

磁性纤维及磁性纺织品的研究现状

苏 静¹, 李昌龄¹, 阚建兴², 周建平², 华 东², 王鸿博¹

(1. 江南大学 纺织科学与工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏纺织研究所股份有限公司, 江苏 无锡 214024)

摘 要:磁性纤维作为一种功能纤维,其相应的纺织产品具有磁疗效果,可调节人体生理功能,缓解和治疗多种疾病。详细阐述磁性纤维的制备方法,概括总结磁性纺织品的开发及应用现状。分析影响磁性纺织品表面磁场强度测试的因素(检测仪器以及检测环境等);对磁性纺织品表面磁性能的检测、评价及相关标准进行比较。可以预见,磁性纺织品将在医疗保健和健康产业等领域发挥重要作用。

关键词:磁性纤维;磁性纺织品;制备方法;性能评价

中图分类号:TS 102.1;TS 941.73 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2020)05-0382-05

Recent Development of Magnetic Fiber and Magnetic Textiles

SU Jing¹, LI Changling¹, KAN Jianxing², ZHOU Jianping², HUA Dong², WANG Hongbo¹

(1. College of Textile Science and Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jiangsu Textile Research Institute INC., Wuxi 214024, China)

Abstract: Magnetic textiles can regulate the physiological function of human body as a kind of functional textiles, they also show a positive function to relieve and treat many diseases. In this study, the production methods of magnetic fibers and the health effects of magnetic textiles were discussed and summarized. Besides, the evaluation status of the surface magnetic properties of magnetic textiles was analyzed, and the influence of magnetic field intensity testing instruments and testing environment on the surface magnetic field intensity of magnetic textiles was reviewed. It could be predicted that magnetic textiles would play very important role in the health care area and health industry.

Key words: magnetic fiber, magnetic textile, manufacture method, performance evaluation

人类生活与磁息息相关。大量的实验研究表明,磁场作用于人体时,可通过神经、体液系统发生电荷、电位、分子结构等变化,引发系列生物学效应,影响人体的生理活动,调节机体功能,产生保健和治疗作用^[1-2]。根据临床资料分析,磁疗法能够产生镇痛、镇静、消炎、消肿等作用,因而可用于治疗内外科疾病、眼科疾病及一些罕见病等。磁疗法作为一种物理疗法,具有适应性广、安全性高以及治疗效果显著等特点,目前已在临床中广泛使用^[3]。

近年来,纺织领域中各类新型纤维的相继开发

为功能纺织品提供了新的发展空间。磁性纤维的开发是根据人体健康需求,将磁性材料与纺织、物理等学科有机结合,磁性纤维是一种利用人体微磁体研发出的新型功能纤维,它的出现为磁性纺织品的开发奠定了基础。相比于开发成熟的远红外纤维等保健性纤维,磁性纤维的发展仍处于探索阶段。现有的磁性纤维,根据纤维的材质可分为金属磁性纤维、有机磁性纤维和无机磁性纤维;根据纤维的应用领域可分为服用磁性纤维、装饰用磁性纤维以及产业用磁性纤维。磁疗具有保健功能,应用在纺织领域的磁性纤维顺应了人们对健康理疗的

收稿日期:2019-09-28; 修订日期:2020-01-05。

基金项目:生态纺织教育部重点实验室-中央高校基本科研业务费专项资金项目(JUSRP52007A)。

作者简介:苏 静(1991—),女,副教授,博士。主要研究方向为纺织品改性及功能化。Email:sujing@jiangnan.edu.cn

需求,在医疗保健等领域发挥了重要的作用^[3-6]。目前,磁性纺织品主要通过磁性纤维织造或将织物进行特定后整理得到。磁性纺织品旨在将磁疗与纺织品结合,在服用过程中调节人体机能,实现其保健功能^[7]。

