

发热蓄热保暖舒适性纺织品的制备与性能研究

张倩,王卓,刘畅,王小虎,李其安,魏取福*

(江南大学 纺织服装学院,江苏 无锡 214122)

摘要:吸湿发热材料和相变微胶囊是当今发热蓄热调温纺织品研究的重要方向,将相变微胶囊涂覆到吸湿发热面料上制得调温复合面料,对其调温性能(热学性能、吸湿发热性能、升降温性能、带液率、表面形态)和服用性能(透气性、耐水洗性)做了测试研究。结果表明:随着微胶囊浓度和交联剂浓度的增加,复合面料的调温性能逐渐增强,服用性能略微下降,推测其机理可能为相变微胶囊吸收吸湿发热面料产生的热量达到调温效果。

关键词:发热蓄热;吸湿发热;相变调温;复合面料

中图分类号:TS195.6

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2019)08-0020-04

御寒保暖是衡量冬季服装人体舒适性的重要指标,服装的保暖方式一般分为被动式保暖和积极式保暖。被动式保暖服装依靠静止空气层达到保暖效果,外形臃肿且活动不便,无法满足现代人们对服装美观性和舒适性的要求。因此,通过引入外界的发热元素,自主产生热量保暖的积极式保暖材料成为当今开发热点,可利用的方法主要有吸湿发热机理、相变微胶囊以及太阳能、电能、化学能的转化等^[1]。

国内外在吸湿发热机理和相变微胶囊两方面的发热蓄热研究较多,在吸湿发热面料方面,日本多家公司分别研发了“EKS”纤维、Thermogear 纤维、Renaissu 纤维等吸湿发热纤维^[2];朱艺超通过聚酯原料合成咖啡炭聚酯制备出吸湿发热面料^[3];周用民等研究出采用吸湿发热新型原料,直接制备出吸湿发热针织面料^[4]。在相变微胶囊方面,日本有公司推出一种包覆温度调节蛋白质粉末薄膜的温度调节材料^[5];天津工业大学功能纤维研究所研发了用于飞行服、运动服的耐高温相变材料微胶囊^[6]。但目前对于协同发挥两者作用、更有效地发热蓄热的研究却比较少,机理探究更少,本文通过将以十八烷为芯材、合成聚脲为壳材的相变微胶囊涂覆到改性腈纶吸湿发热面料上制备了复合面料,并对其调温性能和服用性能做了测试研究,得到了两者协同作用所产生的效果。

1 试验部分

收稿日期:2019-04-23;修回日期:2019-05-08

基金项目:2018年江南大学校级大学生创新训练计划项目(2018231Y)

作者简介:张倩(1999-),女,本科在读,研究方向为纺织工程。

*通信作者:魏取福,博士,教授,主要研究方向为聚合物纳米纤维功能材料,E-mail:qfwei@jiangnan.edu.cn。

1.1 主要材料与仪器

材料 改性腈纶面料(由深圳市威丰纺织有限公司提供的东洋纺腈纶纱线面料,商标名极衣,0.5 dtex超细型丙烯腈纶织制的1+1罗纹针织产品)、相变微胶囊、交联剂(AF3200)、乳化剂(OP-10)、皂片。

仪器 AL204 电子天平(瑞士梅特勒-托利多);101A-1B 电热鼓风干燥箱(上海安亭科学仪器有限公司);KH-300DB 型数控超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司);DSC-Q200 差示扫描量热仪(沃特世科技上海有限公司);型号为 Su1510 的扫描电子显微镜 SEM(日本日立公司);HWS-250 恒温恒湿培养箱;YG461E-II 型织物透气仪;SW-24G 耐洗色牢度试验机;温湿度测试仪;P-BO 轧压机。

1.2 微胶囊的制备

以复合石蜡、TDI、环己烷溶剂、OP-10 试剂为原料制得 W/O 乳液,加入 EDA 水溶液后再加入氢氧化钠调节 pH 值为 9,在 60~80 °C 恒温水浴中搅拌反应 2 h,经蒸馏水洗涤、抽滤、干燥,得到相变微胶囊^[7]。

