

蓄热调温羽绒羽毛的制备与性能

王琳琳¹, 王艺博¹, 李林刚², 余学永², 蔡以兵^{1,2}

(1. 江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 安徽省生物蛋白纤维复合材料工程研究中心, 安徽 六安 237012)

摘要:以羽绒羽毛纤维(down feather)作为基体,在其表面合成聚多巴胺(PDA)并黏附无机二氧化硅(SiO₂)为壳材、以正十八烷为有机芯材的相变微胶囊(MEPCM),制备了蓄热调温羽绒羽毛(MEPCM/down feather)。首先利用扫描电子显微镜、粒径分析仪、热重分析仪及防泄漏测试对微胶囊的形貌结构及性能进行了表征,结果表明,制备的微胶囊平均粒径为421.9 nm,且成球性能良好;该微胶囊具有良好的包覆性及形状稳定性。其次,对蓄热调温羽绒羽毛形貌结构及性能进行了测试分析,并考察了MEPCM的添加量对羽绒羽毛性能的影响。结果表明,微胶囊均匀且有效黏附在羽绒羽毛上;当MEPCM的比例为10%,制得的蓄热调温羽绒羽毛熔融温度为26.3 °C、熔融热焓为10.9 kJ/kg;且呈现良好的亲水性能、抑菌性能和热管理能力,水洗5次后,熔融热焓仍然能达到8.3 kJ/kg。

关键词:相变微胶囊;多巴胺;羽绒羽毛;储热性能

中图分类号:

文献标识码: A

文章编号: 1000-7555(2022)11-000

近年来,羽绒制品因具有其他材料无可替代的蓬松性、保暖性及良好的吸湿透气性,在家纺及纺织服装领域越来越受到消费者的青睐。随着消费者对品质要求的提升,需要开发高附加值的羽绒新材料,表面修饰改性是制备功能羽绒材料的首要步骤,为此国内外研究学者在羽绒的改性整理方面做了大量研究。由于相变材料在相变过程中具有吸收或释放热量的特性能满足双向调温的需求,因此考虑将相变材料和羽绒羽毛纤维结合在一起。

相变材料作为一类具有高熔合和固相阳离子热值的蓄热材料,可以通过相变在一定温度下吸收或释放大量的潜热热能,随着能源需求的快速增长,在经济和社会的可持续发展中发挥着重要作用。大多数固-液相变材料具有优异的相变性能、适宜的相变温度、合适的价格及理想的性能,但当它们应用于热能储存和热管理时,存在许多缺点^[1]。因此,人们致力于开发具有形状稳定性的固-液相变材料,其中将相变材料微胶囊化被认为是较为有效的途径。

微胶囊技术(Microencapsulation technology)是将固态或液态材料用一种成膜材料包覆,而得到一种

具有核壳结构微粒的技术。这种技术的优势在于不仅可以使固-液相变材料保持永久的宏观固体形态;还可以为相变材料提供足够的保护,防止周围材料对其造成损害和干扰^[2]。目前,相变微胶囊的制备多采用有机高聚物如三聚氰胺甲醛树脂、聚氨酯等为壳材,其可有效提高相变微胶囊的力学性能和防止使用过程中芯材的泄露。但是,相对于无机壳材,有机壳材普遍存在传热效率差、制备过程中存在甲醛释放等问题,而无机壳材可显著提高相变微胶囊的热导率^[3]。

多巴胺是一种儿茶酚类生物神经递质,经过聚合能够沉积在几乎任何物质表面,与材料表面通过共价键和非共价键的相互作用,为材料表面的二次修饰及多功能化提供了理想的平台^[4]。聚多巴胺具有优异的黏附性、亲水性、生物相容性、稳定性和抗腐蚀性等,对相变微胶囊的吸附具有很大作用,能有效地增加相变储热材料的导热性能、稳定性与环境相容性^[5]。Zhang等^[6]利用多巴胺优异黏附性能设计的多功能三维磁性泡沫,能有效去除不溶性油脂、快速去除选择性染料,还可用于废水修复;Lu等^[7]应用多巴胺(DA)对聚乳酸纤维表面进行修饰,提高了

