

不锈钢纤维织物的应用及其 纯纺针织物的开发

赵阿卿¹, 朱方龙², 张艳梅¹, 房戈¹, 崔世忠²

(1. 保定三源纺织科技有限公司, 河北 保定 071000;

2. 中原工学院 服装学院, 河南 郑州 450007)

摘要:介绍不锈钢纤维的分类、性能特点及制备方法, 阐述不锈钢纤维混纺织物和纯纺织物的重要组成及相关应用。重点介绍不锈钢纤维的纺纱工艺以及纯不锈钢纤维针织物的编织工艺, 指出不锈钢纤维纺纱、织造过程中存在的难点及解决办法, 定制一条不锈钢纤维纺纱工艺路线。根据产品工艺要求及不锈钢纤维的特性, 提出不锈钢纤维针织物织造过程中合理的针织设备及工艺参数, 对不锈钢纤维织物的开发具有一定的指导意义。

关键词:不锈钢纤维; 不锈钢纤维织物; 纺纱工艺; 针织工艺; 金属纤维

中图分类号: TS 184.4

文献标志码: B

文章编号: 1000-4033(2018)03-0014-04

Application of Stainless Steel Fabric and Development of Its Pure Spinning Knitted Fabric

Zhao Aqing¹, Zhu Fanglong², Zhang Yanmei¹, Fang Ge¹, Cui Shizhong²

(1. Baoding Sanyuan Technology Co., Ltd., Baoding, Hebei 071000, China;

2. School of Garments, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450007, China)

Abstract: In this paper, the classification, performance characteristics and preparation methods of stainless steel fibers were introduced, and the main components and applications of stainless steel fibers blended fabric and pure fabric were expounded. The spinning process of stainless steel fibers and the knitting technology of pure stainless steel knitted fabric were introduced. It presented the difficulties and solutions in the process of spinning and knitting for stainless steel fibers, and a spinning process route for stainless steel fiber was made. The reasonable knitting equipment and process parameters for knitting stainless steel fiber knitted fabric were proposed according to the product's technical requirements and the characteristics of stainless steel fiber, which has a certain guiding significance for the development of stainless steel fiber fabric.

Key words: Stainless Steel Fiber; Stainless Steel Fabric; Spinning Technology; Knitting Technology; Metal Fiber

不锈钢纤维一般是指以 304、304L 或 316、316L 等不锈钢为基材, 经特殊工艺加工而成的直径在 10 μm 以下的软态新型工业用材料, 是现代科学的一个重要领域。不锈钢纤维是纯金属纤维, 体积密度约为 7.9 g/m^3 , 是普通纺织纤维

的 5~8 倍, 具有一定的可纺性, 与镍、铜、铝等其他金属纤维相比, 不锈钢纤维在可纺性、使用性、经济性等方面存在明显优越性, 在长度和细度方面都能达到纺纱要求, 8 μm 的不锈钢纤维单纤强力可达 2.94~5.88 cN。纯不锈钢纤维具有

极高的耐热性, 在氧化环境中, 可以在 600 $^{\circ}\text{C}$ 条件下连续使用, 同时它也是传热的良导体, 可用作散热材料, 耐腐蚀性好, 完全耐硝酸、碱及有机溶剂的腐蚀, 但是在硫酸、盐酸等还原性酸中其耐腐蚀性较差^[1-2]。

基金项目: 河南省教育厅科技创新人才计划项目(17HASTIT027)。

作者简介: 赵阿卿(1970—), 女, 高级工程师。主要从事金属纤维织物的研发工作。

1 不锈钢纤维的制备

目前,不锈钢纤维的制造方法主要有单丝拉伸法、集束拉伸法、熔融纺丝法等^[3]。

1.1 单丝拉伸法

单丝拉伸法是通过孔径逐渐递减的拉丝模孔进行多次拉伸,可以避免一次拉丝使截面压缩率过大,拉丝阻力超过材料的拉伸强度而引起撕裂,这种方法制造的不锈钢纤维的直径一般在 20 μm 左右,产品主要用于高精度筛网等特殊领域。

