

三维多元组合电磁防护织物研究与开发

敬 涛,谢光银*

(西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710000)

摘要:为了解决涂层与金属镀膜不耐揉折、易脱落、不持久问题,利用剪切液均匀分散金属粉,采用层间间隔结构填充所得混悬液,达到了增强织物电磁防护功能的目的。主要原料为涤纶/不锈钢混纺纱,组织结构为三层间隔自身接结,表、中、里经纬纱排列比均为1:1:1。对原试样、充填剪切液试样、充填混悬液试样进行中心频率为2 450 MHz电磁防护性能测试:原样经纬向屏蔽效能分别为55.82、36.75 dB;剪切液对电磁屏蔽性能没有影响;充填混悬液试样经纬向屏蔽效能分别为66.22、40.42 dB。增强了织物的电磁防护功能,解决了涂层带来的困扰。

关键词:多元组合;剪切增稠液;电磁防护织物;不锈钢纤维

中图分类号:TS105.1

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2019)08-0024-04

伴随着电磁移动设备的广泛应用,人们担心会带来很多危害^[1-2],如何减少电磁辐射对人们造成机体与心理的伤害,早已被广泛关注,故出现了众多的防辐射产品。防辐射面料已经具有了轻薄柔软、吸湿透气、无副作用、可水洗、效果持久、服用性越来越好等新的特点^[3]。本文探究了三维多元组合电磁防护织物的开发,采用三维层间交错接结的组织结构,可以将混合体系填充到织物内部,相比采用涂层或镀膜的工艺与织物复合来达到增强防辐射的方法,可以解决涂层与金属镀膜不耐揉折、易脱落、不持久问题。

1 织物设计

1.1 设计构思

根据电磁屏蔽的原理^[4],电磁波在遇到屏蔽材料会发生反射、吸收等多种现象。选择低电阻、高导电具有电磁屏蔽的不锈钢纤维^[5]作为主要的原料,选择自身间隔接结三层组织开发织物,利用含有金属粉的剪切混悬液填充自身间隔接结三层组织织物;测试不同填充物质对其防电磁辐射功能的作用。

1.2 原料选择

底层经纬纱采用56 tex 芳纶包覆高强聚乙烯功能纱,主要是对三层织物起增强的作用,上面两层经纬纱分别采用不锈钢含量为30%和23%的56 tex 涤纶不锈钢混纺纱,表、中、里经纬纱排列比均为1:1:1。

1.3 织物结构

根据产品用途等要求对结构进行设计,间隔型结构三维组织可以通过接结纱的数量及结构的设计来满足织物的要求^[6]。通过注射的方法将剪切增稠液分散到多层织物的间隔空间内,需要考虑到以下几点:

(1)织物在经向和纬向都要形成接结,构造一个封闭的“层间结构”。

(2)考虑到复合后,会呈现出类似中间高,四周低的形态,为了减小这种状态,每两层之间接结相互错开形成层间交错接结结构,其结构模型如图1所示。



图1 层间交错接结结构模型

(3)剪切增稠液为胶体状态,织物的紧度不能太小,以防剪切增稠液渗出。

(4)由于织物经密较大,开口时经纱在机后会出现重叠、交缠、粘结在一起的情况,可以在后梁的前方加装一个分层定位装置,使不同层的经纱在各自的通道内通过,这样经纱在进入综眼之前就已经分层^[7]。

1.4 上机参数

根据产品开发的目的是对织物上机参数进行设计和计算,得到的最终上机工艺参数见表1。

收稿日期:2019-04-26;修回日期:2019-04-30

基金项目:2015陕西省协同创新中心基金(2015ZX-05)

作者简介:敬 涛(1994-),男,四川南充人,硕士研究生,主要从事纺织材料与纺织品设计方面的研究。

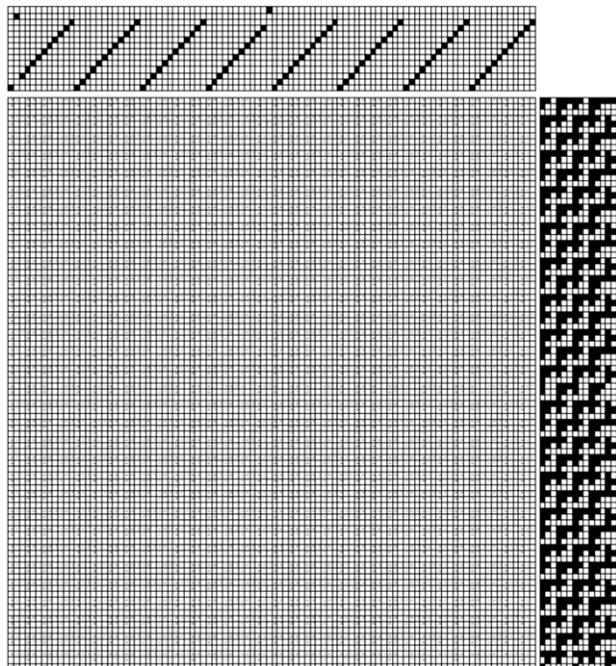
*通信作者:谢光银(1965-),男,教授,硕士,主要研究方向为功能性纺织品,E-mail:xgy164@126.com。