1.3 复合面料的制备

将吸湿发热面料剪成 4 份 35 cm×30 cm 的试样,分别以微胶囊:交联剂(AF3200):水=10:0:0、微胶囊:交联剂(AF3200):水=8:2:0、微胶囊:交联剂(AF3200):水=7:2:1、微胶囊:交联剂(AF3200):水=6:2:2 四种配比,通过超声波仪搅拌均匀,制得 4 种所需浸轧原液。在 P-BO 轧压机上经三浸三轧工艺,将浸轧原液涂敷在吸湿发热面料上,后放置于 80 °C 烘箱预烘 1 h,再将烘箱调制 140 °C 烘烤 2 min,获得 4 种吸湿发热面料和相变微胶囊结合的复合面料。

2 测试与表征

2.1 调温性能

2.1.1 带液率测试

利用天平和烘箱分别称取整理前和整理后的织物干重,代入公式(1)进行计算。

$$\text{织物带液率}(\%) = \frac{\text{整理后织物干重} - \text{整理前织物干重}}{\text{整理前织物干重}} \times 100 \quad (1)$$

2.1.2 差示扫描量热法(DSC)测试

采用 TAQ-200 差示扫描量热仪对复合调温面料的熔化峰和结晶峰进行测试,分析其熔化焓值和结晶焓值,得出调温热学性能。温度区间 $-10 \sim 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$,升温速率 $2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

2.1.3 表面形貌观察

采用 Su1510 的扫描电子显微镜(SEM)观察复合调温面料的表面形貌,因本样品无导电性,需在扫描前进行喷金处理,降低表面放电效应,再通过导电胶粘附于样品台。

2.1.4 吸湿发热性能测试

采用 HWS-250 恒温恒湿培养箱和温湿度测试仪测量复合调温面料的吸湿发热性能。剪取 $6 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 的试样2张,将织物正面叠合在一起,在正下方中间部分缝合一个 $8.5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 8.5 \text{ cm}$ 的三面封闭口袋,供后续温湿度测试仪的传感器放入。

将试样布烘干至2次测量质量差小于1%,再把烘干样布放置在密封瓶内,置于恒温恒湿箱平衡 $1 \sim 2 \text{ h}$,打开密封瓶将温湿度测试仪放在样布口袋内,每隔 1 min 记录温度、湿度数据,直至温度不再变化。恒温恒湿箱相对湿度为 $90\% \text{ RH}$,温度为 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$,温湿度测试仪测量范围为 $-25 \sim 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$,间隔时间 20 s 。

2.1.5 升温与降温测试

采用温湿度测试仪、水浴锅和烘箱对复合调温面料在 $20 \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度区间内的升降温速度变化进行测试。

将所制试样放入 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴锅中,插入温度传感器,待其温度保持恒定后开始测试。设置烘箱稳定 $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温,当烘箱升温至 $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,将水浴锅中的试样快速转移到烘箱中,每隔 20 s 记录一个数据直至数据不再发生变化。高温测试结束后,不拿出测试样中的传感器,直接将测试样从 $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中快速转移到 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水浴锅环境中,每隔 20 s 记录一个数据直至数据不再发生变化。

2.2 服用性能

2.2.1 透气性测试

采用 YG461E-II 型织物透气仪对复合调温面料的透气性进行测试,测试压差为 100 Pa ,测试面积为 20 cm^2 。

2.2.2 耐水洗测试

采用 SW-24G 耐洗色牢度试验机,将烘干后的试样与皂片重量比为 $10:1$ 投入水洗杯中,测试温度为 $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$,每次水洗时间为 15 min ,将所得数据代入公式(2)计算。

$$\text{织物耐水洗性}(\%) = \frac{\text{水洗后织物干重}}{\text{水洗前织物干重}} \times 100 \quad (2)$$

