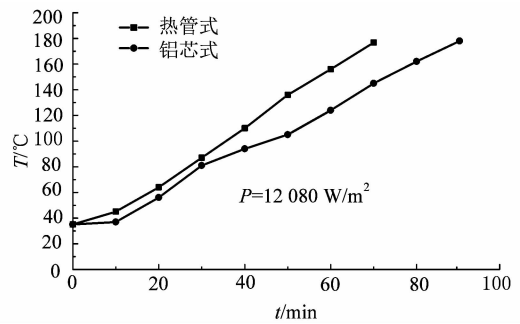


图4 9根电加热管加热时两种烫光辊表面温度特性

Figure 4 Temperature characteristics on the surface of the heating cylinders with 9 heaters

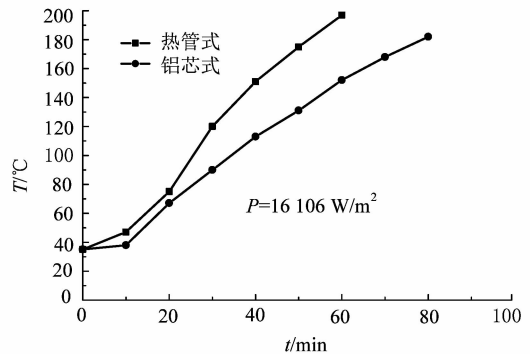


图5 12根电加热管加热时两种烫光辊表面温度特性

Figure 5 Temperature characteristics on the surface of two heating cylinders with 12 heaters

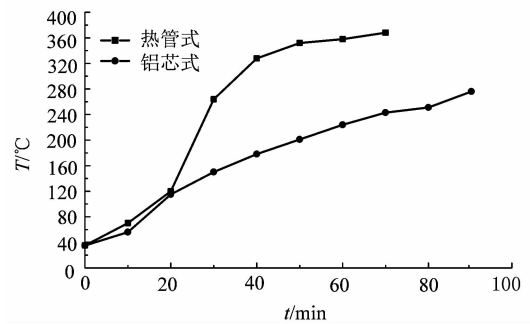


图6 2种烫光辊内部温度变化

Figure 6 Internal temperature variations of two heating cylinders

可以看出,切断电源 30 min 后热管式烫光辊表面温度为 174 ℃,铝芯式烫光辊表面温度为 167 ℃,接着通电 20 min 后两者的表面温度分别为 180 ℃、170 ℃,此后关闭电源,40 min 后的表面温度分别为 165 ℃、155 ℃,可以看出断电后热管式烫光辊温度降低比铝芯式烫光辊慢,通电加热后前者比后者温度升高快,说明热