文中围绕磁性纤维的制备、磁性纺织品的开发,以及磁性纺织品的检测和评价等方向展开讨论,并对磁性纤维以及磁性纺织品的研究现状进行概括总结。

1 磁性纤维的制备方法

1.1 共混纺丝法

共混纺丝法是将粒径小于 1 μm 的磁性物质微粒或者纳米磁粉混入纺丝熔体或者纺丝原液中,经熔融纺丝或湿法纺丝制成磁性纤维。采用上述方法制备的磁性纤维性能主要与磁性微粒的性质有关,通常粒径稍大的磁性能较好。RUBACHA M 等^[8]制备了一种磁性 Lyocell 纤维,其生产流程如图 1 所示。只需要将磁性微粒在高温高压下溶解至纺丝液中,再经湿法纺丝便可得到带有磁性的纤维,制备得到的磁性纤维表面形态如图 2 所示。由于纤维表面和内部均分散着磁性微粒,这些磁性微粒则可赋予纤维磁性功能。

通过共混纺丝法制备的磁性纤维在使用过程中能够较大程度地保持其磁性,不会轻易随洗涤、揉搓等外力作用而消失。然而,掺入磁性微粒的量如果过多,则会使纤维强力下降,因此采用共混纺丝法制备磁性纤维时应严格控制磁性微粒的添加量。

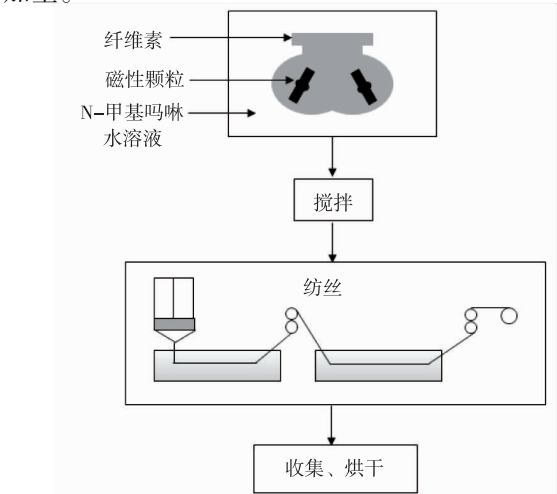


图 1 共混纺丝法制备磁性纤维

Fig. 1 Preparation of magnetic fibers through blend spinning method

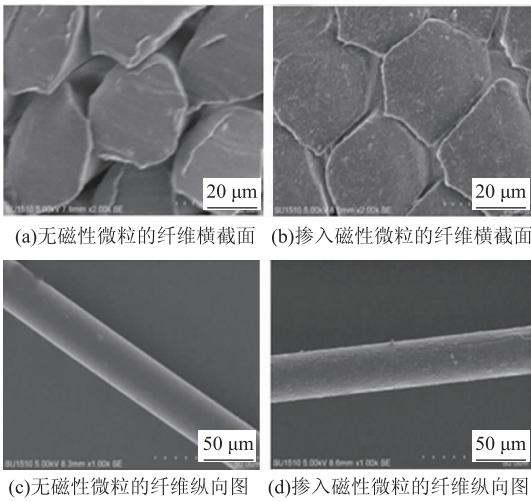


图 2 磁纤维的纵向和横截面图

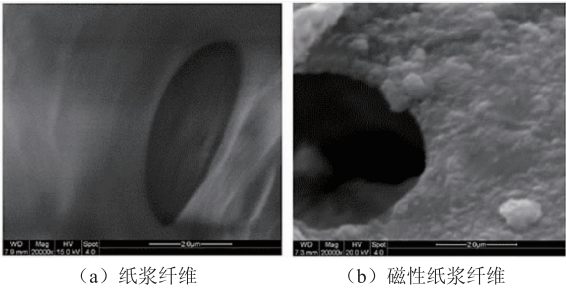
Fig. 2 SEM images of magnetic fibers from portrait and landscape orientation