二氧化硅纳米粒子在聚乳酸纤维上的包覆强度,有效提高了纤维的亲水性及力学性能;Wu等^[8]在聚多巴胺辅助作用下将环糊精附着在多孔静电纺丝纤维上,从而实现了水净化。

本文将废弃羽绒羽毛纤维为基体,利用聚多巴胺(PDA)优异的黏附性,采用一浴法制备了以在羽绒表面合成聚多巴胺(PDA)并沉积绿色环保的无机二氧化硅(SiO_2)为壳材,高相变焓的正十八烷为有机芯材的相变微胶囊,得到了兼具能量储存与释放、温度调节等多种功能的蓄热调温羽绒羽毛。并探寻合适的工艺参数,以制备出具有良好服用性能的调温羽绒羽毛。

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

羽绒羽毛(鸭绒)(down feather):六安市海洋羽毛有限公司;无水乙醇(EtOH):分析纯,天津市光复科技发展有限公司;正十八烷(n-OD):99%,杭州维邦试剂有限公司;脂肪醇聚氧乙烯醚-9(AEO-9):分析纯,上海维塔试剂有限公司;盐酸多巴胺:98%,阿拉丁生化科技股份有限公司生产;三(羟甲基)氨基甲烷(99%)、正硅酸四乙酯(TEOS,分析纯)、十六烷基三甲基溴化铵(CTAB,分析纯)、氨水(分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

扫描电子显微镜(SEM):SU1510型,日本日立公司;傅力叶变换红外光谱仪(FT-IR):NICOLETIs 10型,赛默飞世尔科技有限公司;TA-Q200C型差示扫描量热仪(DSC)和TA-Q500型热重分析仪(TG):美国TA仪器公司;表面张力动态接触角测量仪:DCAT21型,德国Dataphysics公司;红外热像仪:R500 Pro-D

型,日本NEC集团。

1.2 蓄热调温羽绒羽毛制备

1.2.1 正十八烷相变微胶囊的制备:取5.0 g熔融n-OD、10.5 mL TEOS 加入到清洗干净的烧杯中形成无色透明溶液,依次向烧杯中加入51.3 mL 去离子水、0.9 g CTAB 和37.4 mL EtOH,以3000 r/min 的转速在搅拌台上对混合物进行乳化,之后在超声破碎仪中使之成为稳定的细乳液。将其转移到三颈烧瓶,然后置于油浴锅内搅拌16 h,进行聚合包覆,取出后进行离心、过滤、干燥,最终得到白色粉末样品即相变微胶囊(MEPCM)。

1.2.2 羽绒羽毛前处理:取1 g 羽绒羽毛、200 mL 去离子水、1 g AEO-9 放置在250 mL 烧杯中,将烧杯置于60 °C 恒温水浴锅中。然后取出羽绒羽毛用去离子水冲洗4次,再置于45 °C 烘箱中干燥12 h,得到前处理羽绒羽毛。

1.2.3 蓄热调温羽绒羽毛的制备:取40 mg 多巴胺,加入到20 mL 去离子水中制备多巴胺水溶液,将前处理羽绒羽毛放在多巴胺水溶液中浸泡30 min 得到多巴胺羽绒羽毛原液。将20 mL Tris 缓冲液加入多巴胺羽绒羽毛原液中,再分别加入10 mg, 20 mg 和40 mg 的 MEPCM 使其在溶液中分散均匀,将其在30 °C 恒温搅拌6~12 h,得到相变微胶囊/羽绒羽毛原液。将上述得到的原液用去离子水冲洗3次,放在真空烘箱中45 °C 干燥12 h 得到负载有MEPCM 的羽绒羽毛复合材料,分别记作5% MEPCM/down feather, 10% MEPCM/down feather 和20% MEPCM/down feather,详细制备过程如图1所示。