管式烫光辊比铝芯式烫光辊有更好的中途二次启动速度和保持温度的能力。

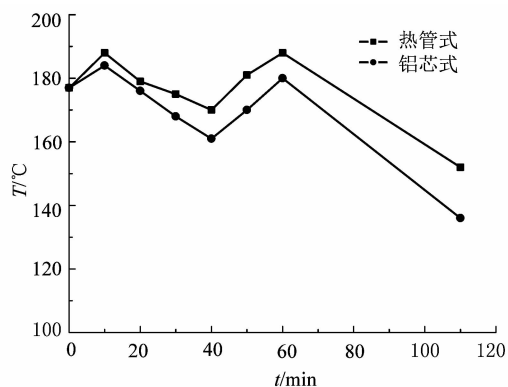


图7 通断电处理过程中烫光辊的表面温度变化

Figure 7 Surface temperature variations in the process of the power on and off

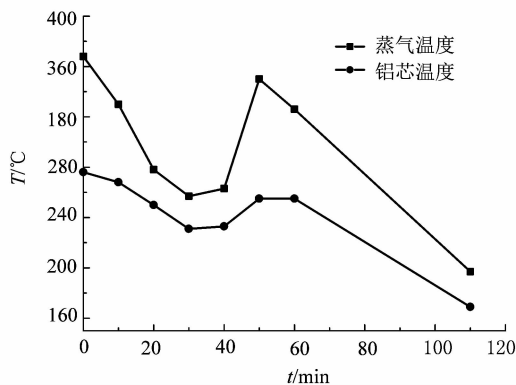


图8 通断电处理过程中烫光辊的内部温度变化

Figure 8 Internal temperature variations in the process of the power on and off

3.3 均温性能

热管式烫光辊在加热过程中不同时间的轴向表面温度分布情况如图9所示。从加热开始一直达到达到工作温度,热管式烫光辊沿轴线方向辊壳表面都具有高度的等温性能,并且随着温度的升高,其等温效果更加明显。图10中曲线A和B分别代表热管式烫光辊和铝芯式烫光辊达到工作温度时的轴向温度分布情况,可以看出,代表热管式烫光辊的曲线A变化幅度不大,表明沿轴线方向温度分布比较均匀,温度最高点出现在测温点5的位置,温度最低点出现在测温点3的位置,两点最大温差为1.6℃,均温性能良好。而铝芯式烫光辊则显示出了很大的温度差异性,最高温度值出现在测温点6的位置,最低温度值出现在测温点4的位置,两点的最大温差高达44.0℃,温度的不均匀性表现在沿着轴向方向烫光辊两端的温度高,中间位

置的温度低,产生这一现象的主要原因是铝芯式烫光辊内部的铝芯要不断蓄热,电加热管产生的热量很难及时的传递到烫光辊表面,而两端由于封头的存在,能较快的传递温度。为了测试在通断电的过程中烫光辊的表面温度分布情况,对在第一次断电20min时的2种烫光辊做一对比,曲线C和D分别代表热管式烫光辊和铝芯式烫光辊的此时的温度分布趋势,可以看出,在没有热源的情况下热管式烫光辊依然保持优良的均温性能,最大温差为1.8℃,而铝芯式烫光辊在没有热源的情况下,温差依然巨大,最大温差为15.8℃,无法满足生产需求,但相较于有热源的情况,铝芯式烫光辊的温差有所减小,这说明在没有热源的时候其内部铝芯蓄热的热量逐渐传递到整个烫光辊表面,使得烫光辊沿轴线的温差有所减小。

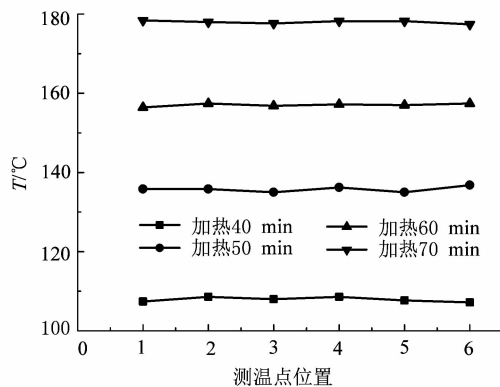


图9 热管式烫光辊轴向温度分布图

Figure 9 Axial distribution of temperature of heat pipe type heating cylinder

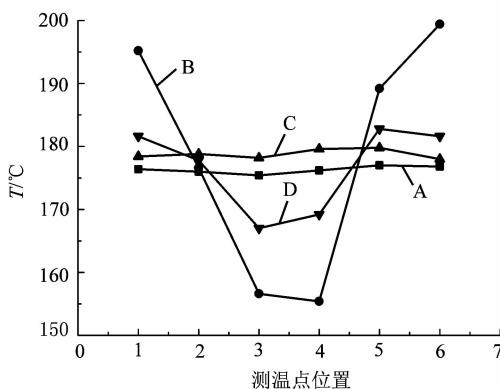


图10 2种烫光辊轴向温度分布比较

Figure 10 Axial distribution of temperature of two heating cylinders

4 结论

成功开发了一种热管式烫光辊,并研制了试验件,

与原热管式烫光辊做对比,对其传热性能进行了试验研究,得到以下主要结论:

1) 热管式烫光辊相较于铝芯式烫光辊启动更迅速,重复稳定性好,在相同的加热条件下,比铝芯式烫光辊达到工作温度的时间快 20 ~ 30 min。

2) 有更好的二次启动与保温能力。热管式烫光辊有更好的保温能力,在达到工作温度后切断电源的情况下,热流密度为 12 080 W/m²时,切断电源 30 min 后热管式烫光辊比铝芯式烫光辊表面温度高 7 ℃;热管式烫光辊有更好的二次启动能力,在切断电源温度低于工作温度后通电加热,热管式烫光辊能在更短的时间内再次达到工作温度。

3) 优良的均温性能。在加热的任意时间段,热管式烫光辊都具有高度的等温性能。

与当前的铝芯式烫光辊相比,热管式烫光辊具有启动时间快,等温性好,节能效果好等优点,有望在纺织印染领域及各种高分子材料制品的深加工领域获得广泛地应用。

参考文献:

[1] 李高贵,赵斯根,江顺章,等. 大辊体双辊烫光机的研制及烫光效

果分析[J]. 江苏纺织,2013(4):43-45.