1.2 后整理法

后整理法可以简单概括为在纤维上进行一些物理或化学的处理。其中:物理整理包括浸渍、涂层、电镀等方法;化学整理包括对纤维进行改性后再添加磁性微粒等。

BILIUTA G 等^[9]使用四甲基哌啶氮氧化物(TEMPO)改性处理黏胶纤维,得到含有羧基的黏胶纤维,以此为基材制得带有氧化铁的磁性纤维。贾亚茹等^[10]采用原位复合法在棉纤维表面沉积磁性氧化铁纳米粒子,制得磁性纤维。李海峰^[11]采用化学共沉淀法和沉淀氧化法两种原位复合法制得磁性纸浆纤维,再利用造纸工艺得到磁性纸张,纸浆纤维的 SEM 如图 3 所示。由图 3 可以看出,在纸浆纤维的内腔中明显附着了磁性微粒。

后整理法制备磁性纤维可操作性强,可通过调整处理时间、温度等条件控制整理程度。一般而言,后整理法多局限于纤维的表面改性,因此对纤维自身性能影响较小。通过后整理法得到磁性纤维的磁性微粒多附着于纤维表面,因而在后续的使用过程中,磁性微粒可能会发生脱落,导致纤维的磁性随着使用或洗涤次数的增加而减弱^[12]。



(a) 纸浆纤维 (b) 磁性纸浆纤维

图 3 纸浆纤维和磁性纸浆纤维的 SEM 图

Fig. 3 SEM images of paper fibers

2 磁性纺织品的开发及应用

磁性纺织品是一类具有一定磁性的功能纺织品。通常,磁性纺织品可采用具有磁性的纤维织造而成,也可通过对纺织品进行后整理制得。目前,国内外对磁性纺织品的研究主要包括新型磁性纺织品的开发和功能探索,以及磁性纺织品产生的磁场对人体机能的影响。

相关研究表明,磁性纤维或磁性纺织品所产生的磁场可引起人体神经、心血管、血液、皮肤等一系列的反应^[13-14]。但对人体有益的磁场为弱磁场,过强的磁场会对人类健康造成威胁,因而在开发磁性纺织品时应考虑人体自身的生物磁场以及纺织品产生的外加磁场,磁感应强度不宜过高,合适的外加磁感应强度可对人体磁场进行调节,达到保健或治疗作用。

磁性纺织品产生的弱磁场还能够对细胞产生修复作用,促进细胞代谢、活化细胞、调节内分泌。这些弱磁场可以对体内的水分子产生磁化作用,利于组织渗出液的吸收和消散^[15],JORDAN A 等^[16]和宋超^[17]研究发现,磁流体热疗对人体的肿瘤细胞具有抑制作用。HUANG C 等^[18]通过静电纺丝法得到带有氧化铁微粒的聚苯乙烯磁纤维,采用该磁纤维的热疗对 SKOV-3 癌细胞进行处理,结果显示在不损伤纤维形态的前提下,该纤维能够在温水浴或交替式磁场环境下杀死癌细胞。

此外,磁性纺织品还对颈椎病、关节炎等疾病具有正向的物理辅助治疗效果。目前已开发出许多无副作用的磁性纺织品,如磁性保健袜、磁性帽、磁性护膝产品和磁性床上用品等,均可用于理疗。其中已广泛使用的磁性保健袜,主要是将磁石粉添加至纺织纤维中,利用磁疗和远红外技术,对足底关键部位进行理疗,通过接触按摩作用加速人体血液循环,增强人体磁场,从而起到保健的效果。以上这些磁性纺织产品,不仅具有良好的保健功效,同时具有较好的穿戴舒适度和美观度。此外,磁性纺织品经过整理后,还可制成防辐射的工作服或者防护罩,在一定程度上具有电磁屏蔽功能,可降低辐射对人体的威胁。磁性纺织品的开发与应用将进一步满足人们健康与保健的需求,因而开发拥有良好保健效果的磁性纺织品有着较好的发展前景。

3 磁性纺织品的检测和评价

磁性强度是评价磁性纺织品的主要指标之一。理论上磁性强度为织物上磁性微粒磁化强度的总

和,然而磁性微粒数量很难确定,故织物磁性的强弱可用织物表面的磁感应强度表示。磁性织物表面磁感应强度通常很低(约为 0.03 mT),小于普通的高斯计和特斯拉计测量范围,因此磁性织物表面磁感应强度难以测量。