3 结果与讨论

3.1 调温性能分析

3.1.1 带液率测试

4块试验样布的带液率见表1。

表1 试验样布的带液率

样布	1#	2#	3#	4#
微胶囊比例/%	100	80	70	60
AF3200比例/%	0	20	20	20
水比例/%	0	0	10	20
溶剂质量/g	50	50	50	50
原布干重/g	12.26	17.41	16.56	20.51
样布干重/g	13.61	19.15	18.13	21.95
带液率/%	11.04	10.00	9.52	6.92

由表1数据可知微胶囊所占比例越大,带液率越高,粘附程度越高。

3.1.2 差示扫描量热法(DSC)测试

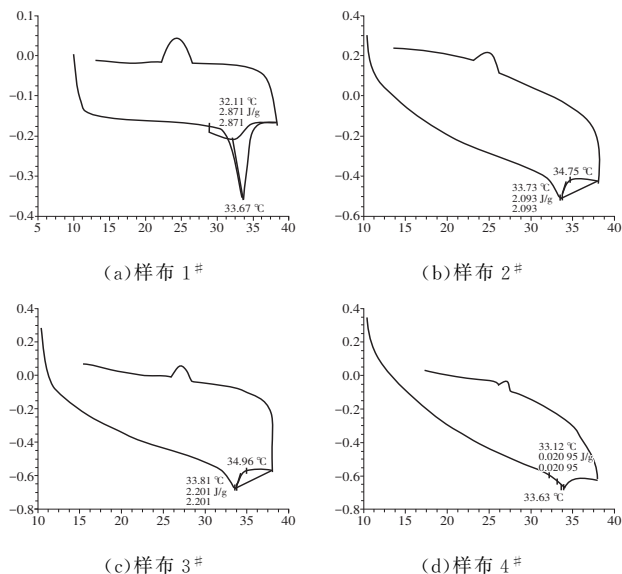


图1 样布 DSC 曲线图

调温织物的 DSC 曲线图(图 1)出现了明显的熔化峰和结晶峰,据此可判断试样织物在 $-10\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,能随外界温度变化主动与外界交换能量^[8]。由图 1 可知,相变调温织物的熔化峰温度在 $33.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,结晶峰温度在 $24.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。通过织物试样的对比可以看出,样布 1[#] 的熔化焓值和结晶焓值高出其他 3 种织物试样,分别为 2.871 J/g 和 4.351 J/g ,因此其调温效应优于其他 3 种织物试样。普通织物并无明显的吸放热峰,因而不作调温效应比较。综上,相变微胶囊整理剂浓度越高,相变调温织物的调温效果越高,但调温效果提高的效果逐渐变缓。