1.2 集束拉伸法

集束拉伸法是将单丝拉伸法所制取的多根线材聚集成一束,外面再包覆与不锈钢类似加工硬化倾向的中碳钢,然后进行拉伸,这种方法可以大大减少拉伸次数,同时还能有效防止单根细丝被拉断。采用集束拉伸法生产的不锈钢纤维既具有金属体材料耐高温、耐腐蚀的性能,还具有纺织纤维的柔软性和可纺性,已被广泛用作无纺布和混纺织物的原料。

1.3 熔融纺丝法

熔融纺丝法是由熔融金属直接制取不锈钢纤维的一种方法,它包括喷射骤冷法和熔融挤压法等,其中熔融挤压法与制取有机纤维和玻璃纤维的原理一样,是将熔化的金属液从喷头挤出,在多种媒介中冷却成丝。

2 不锈钢纤维织物的应用

不同种类的不锈钢纤维织物,因不锈钢纤维在织物中的含量不同其应用领域不同,而不锈钢纤维含量由产品最终用途来决定,主要包括两类:不锈钢纤维混纺织物或交织织物和纯不锈钢纤维纺织品。

2.1 不锈钢纤维混纺织物

不锈钢纤维混纺织物主要利用不锈钢纤维所具有的屏蔽^[4]、防

电磁辐射^[5]、抗静电等功能,其纺织品可应用于防静电工作服、雷达侦察遮障布、防微波辐射服、高压带电服等^[6]。利用不锈钢纤维所特有的导电性,通过与其他纤维进行混纺而制得抗静电面料,其防静电作用稳定而且持久、耐水洗、环保且不影响织物的手感。一般来说,金属纤维含量为 0.50%~5.00% 的混纺织物可制成抗静电工作服,用于易燃易爆或易产生粉尘的特定工作场所;金属纤维含量为 5.00%~20.00% 的混纺织物可用于防静电地毯、防静电吸尘器及防护罩、医疗手术服;金属纤维含量达 25.00% 的混纺织物制成的超高压屏蔽服则可用于小于 500 kV 的交、直流电作业^[7]。但金属短纤维在纱线及织物中的分布和连续性影响到织物的抗静电性能,因此一般采用金属长丝纤维,其优势在于不存在间断问题,制造过程只需将金属长丝在纬纱上间隔加入到织物中便能形成良好的导电性。

较早的防电磁辐射纤维是美国 Brunswick 公司开发的 Brunsmet 不锈钢金属纤维,而且以短纤维混纺不锈钢纤维梭织面料的防电磁辐射效果为最佳。据测试,梭织物含 1.00% 的不锈钢纤维时,在 1 800 MHz 频率电磁波辐射环境下的屏蔽效率为 88.60%,在 2 450 MHz 频率下的屏蔽效率则有 92.30%;而梭织物中含 3.00% 的不锈钢纤维时,在 1 800 MHz 频率电磁波辐射环境下的屏蔽效率为 98.43%,在 2 450 MHz 频率电磁波辐射环境下的屏蔽效率为 98.49%;当织物中含有 5.00% 的不锈钢纤维时,其屏蔽效率可以达到 99.00% 以上^[8-9]。相比而言,不锈钢长丝织成的织物比不锈钢短纤维织成的织物具有更好的电磁辐射屏蔽效果,

在梭织物的经向和纬向同时加入不锈钢长丝合股纱,形成连续、均匀的屏蔽网,可以更加有效地反射电磁波^[10]。

2.2 纯不锈钢纤维织物

不锈钢纤维因具有高强、耐高温、耐腐蚀等特点,其纯纺产品可用于高温气体粉尘密封、过滤、高温除尘、热工件传送带、隔热帘、耐热缓冲垫等领域,还可用于汽车玻璃、光伏玻璃、手机玻璃、电子产品等生产过程中的耐高温热缓冲材料,且在 500 $^{\circ}\text{C}$ 的环境下可以长期使用^[11]。采用气流成网针刺后将不锈钢纤维网真空烧结成毡,其孔径层形成孔梯度,可控制得到极高的过滤精度和更大的纳污量,能够连续保持过滤网布的过滤作用,可用于冶金、化工、玻璃、热能等领域工业设备的高温腐蚀部位过滤及增强^[12]。