目前,针对磁性纺织品的检测标准有 CAS 115—2005《保健功能纺织品》和 FZ/T 01116—2012《纺织品磁性能的检测和评价》等^[19]。CAS 115—2005 对磁性纺织品的要求为:磁感应强度应为 40 ~ 110 mT;用于眼周的磁性纺织品磁感应强度低于 70 mT;磁体的数量级分布应科学合理,但对磁场数量和分布情况未进行具体量化。FZ/T 01116—2012 对织物的磁性评判标准则不同,其认为当磁感应强度在 0.02 ~ 0.10 mT 范围,织物即具有磁性,但该标准中未涉及保健方面的评定^[19]。

由于磁性织物中的磁性微粒分布不均匀,使织物表面不同部位的磁感应强度有差异,导致测试结果具有较大的分散性,这给磁性织物磁感应强度的测量带来一定困难。现有的关于磁性纺织品表面磁感应强度的测量和评价研究中,杨春梅^[20]开发出一套磁性织物磁感应强度测试系统,在系统中内置放大器,用磁头感应法测量了磁性较弱、分布不均匀的磁性针织物表面磁感应强度,结果表明该弱磁分析仪的分辨率可达 0.003 mT;刘飞飞等^[21-22]采用多种特斯拉计对霍尔探头进行改进,以减小测量时对位误差,同时对试样数量、测试点数量等因素进行分析;于高杰^[12]的研究表明,按照 0.5 点/cm² 的密度取点测量可以代表整体表面磁性能,其平均值可以表示织物表面的磁感应强度。

此外,周边环境也会对织物磁性测试结果产生影响。文献[21-22]分析了温度、湿度及环境磁场等因素对磁性纺织品磁感应强度的影响。实验结果表明:同一织物表面磁感应强度随温度的变化改变较小;同一织物湿态条件下磁感应强度大于干态下的。说明可能是纤维吸湿后产生溶胀,磁粉在织物内部与表面的分布状态发生改变,从而引起纤维表面磁场强度的变化^[21-22]。同时,环境周围的强磁场、大风等因素也会影响测试结果。

最新研究表明,除了常规测量方法,对磁性纺织品的检测还可通过电镜-能谱联合测试法^[23-24]。此方法适用于研究者已知的具有磁性的纤维或纺织品,可通过扫描电镜观察纤维表面或截面形貌,确认是否含有磁性微粒,再结合能谱仪测定磁性微粒的含量,采用该方法对纺织品磁性检测结果如图 4 所示^[23]。由图 4 可以看出,当掺入磁性微粒时,

能谱仪可测得铁微粒的存在,并给出具体含量。但纤维本身的杂质可能对测试结果产生干扰,因此此方法也有一定局限性。此外,当采用此方法测量磁性时,应对纤维进行消磁处理,避免磁性纤维对电镜设备产生干扰。