3.1.3 扫描电子显微镜(SEM)测试

经扫描电子显微镜放大 5 000 倍的织物试样表面如图 2 所示。

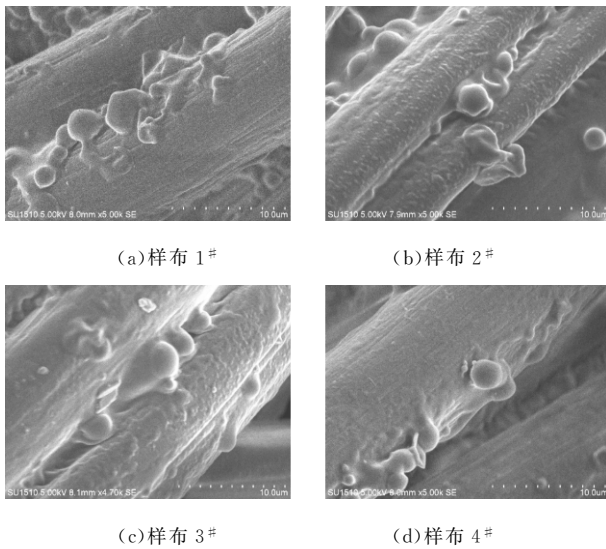


图 2 样布 SEM 图

图 2(a)所示为 100%浓度的微胶囊处理后的织物样布 1[#],可以看出纤维表面较光滑,且微胶囊大部分存在于纤维缝隙中,而粘附于纤维表面的较少;图 2(b)为 20%浓度的微胶囊和 20%浓度的交联剂处理后的织物样布 2[#],其中有较多的微胶囊粘附于纤维表面;图 2(c)所示为 70%浓度的微胶囊,20%浓度的交联剂和 10%浓度的水处理后的织物样布 3[#],微胶囊的粘附程度略差于样品 2[#];图 2(d)为 60%浓度的微胶囊,20%浓度的交联剂和 20%浓度的水处理后的织物样布 4[#],微胶囊的粘附程度最差。这些现象说明经过相变微胶囊与交联剂共同作用整理后,微胶囊能够更有效地附着在织物上使得织物具有调温效果,且在微胶囊浓度相同的情况下,交联剂的浓度越高,保温性能

越好。

3.1.4 吸湿发热性能测试

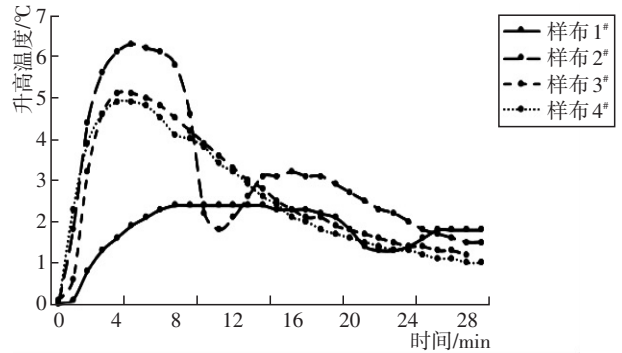


图 3 时间与升高温度关系

分析吸湿发热试验数据(图 3)可得结论:

(1)随时间增加,样布升高温度越来越小,升温速度也逐渐缓慢。

(2)加入交联剂后,样布温度升高更为明显,升温时间和升温速度也有所增加。

(3)相变微胶囊含量为 80%时,样布温度升高最为显著,样布温度升高时间最长,随外界温度变化作用效果最好,一定程度上实现了温度可调节。

(4)原布随温度上升,湿度不断降低;加入相变微胶囊后,随温度不断升高,样布湿度先降低再升高,直到与外界湿度值一致,温度湿度基本停止变化。

3.1.5 升温、降温测试

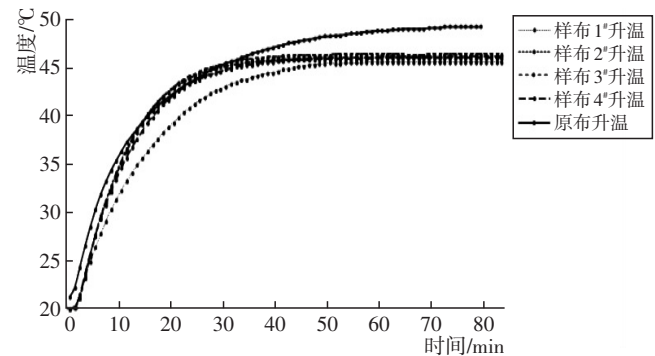


图 4 升温变化曲线

由图 4 可得,微胶囊浓度较大时,织物温度上升的速率较慢,达到温度最高值用时较长,峰值较低,且均比原布最终温度低;由图 5 可得,微胶囊浓度较大时,织物温度下降的速率较慢,到达最低值的时间也较长,且均比原布所用时间长。

3.3 服用性能分析

3.3.1 透气性测试

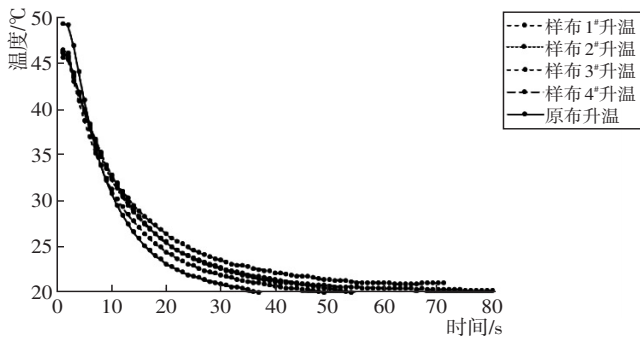


图5 降温变化曲线

表2 试验样布的透气性

样布	1#	2#	3#	4#
透气性/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	110.54	128.33	133.28	120.98