3 不锈钢纤维纯纺针织物的开发

3.1 原料选择

由上述可知,不锈钢纤维的型号有 316L、302、304 等,因 316L 不锈钢纤维的分子结构稳定,且抗氧化、耐腐蚀性较 302、304 等型号不锈钢纤维强,因此将 316L 不锈钢作为高强、耐高温不锈钢纤维纱线的首选原材料。316L 不锈钢材料的化学成分见表 1。

表 1 316L 不锈钢材料化学成分表

材质	含量/%
C	≤ 0.030
Si	≤ 1.000
Mn	≤ 2.000
P	≤ 0.045
S	≤ 0.030
Ni	12.000~15.000
Cr	16.000~18.000
Mo	2.000~3.000

所用金属纤维的直径为 4~24 μm ,具有不锈钢的金属光泽,表面

光亮,具有细微化和柔软化的特征,由不锈钢丝以集束拉拔工艺制成。纤维直径太细则强力低,纤维直径太粗又会影晌纱线和织物的柔软性,而且纱线的毛羽也会增加,不论是退绕阻力还是对机件的磨损程度都会加大,因此,经过比较最终选用直径为8 μm的不锈钢纤维。

3.2 纺纱工艺

不锈钢纤维的弹性变形、塑性变形极小,且密度大、强力高、无卷曲、抱合力差,纤维表面无鳞片、无蜡质、无合成纤维的光滑表面,因而不锈钢纤维的摩擦系数比其他纤维都大,这就增加了纺纱的难度。本文以纺制91 tex×2的不锈钢纤维纱线为例,详细说明工艺流程。

在确定适合不锈钢纤维的纺纱工艺路线之前,对传统棉纺及毛纺设备进行一系列尝试。首先尝试采用毛纺工艺流程进行小样试纺,所纺制的91 tex×2不锈钢纤维纱线的强力为1 000~1 400 cN,纱线强力较低,且纱线的质量不匀率为12%,条干不匀,质量达不到要求,分析其原因在于纤维条经多次梳理后落纱多,损耗大于30%。然后尝试采用棉纺设备进行小样试纺,所纺制的91 tex×2高强、耐高温不锈钢纤维纱线强力为700~1 000 cN,虽然纤维损耗降低至15%,质量不匀率达到8%,条干均匀度有所改善,但结果是纱线强力更低,分析其原因是由于棉纺设备隔距小,适于纺制主体长度为40 mm的短纤维,纤维主体长度越小,成纱强力越小。

因此,本文根据不锈钢纤维特性,开发一套棉、毛纺设备相结合的金属纺短流程工艺路线方案:牵切成条→并条→粗纱→细纱。3种工

艺流程所纺制纱线指标值见表2。

牵切过程采用在ASFA-311A纤维牵断机上改进牵切装置,进行多区牵切,根据所需纤维主体长度调整隔距大小;采用棉纺与毛纺设备的技术参数,将原三上四下牵伸装置进行改造,适纺95~110 mm主体长度的金属纤维^[13]。

试验以提高纤维的伸直平行度、改善纤维条的条干均匀度和减少纱疵为原则,采用低并和、大隔距、重加压、慢车速的工艺配置。为了更好地控制车速,采用人机界面的计算机控制系统,减少了纺纱过程中的断头。此外,保定三源纺织科技有限公司还自主研发了一套独特的接头装置,是在原有自动空气捻接器基础上进行进气压稳定性改装,并调整退捻气压、加捻气压、捻接长度及加捻时间等,从而实现纱线接头的品质控制,该装置可使接头处的纱线直径与原纱相近,强力是原纱的60%,可适用于金属纱接头。