[2] 许捷凯,代勇. 烫光机的烫光装置:中国, CN 202969049 U [P]. 2013-06-05.

[3] 迟玉斌,郑江文. 一种导热油加热烫光辊:中国, CN202519473U [P]. 2012-11-07.

[4] 庄骏,张红. 热管技术及其工程应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2000.

[5] 庄骏,张红. 2010 年热管技术展望[J]. 化工机械,1998,25(1):44-49.

[6] BOO J H, PARK S Y, KIM D H. An experimental study on the thermal performance of a concentric annular heat pipe[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2005, 19(4):1036-1043.

[7] 虞斌,朱亚军,涂善东. 同轴径向传热热管传热性能的初步实验研究[J]. 石油化工设备技术,2000,21(3):36-42.

[8] 金天亮,虞斌,郝彪,等. 热管式甲醇制氢反应器及其流场的研究[J]. 轻工机械,2013,31(5):11-14.

[9] JALILVAND A, KATSUTA M, SAITOU K, et al. The study and development of roll heat pipe performance [J]. Heat Transfer Engineering, 2008, 29(12):977-983.

[10] 涂福炳,许欣,周子民,等. 同轴径向热管传热特性实验研究[J]. 中南大学学报:自然科学版,2011,42(4):1145-1149.

[11] 单艳,丁家松,戴冶艇,等. 水平碳钢夹套式热管的实验研究[J]. 能源技术,2001,22(2):56-58.

(上接第 21 页)

4 结语

采用有限元方法对基于 Halbach 阵列吸附单元的磁场进行了仿真分析,得到了磁通密度分布情况和磁吸附力,并通过实验验证了仿真计算的正确性。结合 Isight 软件批处理技术和 ANSYS-APDL 参数技术对 Halbach 永磁阵列磁吸附单元进行了优化,分析得出优化目标 λ, λ 值越高,说明 Halbach 永磁阵列磁吸附单元的永磁利用率越高,为设计爬壁机器人磁吸附机构提供了依据。

参考文献:

[1] 桂仲成,陈强,孙振国. 爬壁机器人永磁吸附装置的优化设计[J]. 电工技术学报,2006,21(1):40-46.

[2] 桂仲成,陈强,孙振国. 多体柔性永磁吸附爬壁机器人[J]. 机械工程学报,2008,44(6):177-182.

[3] 袁夫彩,陆念力,曲秀全. 水下船体清刷机器人磁吸附机构的设计与研究[J]. 中国机械工程,2008,19(4):338-391.

[4] 王军波,陈强,孙郑国. 爬壁机器人变磁力吸附单元的优化设计[J]. 清华大学学报:自然科学版,2003,43(2):214-217.

[5] 张俊强,张华,万伟民. 履带式爬壁机器人磁吸附单元的磁场及运动分析[J]. 机器人,2006,28(2):219-223.

[6] 赵剑坤,叶家伟. 基于有限元分析的永磁吸附单元设计优化[J]. 机械设计与制造,2009,3(3):47-49.

[7] 陈勇,昌明,包建东. 新型爬壁机器人磁吸附单元优化设计[J]. 兵工学报,2012,33(12):1539-1544.

[8] 李延升,窦满峰,张春雷. Halbach 型磁钢的永磁电机气隙磁场解析计算[J]. 微电机,2013,46(3):6-9.

[9] 林为干. 电磁场理论[M]. 北京:人民邮电出版社,1996.

[10] 金建铭,王建国,葛德彪. 电磁场有限元方法[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1998.

[11] 李泉凤. 电磁场数值计算与电磁铁设计[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[12] TAVAKOLI M, VIEGAS C, MARQUES L. Systems Omnidirectional magnetic wheeled climbing robots for inspection of ferromagnetic structures [J]. Robotics and Autonomous, 2013, 61: 997-1007.