表1 织物上机工艺参数

密度/根·(10 cm) ⁻¹		紧度/%		织缩/%		箱号/齿·(10 cm) ⁻¹	每箱穿入数
经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向		
708	390	64	36	11.4	4.9	116	6

1.5 上机图

图2、图3分别是以平纹为表、中、里层的基础组织,采用下接上接结法形成经向接结,上接下接结法形成纬向接结,表、中、里经纬纱排列比均为1:1:1,最小单位组织循环数为96×96根构作的三层自身间隔接结织物的上机图和经纬向接结纱的剖面图。



注:√—第一层的经组织点;×—第二层的经组织点;○—第三层的经组织点;△—表经纱在中经和里经之上的提升,为经组织点;△—中经纱在里经之上的提升,为经组织点;↑—下接上接结法经纱的提升,为经组织点;↓—上接下接结法经纱的下沉,为纬组织点。

图2 织物上机图

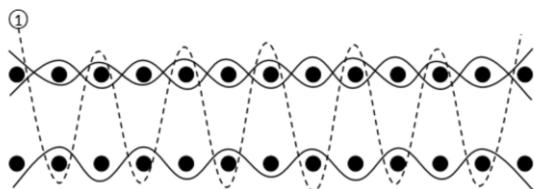
在做纬向剖面图时,采用的是相对的方法,经纱下沉的位置与纬纱上浮是相对的。

2 剪切增稠液与织物复合

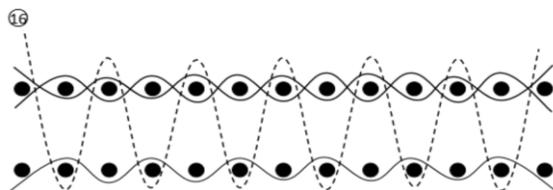
试验所用原料及设备见表2。

配制了3组不同质量分数的剪切增稠液,见表3。往其中加入金属粉的过程中,16%的剪切增稠液状态比较稀,由于金属粉密度比较大,会沉到杯底聚集;金属粉在25%及其28%的剪切增稠液中能够分散开来,不容易沉到杯底,但在25%里的金属粉分散状态更均匀稳定,所以选择把金属粉加到25%的剪切增稠液里。

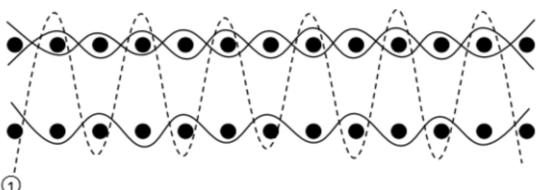
在加金属粉的过程中,选择以金属粉质量分数为1%依次进行递加,同时用玻璃棒对其进行搅拌,在质量分数达到5%时,金属粉就会聚集在一起,最后选择加入3%的质量分数金属粉。



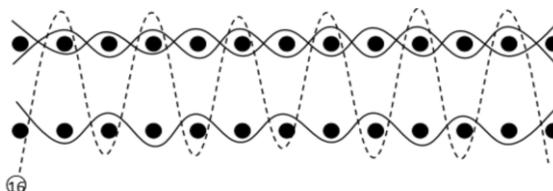
(a) 第一层与第二层经向接结经向剖面



(b) 第二层与第三层经向接结经向剖面



(c) 第一层和第二层纬向接结纬向剖面



(d) 第二层和第三层纬向接结纬向剖面

图3 经、纬向接结剖面

表2 试验原料及设备

试验原料/设备	规格/型号	生产厂家
聚乙二醇(PEG)	分子量为400	天津市光复精细化工研究所
无水乙醇(分析纯)	质量分数≥99.7%	天津市天力化学试剂有限公司
纳米二氧化硅	粒径为30 nm	上海迈坤化工有限公司
电子天平	LT602E(600 g/0.01 g)	常熟市天量仪器有限责任公司
恒温磁力加热搅拌器	CJJ78-1	金坛市大地自动化仪器厂
数控超声波清洗机	KQ5200DE	昆山市超声仪器有限公司
真空恒温干燥箱	DZ-2BC型	天津市泰斯特仪器有限公司
电热鼓风干燥箱	101-1A	天津市泰斯特仪器有限公司

表3 剪切增稠液质量分数及相应质量

组数	SiO ₂ 质量分数/%	SiO ₂ 质量/g	PEG400 质量/g	体系总质量/g
1 [#]	16	1.6	8.4	10
2 [#]	25	2.5	7.5	10
3 [#]	28	2.8	7.2	10