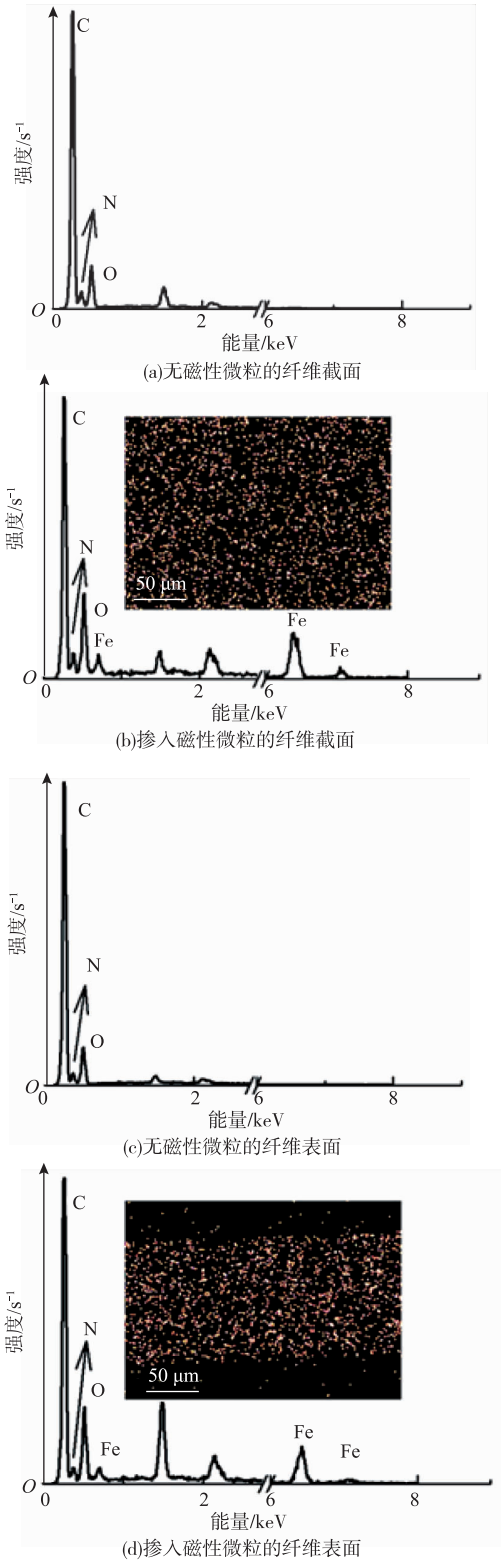


图 4 磁性纤维的截面和表面的元素分析
Fig.4 SEM images of fibers (landscape orientation) and EDS element analysis

4 结 语

目前对磁性纤维的研究逐渐增多,但仍有许多理论和实际问题需要解决。磁性纺织品作为功能性纺织品可与医疗保健行业相结合,拥有广阔的发展前景。但关于磁性纺织品的检测与评价尚未统一,为完善磁性纺织品的开发与应用,应逐步建立统一的测试方法和评价机制,规范市场。为适应多种需求,可尝试将磁性纺织品与抗菌等其他功能有机结合,同时还可改善磁性纺织品服用性能,提升其舒适性能,以满足市场对医疗保健纺织品的更高需求。

参考文献:

[1] 葛本伟, 郭世先, 葛森. 地球磁场与人体健康[J]. 国外医学(医学地理分册), 2005, 26(1): 39- 42.
GE Benwei, GUO Shixian, GE Miao. Terrestrial magnetic field and human health [J]. Foreign Medical Sciences (Section of Medgeography), 2005, 26(1): 39- 42. (in Chinese)

[2] 阴云如, 李晟. 磁场、运动与人体健康的关系探析[J]. 中国科技信息, 2009(1): 172-173.
YIN Yunru, LI Cheng. Study on the relationship of magnetic field, sports and human health [J]. China Science and Technology Information, 2009(1): 172-173. (in Chinese)

[3] 金和俊, 冯春燕, 张春红. 磁疗的研究现状[J]. 医学综述, 2008, 14(18): 2832-2834.
JIN Hejun, FENG Chunyan, ZHANG Chunhong. Current situation of the study on magnetotherapy [J]. Medical Recapitulate, 2008, 14(18): 2832-2834. (in Chinese)

[4] 黄次沛. 磁性功能纤维[J]. 新材料产业, 2000, 29(7): 61- 63.
HUANG Cipei. Current situation of the study on magnetotherapy[J]. Advanced Materials Industry, 2000, 29(7): 61- 63. (in Chinese)

[5] 张博亚, 张如全. 纺织品磁性整理的研究进展[J]. 纺织导报, 2017(3): 64- 66.
ZHANG Boya, ZHANG Ruquan. Research and development of magnetic finishing of textiles [J]. China Textile Leader, 2017(3): 64- 66. (in Chinese)

[6] 于俊林, 齐鲁. 磁性纤维的研究[J]. 纺织科学研究, 2006(4): 24-29.
YU Junlin, QI Lu. Study of magnetic fiber [J]. Textile Science Research, 2006(4): 24-29. (in Chinese)