1.3 测试与表征

1.3.1 相变微胶囊的表征:采用SEM对MEPCM表

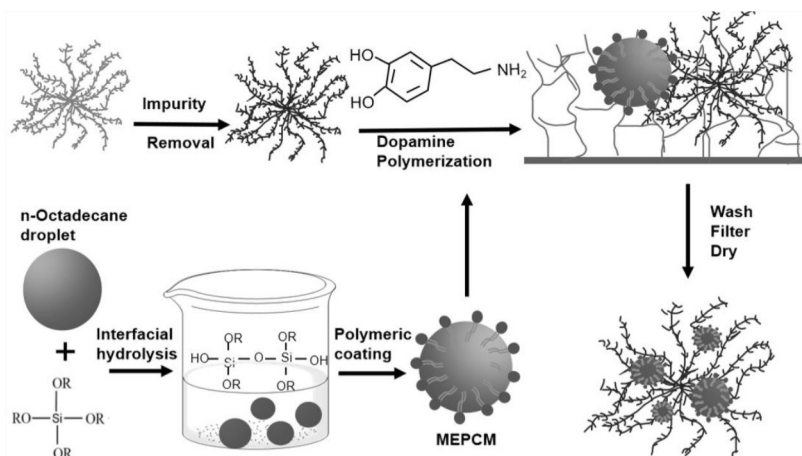


Fig.1 Schematic illustration for the preparation of MEPCM/down feather

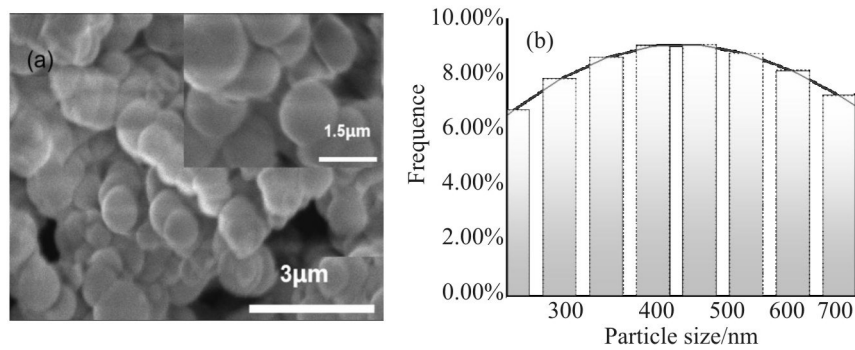


Fig.2 (a) SEM images and (b) particle size distribution of MEPCM

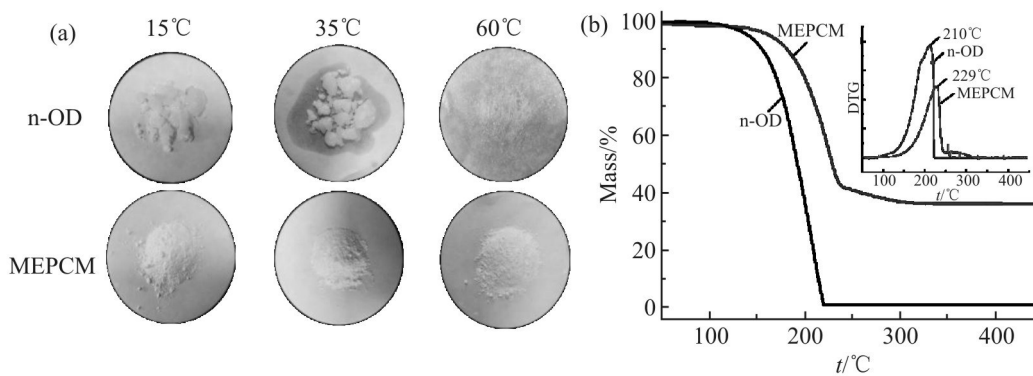


Fig.3 (a) Shape stability and (b) TG curves of n-OD and MEPCM

面形貌进行观察,其加速电压为 3 kV;利用 TG 及防泄漏性能测试对 MEPCM 的热稳定性能进行表征,其中 TG 实验温度范围 0~450 °C,升温速率 10 °C/min,在 N₂ 气氛中进行;防泄漏性能测试通过数码相机记录羽绒羽毛复合材料在 10~60 °C 加热过程中的形状稳定性能;利用粒径分析仪对 MEPCM 的粒径分布进行分析。

1.3.2 蓄热调温羽绒羽毛的表征:采用 SEM 对蓄热调温羽绒羽毛的表面形貌进行观察,加速电压为 5 kV;利用 DSC 分析了羽绒羽毛和蓄热调温羽绒羽毛的储热性能,包括熔融/结晶温度和焓值等,升温速率恒定 5 °C/min,温度范围 0~50 °C, N₂ 恒定流量 80 mL/min;利用 FT-IR 表征蓄热调温羽绒羽毛的结构,将样品与 KBr 混合,研磨均匀,用压片机制作成压片,将压片置于 FT-IR 中,扫描范围为 450~4000 cm⁻¹、分辨率为 4 cm⁻¹、扫描 32 次;利用表面张力动态接触角测量仪测试蓄热调温羽绒羽毛的亲水性能;以金黄色葡萄球菌为模型菌评价蓄热调温羽绒羽毛的抗菌性能,并采用琼脂平板扩散试验方法观察其抗菌性能;利用红外热像仪观察所制备相变材料的热管理能力,将目标样品放在 60 °C 的恒温加热台上,