本试验所纺制纱线的断裂强力≥2 000 cN,制得了1.2 kg无接头的不锈钢纤维纱线,具体的纱线质量品质指标值见表3,控制在标准要求范围之内。

3.3 编织工艺

纯不锈钢纤维纱线与常规纺

织纤维的区别之一就是摩擦系数大。不锈钢纤维纱线之间以及不锈钢纤维纱线与送纱机件之间的摩擦,造成在编织过程中退绕困难、送纱机件磨损严重、送纱张力不稳定;同时不锈钢纤维纱线与纱线之间的摩擦系数较大,造成纱线退绕条件差,退绕困难,纱线从纱筒上退绕时产生的气圈不稳定,容易造成纱线断头、漏针等故障,从而造成面料织疵。如果在普通圆机上进行织造会造成面料漏针、破洞较多,而且对圆机机件及织针损伤严重,因此需要根据不锈钢纤维的特性定制适合编织不锈钢纤维针织面料的特种圆机。编织过程采用3针道圆机,在试验过程中不断优化,最后确定机号、圆机进纱路数以及织针类型。

不锈钢纤维材料的特性决定了不锈钢纤维的纱线毛羽多、露出端长、延伸率低、脆性大、不易弯曲扭转,因此其成圈困难。若在针织过程中选择过高机号,则不锈钢纤维纱线成圈弧度小,易造成纱线脆断,形成漏针破洞。基于此,首先测量不锈钢纤维纱线的直径,然后依据同等粗细的其他纤维纱线的针织圆机机号来选择不锈钢纤维纱线针织所需机号。91 tex×2不锈钢纤维纱线与普通棉纱线的直径对

表2 不同工艺流程纺制纱线的质量控制指标值

工艺方案	强力/cN	纤维主体长度/mm	质量不匀率/%	纤维损耗/%
毛纺工艺	1 000~1 400	90	12.0	30
棉纺工艺	70~1 000	40	8.0	15
金属纺工艺	≥2 000	100	4.0	10

表3 纺制不锈钢纱线的相关物理指标

检验项目	单线断裂 强力/cN	单线断裂 伸长率/%	线密度 偏差/%	质量不 匀率/%	捻度偏 差/%	捻度不 匀率/%
德国、法国标准要求	≥1 900	≥0.5	±3.0	≤4.0	±5.0	≤8.0
Q/BSY 01—2012《纯金属纤维纱线》标准要求	≥1 900	≥0.5	±3.0	≤4.0	±5.0	≤8.0
91 tex×2 不锈钢纤维纱线	2 230	0.8	+1.6	1.3	-2.7	

比见表4。

表4 91 tex×2 不锈钢纤维纱线与普通纱线的直径对比

纱线种类	直径/mm
91 tex×2 不锈钢纤维纱线	0.18
36 tex(16 ^s)棉纱	0.24
48 tex(12 ^s)棉纱	0.28
56 tex(10 ^s)棉纱	0.31

由表4可知,91 tex×2 不锈钢纤维纱线直径与36 tex 棉纱直径接近,而适用于编织36 tex 棉纱的圆机机号为14~22针/25.4 mm,筒径为762 mm(30"),但是不锈钢纱线毛羽多,机号太密对纱线、机件损伤严重,容易出现断针、漏针,机号太小又达不到克质量需要,综合考虑,将针织圆机的机号定为18针/25.4 mm。经过试织针织面料发现,密度太大,克质量为1 650 g/m²左右,高于1 000 g/m²,最后圆机的机号定为15~18针/25.4 mm,筒径为762 mm。

开始阶段按照圆机常规的进纱路数安排(762 mm 筒径单面针织圆机)96 F,试验后发现由于不锈钢纤维密度大、摩擦系数大,纱线断头严重,织成品卷绕困难,因此织造过程中应降低进纱路数,最后选择48 F喂纱。

不锈钢纤维针织面料的织造工艺流程为:不锈钢纤维纱线→织造→检验→修织→检验→成包。

织造过程中纱线通道为:筒纱→倒纱眼→储纱器→喂导纱器→织针。基本原则是慢车速、少加油、勤清洁、细检验。第1阶段试织过程调整纱架、储纱器、导纱瓷眼、织针的位置,保证纱路畅通;第2阶段试织确定合理的喂纱量和卷绕速率,一般来说,喂纱量大、卷绕速率低易致纱线张力小,最终导致钩针钩不住纱线造成漏针,反之,纱线张力过大,易造成纱线断头严