分析试验数据(表2)可知随着样布中微胶囊比例的减小,透气性逐渐增加,但当比例减小到一定程度,涂覆溶剂浓度过小时透气性会减小。

3.3.2 耐水洗测试

表3 试验样布的耐水洗性

样布	1#	2#	3#	4#
干重/g	2.24	2.33	1.99	2.43
一次水洗干重/g	2.22	2.29	1.96	2.40
二次水洗干重/g	2.21	2.30	1.96	2.40
耐水洗率/%	98.66	98.71	98.49	98.77

通过表3试验数据分析可得,每块复合调温面料的耐水洗率均在95%以上,符合服用要求。

4 结语

吸湿发热面料和相变调温微胶囊皆为调温织物,推测其机理为:吸湿发热面料通过吸收不断运动的水分子发出热量,若温度过高,多余的量被微胶囊吸收使温度保持在一个恒定的范围内,温度不足,微胶囊可放

出热量维持温度稳定。

通过试验可知,随着在吸湿发热面料上涂覆微胶囊浓度的增高,粘附程度越高,相变调温织物的调温效果越高,保温性能越好,但面料的透气性会受到一定影响。但本试验也存在一些不足之处,如在吸湿发热性能测试中样布剪裁缝合时由于技术水平有限,缝合尺寸存在较大误差,不利于温湿度传感器进行测试;样布干燥后直接拿出,在放入密封瓶之前与室内空气接触,造成样布重新回潮;恒温恒湿箱由于多次打开操作(需要将温湿度传感器放入样布缝合口内),其温湿度变化较大,短时间内平衡状态被打破。

参考文献:

- [1] 王敏,李俊.发热保暖服装材料的开发现状及发展趋势[J].产业用纺织品,2009,27(4):6-9.
- [2] 杜凯,刘正芹.吸湿发热纤维的研究进展[J].上海毛麻科技,2014,(2):41-43.
- [3] 朱艺超.吸湿发热纱线及面料的开发[D].上海:东华大学,2016.
- [4] 周用民,胡萍,张建功.热湿舒适性针织面料生产实践与原理分析研究[J].针织工业,2017,(7):13-18.
- [5] 陆边.“人造”的“暖冬”[N].中国纺织报,2005-01-17.
- [6] 张兴祥.耐高温相变材料微胶囊及熔纺高储热量储热调温纤维[J].天津科技,2010,37(2):19-21.
- [7] 彭佩.聚脲相变微胶囊的制备及其应用性能研究[D].上海:东华大学,2016.
- [8] ZUCKERMAN J L, PUSHAW R J, PERRY B T, *et al.* Fabric coating containing energy absorbing phase change material and method of manufacturing same: US6503976 [P]. 2003-02-04.

Study on the Preparation and Performance of Heat-storing Textiles

ZHANG Qian, WANG Zhuo, LIU Chang, WANG Xiao-hu, LI Qi-an, WEI Qu-fu*

(School of Textiles & Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Moisture absorbing and heat-generating materials and phase-change microcapsules are important research directions of temperature regulating textiles. Phase-change microcapsules were coated on the moisture absorbing and heat-generating fabric to produce the temperature-regulating composite fabrics. The temperature-regulating performance (thermal properties, moisture absorption and heat-generating properties, temperature rising and falling, liquid carrying ratio and surface morphology) and wearing performance (air permeability and washing durability) were tested and studied. The results showed that with the increase of microcapsule concentration and crosslinker concentration, the temperature regulating performance of the composite fabric gradually increased but the wearing performance decreased slightly. It was speculated that the mechanism might be that the phase-change microcapsules could absorb the heat generated by the moisture absorbing and heat-generating fabric to achieve the temperature regulation.

Key words: heat-storing; moisture absorbing and heat-generating materials; phase-change microcapsules; composite fabric