记录温度分布与变化随时间的关系;将蓄热调温羽绒羽毛浸入 500 mL 蒸馏水中,在 40 °C 振荡洗涤 15 min,洗涤 5 次,利用 DSC 分析水洗前后储热性能的变化。

2 结果与讨论

2.1 MEPCM 的分析

2.1.1 形貌及粒径分析:利用 SEM 对 MEPCM 的外观形貌进行观察。如图 2(a) 所示,从图中可看出,MEPCM 呈球形,表面饱满没有凹陷,且杂质较少,有轻微的团聚现象。利用 Nano Measurer 1.2 软件对 MEPCM 的粒径进行分析,结果如图 2(b) 所示,从图中可以看出,微胶囊的粒径大小分布基本符合正态分布,粒径较为均匀,几乎没有过大或者过小的颗粒,平均大小为 421.9 nm。综上所述,以 n-OD 为芯材,无机 SiO₂ 为壳材的微胶囊具有良好的形貌,且包覆性能良好,可以在蓄热调温纤维/纺织品上进行应用。

2.1.2 形状稳定性:观察 MEPCM 的形状变化,结果如图 3(a) 所示。可以看出,加热温度从 15~60 °C 过程中,MEPCM 一直都呈粉末状,无明显变化,而 n-

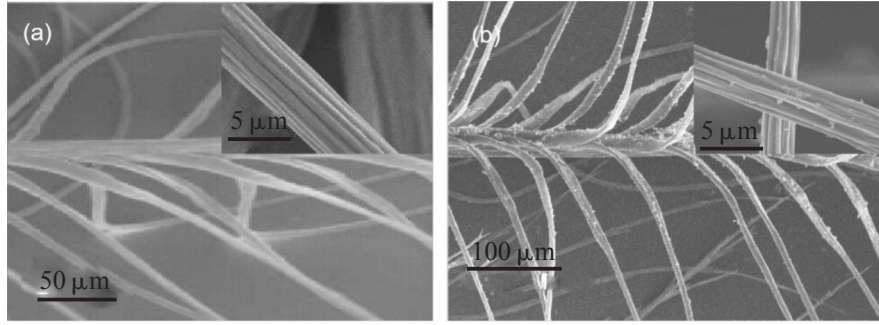


Fig.4 SEM images of (a)down feather and (b)MEPCM/down feather

OD 在 15 °C 时呈块状, 温度加热至 35 °C 时, n-OD 开始熔化; 继续升温至 60 °C 并保持一段时间后, n-OD 完全熔化。综上所述, 所制备的 MEPCM 具有良好的形状稳定性。