重;第3阶段试验改进不锈钢纤维针织面料的表面品质,增加面料平整度,加装与纱线退绕同步的导纱装置,保证纱线张力的稳定性,实现针织面料在20 m内无斑点。

4 结束语

不锈钢纤维织物是由不锈钢纤维经特殊纺纱工艺、织造工艺制成的纺织品,可分为纯不锈钢纤维梭织物、纯不锈钢纤维针织物、不锈钢纤维带、不锈钢纤维无纺布及不锈钢纤维混纺织物。不锈钢纤维性能优异,其用途广泛,是高科技领域的新型纤维材料之一,在国际上已有良好的发展,在民用、工业、军事等方面的开发应用前景非常广阔,是推动军民融合创新体系建设过程中的重要技术转化载体。保定三源纺织科技有限公司联合科研院所研发了一条适合不锈钢纤维的纺纱工艺流程,达到了减摩保伸的效果,在多项纺纱及织物织造技术上进行了创新,针对不锈钢纤维纱线接头粗、细节问题,改进空气自动捻接装置,调整退捻、加捻气压,制成的金属纱线接头处直径等于或稍小于原纱线直径,强力可达到原纱的60%以上。

然而,纯不锈钢纤维在纺织品实际成形过程中仍存在一定的缺陷,如纤维弹性及塑性变形小、无卷曲、抱合力差,决定了其纺纱时摩擦系数大、毛羽多、纱线退绕困难,织造过程中成圈困难。因此,纺织品应用领域不断开发出金属化纤维,解决了纯金属纤维织造成圈等难题,然而金属化纤维表面附着金属层易磨损,存在服装面料不耐水洗的难题。必须注意的是,在耐高温产业用纺织品应用领域,必须要求针对包括不锈钢纤维在内的纯金属纤维,对纯金属纤维的纺织成形技术及工艺提出更高的科

技攻关要求,突破纯金属织物生产及技术一直被工业发达国家所垄断的局面,掌握纯金属纤维纺织品生产的核心技术。

参考文献

- [1]奚正平,周廉.金属纤维的发展现状和应用前景[J].稀有金属材料与工程,1998,27(6):317-321.
- [2]张新微,孙世清,梁贺,等.316 不锈钢纤维在硫酸中的腐蚀行为[J].腐蚀与防护,2009,30(4):234-236.
- [3]杨照玲,李建平,奚正平,等.超细不锈钢纤维的制备和性能[J].稀有金属材料与工程,2003,32(9):748-751.
- [4]褚玲,文珊,周洲.含不锈钢纤维针织物影响屏蔽的机理研究[J].针织工业,2011(6):18-19.
- [5]任海舟,黄翔,顾维铨,等.屏蔽纺织品的开发[J].针织工业,2012(2):40-42.
- [6]段亚峰,吴惠英,潘葵.不锈钢纤维及其应用[J].产业用纺织品,2008,26(12):1-7.
- [7]许琳,李维鹏,段亚峰.不锈钢纤维及其功能性纺织品的研究现状与展望[J].毛纺科技,2004(9):56-59.
- [8]文珊.不锈钢纤维织物的屏蔽和服用性能[J].纺织学报,2004,25(6):79-80.
- [9]毋录建,祝锐,张健.不锈钢纤维在防电磁波辐射中的应用[J].针织工业,2000(5):39-40.
- [10]梁兆辉,何晓霞,张增强.不锈钢金属丝功能纺织品及其发展趋势[J].纺织科技进展,2008(2):15-16.
- [11]崔红.不锈钢纤维及其产品开发现状[J].天津纺织科技,2002,40(2):7-13.
- [12]王建永,汤慧萍,朱纪磊,等.孔隙度对烧结不锈钢纤维多孔材料压缩性能的影响[J].粉末冶金技术,2009,27(5):323-326.
- [13]张艳梅,房戈.铁铬铝合金纤维机织物的研发与应用[J].产业用纺织品,2014(5):6-8.

收稿日期 2017年7月18日