[7] 普丹丹. 磁疗功能保健纺织品及其开发现状[J]. 纺织科技进展, 2011(3): 33-35.
PU Dandan. The development of functional magnetic

- health-care textiles[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2011(3): 33-35. (in Chinese)
- [8] RUBACHA M, ZIBA J. Magnetic textile elements[J]. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 2006, 14(5): 49-53.
- [9] BILIUTA G, COSERI S. Magnetic cellulosic materials based on TEMPO-oxidized viscose fibers[J]. Cellulose, 2016, 23(6): 3407-3415.
- [10] 贾亚茹, 张钦, 蔡玉荣. 原位复合法制备磁性纤维素纤维及其性能研究[J]. 纤维素科学与技术, 2014, 22(4): 60-64.
- JIA Yaru, ZHANG Qin, CAI Yurong. Preparation and property of magnetic cellulose fiber via in-situ deposition process[J]. Journal of Cellulose Science and Technology, 2014, 22(4): 60-64. (in Chinese)
- [11] 李海峰. 原位复合法磁性纸张的制备及磁性能研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [12] 于高杰. 磁保健织物表面磁性测试与评价研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2013.
- [13] 勤宝. 磁性纤维在纺织上的应用[J]. 纺织装饰科技, 2009(1): 29.
- QIN Bao. Application of magnetic fiber on textiles[J]. Textile Decoration Technology, 2009(1): 29. (in Chinese)
- [14] 赵玉峰. 磁场与健康[J]. 中国安全生产科学技术, 1990(3): 61-64.
- ZHAO Yufeng. Magnetic field and health[J]. Journal of Safety Science and Technology, 1990(3): 61-64. (in Chinese)
- [15] 李刚. 磁与生活和健康[J]. 中国市场, 2008(9): 128-129.
- LI Gang. Relationship between magnetic and life and health[J]. China Market, 2008(9): 128-129. (in Chinese)
- [16] JORDAN A, SCHOLZ R, MAIER-HAUFF K, et al. Presentation of a new magnetic field therapy system for the treatment of human solid tumors with magnetic fluid hyperthermia[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2001, 225(1-2): 118-126.
- [17] 宋超. 静电纺丝技术在磁热疗及雾霾过滤方面的应用[D]. 青岛: 青岛大学, 2019.
- [18] HUANG C, SOENEN S J, REJMAN J, et al. Magnetic electrospun fibers for cancer therapy[J]. Advanced Functional Materials, 2012, 22(12): 2479-2486.
- [19] 吴非非. 磁保健服装的磁场分布研究及设计实践[D]. 苏州: 苏州大学, 2014.
- [20] 杨春梅. 磁性针织物表面磁感应强度测量[C]//2007 全国电磁计量大会. 桂林: 中国计量测试学会, 2007.
- [21] 刘飞飞, 郑宇英. 纺织品微磁场性能检测和评价方法研究[J]. 纺织标准与质量, 2010(6): 21-24.
- LIU Feifei, ZHENG Yuying. Research on testing and evaluating methods of textile micromagnetic field performance[J]. Textile Testing and Standard, 2010(6): 21-24. (in Chinese)
- [22] 刘飞飞, 郑宇英. 磁性织物表面磁感应强度测量装置的研究[C]//2012 全国服装及纺织面料质量控制论坛. 苏州: 中国纺织工程学会, 2012.
- [23] 李昌龄, 王文聪, 华东, 等. 锦纶基磁性纤维的制备及其性能[J]. 纺织学报, 2019, 40(11): 26-31, 37.
- LI Changling, WANG Wencong, HUA Dong, et al. Preparation and properties of polyamide-based magnetic fibers[J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(11): 26-31, 37. (in Chinese)
- [24] 潘军强, 姚金波, 赵贺春, 等. 有机磁性纤维的制备及检测方法[J]. 检测科技, 2014(1): 76-79.
- PAN Junqiang, YAO Jinbo, ZHAO Hechun, et al. The preparation and testing methods of organic magnetic fiber[J]. China Fiber Inspection, 2014(1): 76-79. (in Chinese)

(责任编辑: 邢宝妹)