n-OD 和 MEPCM 的热重分析如 Fig.3(b) 所示。从 Fig.3(b) 曲线可以看出, n-OD 在 150 °C 时质量开始减少, 温度到达 210 °C 时已经完全分解; 而 MEPCM 在 172 °C 时质量才开始明显失重, 在 180~225 °C 温度区间内失重加速, 在 230 °C 以后, 有缓慢的质量损失, 后趋于稳定, 最终残余量为 39%。MEPCM 比 n-OD 的初始分解温度提高了近 20 °C, 表明制备的 MEPCM 具有良好的包覆性, 并且 230 °C 之后随着温度升高无明显变化。表明壳材 SiO₂ 有良好的热稳定性, 在 MEPCM 的使用过程中不会发生分解。内插图 DTG 曲线表明, n-OD 与 MEPCM 的最大失重速率分别发生在 210 °C 和 229 °C, 进一步说明无机壳材 SiO₂ 的包覆使得 MEPCM 热稳定性提高, 不易泄露。

2.2 蓄热调温羽绒羽毛的性能

2.2.1 形貌和结构: 为了观察蓄热调温羽绒羽毛的表面形貌, 对其进行 SEM 表征。从 Fig.4(a) 可看出, 经过 AEO-9 处理后的羽绒纤维表面光滑洁净, 构成羽绒纤维的绒枝表面凹槽结构清晰; 如 Fig.4(b), 蓄热调温羽绒羽毛纤维在绒核和绒枝表面及各纤维结构分叉处均匀分布, 但是凹槽处结构依旧清晰可见, 表明在羽绒上黏附微胶囊并没有改变其原有结构。

MEPCM, down feather 及 MEPCM/down feather 的 FT-IR 如图 5 所示。由图可知, down feather 的红外谱图中在 3274 cm⁻¹ 处有一 OH 和一 NH₂ 伸缩振动峰, 在 2919 cm⁻¹ 和 2934 cm⁻¹ 处有 C—H 伸缩振动峰, 在 1242 cm⁻¹ 处一 NH 伸缩振动峰, 在 1131 cm⁻¹ 处有一 OH 的弯曲振动峰, 经过多巴胺(DA)聚合负载 MEPCM 后的 MEPCM/down feather 与 down feather 相

比, 红外谱图中位于 1242 cm⁻¹ 处的一 NH 伸缩振动峰以及 1131 cm⁻¹ 处的一 OH 弯曲振动峰强度增加, 这可能是由于分子内和分子间氢键作用加强, 说明多巴胺成功在 down feather 表面实现原位聚合, 在 1037 cm⁻¹ 处的 Si—O—Si 键反对称收缩峰值加强, 峰宽增加, 在 800 cm⁻¹ 左右出现新的峰, 即 Si—O—Si 键对称收缩峰, 这些都是 MEPCM 的特征峰^[7], 证明 MEPCM 成功结合在 down feather 上。由于多巴胺儿茶酚与基底之间强的共价/非共价相互作用, 可以自发地沉积在各种材料表面, 聚多巴胺(PDA)层与 MEPCM 及 down feather 之间的连接主要基于共价和非共价结合^[7]。