往盛有剪切增稠液的烧杯中加入少量的无水乙醇,对其进行稀释。然后用注射器将剪切增稠液注入到“层间结构”中,将 STF(剪切增稠液)复合织物放入到电热鼓风干燥箱中干燥 1 h 左右,可以加速去除其中的无水乙醇。

对布样做了 3 组不同的处理,分别为:

- (1) 1[#] 布样为原样;
- (2) 2[#] 布样注射剪切液到织物空隙中;
- (3) 3[#] 布样将金属粉混悬液注射到织物空隙中。

3 测试与分析

3.1 性能测试

利用同轴波导—网络分析仪进行电磁屏蔽测试,频段范围为 2.20~2.65 GHz,中心频率为 2.45 GHz,测试的样品大小为 11 cm×6.5 cm。屏蔽效果用屏蔽效能 SE 表示,单位为分贝(dB)。3 块布样的经纬向电磁屏蔽性能测试数据经分析作图 4、图 5。

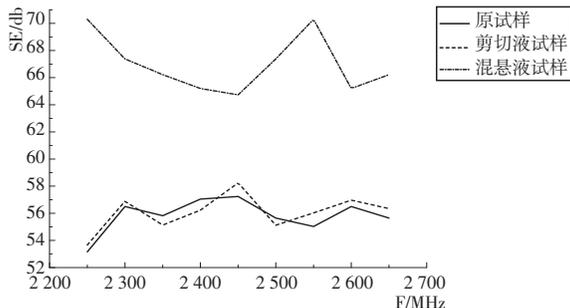


图4 布样经向电磁屏蔽效能

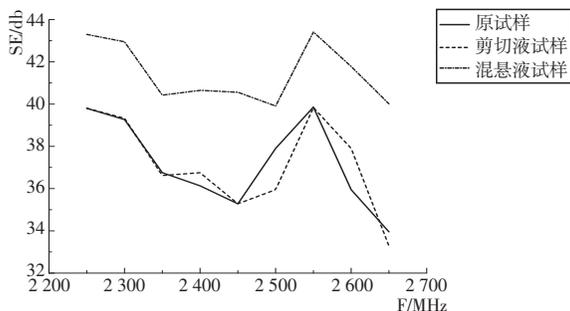


图5 布样纬向电磁屏蔽效能

3.2 数据分析

按照 GB/T 23326—2009《不锈钢纤维与棉涤混纺电磁波屏蔽本色布》^[8] 频率范围在 0.01~3 000 MHz,其评价指标为 $S_{SE} \geq 20$ dB,屏蔽率 $\geq 99\%$ 。

从图 4、图 5 中可以直观得到:

(1) 每一块布样经纬向的电磁屏蔽效果都大于 20 dB,故设计的产品都达到了规定的标准。

(2) 在整个频率范围内,3 块布样都存在一个共同的规律:经向屏蔽效果大于纬向屏蔽效果。造成这种结果有两个原因:其一是纬纱不锈钢含量低于经纱不锈钢含量;其二是织物结构本身决定的,织物经向密度以及紧度都大于纬向的密度和紧度。

(3) 剪切液试样和原试样经纬向的曲线都是基本重合的状态,即 2 块布样的电磁屏蔽效果基本一样。根据电磁屏蔽的基本原理剪切液并不符合低电阻导电材料,故可以得出剪切液对布样的电磁屏蔽性能没有影响。混悬液试样的经纬向曲线都在空白布样的上方,即混悬液试样的电磁屏蔽效果比空白布样大,并且根据电磁屏蔽的基本原理金属粉也是属于低电阻的导电材料,故可以得出混悬液可以增强布样的电磁屏蔽性能。

(4) 原试样产品的电磁屏蔽性能较好,不锈钢纤维具有电磁屏蔽性能是一方面因素,布样采用的是三层自身接结组织,其厚度因此较大,而吸收损耗与材料的厚度、电导率和磁导率有关,所以三层组织布样对于进入材料内部的吸收损耗有较大的提高。

4 结论

(1) 底层经纬纱采用 56 tex 芳纶包覆高强聚乙烯功能纱,表中两层经纬纱分别采用不锈钢含量为 30% 和 23% 的 56 tex 涤纶不锈钢混纺纱。同时利用添加有金属粉的剪切增稠液增强了三维结构织物的电磁防护功能。

(2) 采用自身间隔接结三层组织,三维结构的基本组织采用平纹组织,表、中、里经纬纱的排列比均为 1:1:1,织物经纱密度为 708 根/10 cm,纬纱密度为 390 根/10 cm。