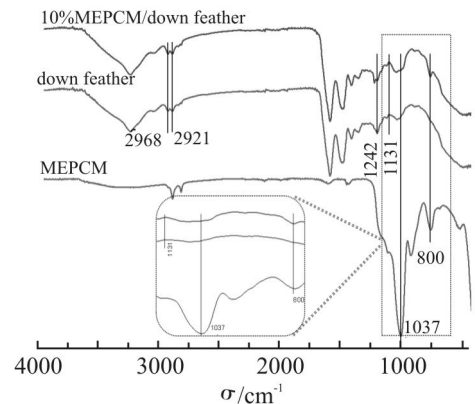


Fig.5 FT-IR spectra of MEPCM, down feather and 10%MEPCM/down feather

2.2.2 亲水性: down feather 和 10% MEPCM/down feather 的静态接触角测试如图 6 所示。可以观察到, 10%MEPCM/down feather 的水接触角约为 67.2°, 较 down feather(99.6°) 有所降低, 表明其亲水性增强。以上结果说明, AEO-9 提高了羽绒的亲水性, 主要是由于 AEO-9 前处理去除了羽绒表面覆盖的一层由疏水性的甾醇和三磷酸酯组成的生物膜以及鸭绒自身的油脂, 有利于整理工艺的进行, 但前处理工艺对羽绒亲水性提高有限, 前处理后的羽绒依然具有一定的疏水性^[9], 由于 PDA 本身含有酚羟

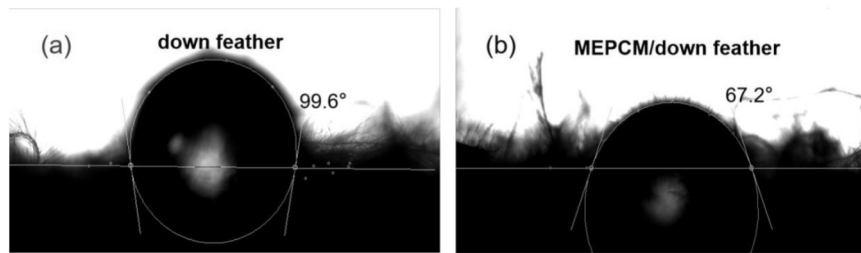


Fig.6 Contact angle test of (a) down feather and (b) 10%MEPCM/down feather

Tab.1 Antibacterial performance for down feather and 10%MEPCM/down feather

Samples	Average	Survival rate/%	Bacteriostatic rate/%
10%MEPCM/down feather	9200	78.2	21.8
Down feather	11767	100	0.00

基、氨基等亲水性官能团,可有效改善羽绒羽毛的表面活性,因此在 down feather 表面自聚合一层聚多巴胺薄膜,也会使得 down feather 亲水性增加^[7]。

2.2.3 抗菌性能: 将 down feather 和 10%MEPCM/down feather 分别放置在菌液中,用 808 nm 激光照射 10 min,放置 4 h 后,得到在培养基中培养 24 h 的菌落生长情况,抗菌测试结果如 Tab.1 所示。由 Tab.1 可知,与 10%MEPCM/down feather 接触后,培养基中生长出的菌落数、细菌生存率远远小于 down feather,抑菌率明显增加,表明 MEPCM/down feather 抗菌抑菌性能有所提升,有效缓解了羽绒羽毛细菌

宜滋生的问题。其主要原因可能是二氧化硅壳材具有多种优点,被广泛应用于药物缓释系统中,其降解产物为硅酸,具有良好的生物相容性,因此纳米 SiO₂ 壳材具有一定的抑酶、抑菌功能,而且聚多巴胺的光热性起到一定的抑菌作用,在固有的光热性能辅助下,细胞结构逐渐失去完整性^[10]。二者的综合作用使得蓄热调温羽绒羽毛的抑菌性能有所提升。

2.2.4 热性能: 利用 DSC 对 down feather, 5%, 10%, 20%MEPCM/down feather 的储热性能进行表征,其熔融/结晶过程曲线如 Fig.7 所示,热性能参数如熔