(3) 在频率为 2 450 MHz 时,原试样经纬向的屏蔽效果分别为 55.82 dB 和 36.75 dB;含有剪切液的试样经纬向的屏蔽效果分别为 55.13 dB 和 36.62 dB;含有混悬液的试样经纬向的屏蔽效果分别为 66.22 dB 和

40.42 dB。3块布样都是经向电磁屏蔽性能大于纬向的电磁屏蔽性能;剪切液对布样的电磁屏蔽性能没有影响;剪切液/金属粉末混悬液对布样的电磁屏蔽性能有明显的增强作用。

参考文献:

- [1] HAVAS M. When theory and observation collide: Can non-ionizing radiation cause cancer [J]. *Environmental Pollution*, 2017, 221:501-505.
- [2] 张振鹏. 电磁辐射来源、对人体的危害及其防护措施[J]. *科技视界*, 2014, (30):152.
- [3] 乔辉, 沈忠安, 孙显康, 等. 功能性服装面料研究进展

- [J]. *江南大学学报(自然科学版)*, 2016, (2):127-132.
- [4] 夏善杰, 王晓峰, 刘子川. 电离室回路故障分析[J]. *设备管理与维修*, 2017, (8):92-94.
- [5] 闫鑫鑫, 谢春萍, 刘新金, 等. 不锈钢纤维机织物的电磁屏蔽及力学性能[J]. *丝绸*, 2018, 55(8):29-34.
- [6] 沈兰萍, 白燕, 陈益人. 织物组织与设计[M]. 北京:化学工业出版社, 2014.
- [7] 刘亚芳, 杨旭红. 多层接结三维机织物的结构设计和织造工艺探讨[J]. *国外丝绸*, 2009, 24(3):38-40.
- [8] 不锈钢纤维与棉涤混纺电磁波屏蔽本色布: GB/T 23326-2009[S]. 北京: 全国纺织品标准化技术委员会, 2010.

Research and Development of Three-dimensional Multi-component Electromagnetic Protective Fabric

JING Tao, XIE Guang-yin*

(School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710000, China)

Abstract: In order to solve the problem that the coating and the metal coating were not resistant to collapse, easy to fall off, and not persistent, the metal powder was uniformly dispersed with the shearing liquid, and the obtained suspension was filled by the inter-layer spacing structure to enhance the electromagnetic protection function of the fabric. The main raw material was polyester/stainless steel blended yarn. The structure was three-layer interval self-bonding. The warp and weft yarn arrangement ratio of surface, middle and inner layer was 1 : 1 : 1. The original sample, the filled shear liquid sample, and the filled suspension sample were tested for electromagnetic protection at a center frequency of 2 450 MHz: the latitude and longitude shielding effectiveness of original sample was 55.82 dB and 36.75 dB, respectively. The shearing liquid had no effect on the electromagnetic shielding performance. The longitudinal and latitudinal shielding effectiveness of filled suspension samples was 66.22 dB and 40.42 dB, respectively. The electromagnetic protection function of the fabric was enhanced, and the trouble caused by the coating was solved.

Key words: multi-component; shear thickening fluid; electromagnetic protective fabric; stainless steel fiber

染料扩散剂生产实现绿色脱盐

由北京化工大学和安阳师范学院联合开发的萘衍生物磺酸盐甲醛缩合物循环萃取脱盐工艺研制成功。目前,该工艺已在河南一家助剂企业进行了 5 m³ 萃取釜中试,工艺运行稳定,产品质量达标,具备产业化条件。该工艺彻底解决了传统工艺由于使用石灰产生大量硫酸钙废渣的行业弊病,实现了工艺废水循环利用、零排放。

新工艺采用全封闭绿色萃取方案,简单通过调整体系 pH 值,利用不同酸度下萘磺酸(盐)在有机相和水相的溶解性能,实现了硫酸盐与磺酸盐的分离,流失至水相的少量有机相经废水和干燥脱水循环利用后全部返回萃取体系。该工艺过程为全封闭体系,无“三废”排放,无需补充有机相,多余硫酸形成副产硫酸钠,

产品萘磺酸甲醛缩合物中的硫酸钠含量达到 1% 以下。

分散染料、活性染料等染料用 MF、NNO 扩散剂,以及农药、电镀等行业用的 NNO 分散剂,其化学成分均为萘或其衍生物磺酸盐甲醛缩合物,工业上是由萘及其衍生物经过硫酸或发烟硫酸磺化、甲醛缩合、中和、石灰脱盐、干燥等工序生产。由于磺化过程需要使用过量硫酸,为使产品中的硫酸钠符合应用标准,工艺过程必须采用石灰去除多余硫酸,由此产生大量硫酸钙废渣。传统处置硫酸钙废渣的方法是直接支付一定费用转给水泥企业,由于废渣中含有微量有机物,被认定为固体危废,新《固废法》的实施禁止了这种处置行为。

(来源:中国化工报)