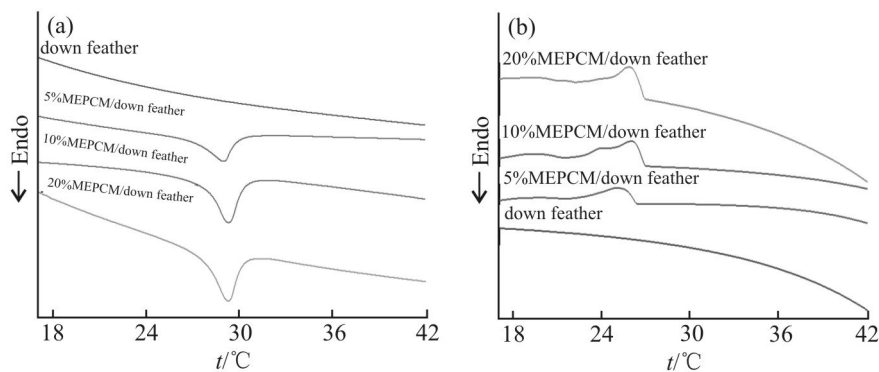


Fig.7 DSC curves of down feather, 5%, 10%, and 20%MEPCM/down feather

(a):melting process, (b): crystallization process

Tab.2 Thermal performance of down feather, 5%MEPCM/down feather, 10%MEPCM/down feather, 20%MEPCM/down feather, and 10%MEPCM/down feather (5th)

Samples	$T_{mp}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta H_m/(\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1})$	$T_{cp}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta H_c/(\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1})$
5%MEPCM/down feather	27.2	5.8	26.0	4.6
10%MEPCM/down feather	26.3	10.9	25.1	6.5
20%MEPCM/down feather	27.2	13.8	25.8	8.2
10%MEPCM/down feather (5th)	26.8	8.3	24.8	5.6

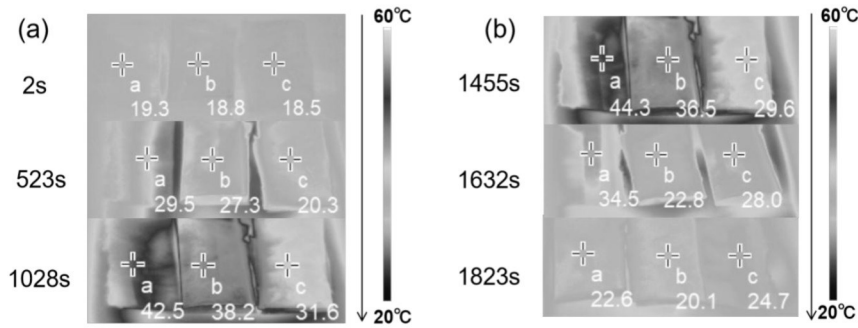


Fig.8 (a) Heating and (b) cooling process of bank sample (left), down feather (middle) and 10% MEPCM/down feather (right) placed on the 60 °C hot table

融/结晶温度 (T_m/T_c) 与熔融焓/结晶焓 ($\Delta H_m/\Delta H_c$) 等列在 Tab.2 中。可以看出, down feather 没有 $\Delta H_m/\Delta H_c$, 5%, 10% 和 20% MEPCM/down feather 的 ΔH_m 分别为 5.8 kJ/kg, 10.9 kJ/kg 和 13.8 kJ/kg, ΔH_c 分别为 4.6 kJ/kg, 6.5 kJ/kg 和 8.2 kJ/kg, 即随着 MEPCM 的增加, 热焓值逐渐增加。5% MEPCM/down feather 由于 MEPCM 含量较少, 其 $\Delta H_m/\Delta H_c$ 较小, 储热容量较低, 蓄热调温效果不明显; 20% MEPCM/down feather 的 $\Delta H_m/\Delta H_c$ 虽然较高, 但对羽绒羽毛的手感影响较大; 因此, 10% MEPCM/down feather 呈现较优异的蓄热调温作用, 且不会影响羽绒羽毛的手感和蓬松性。

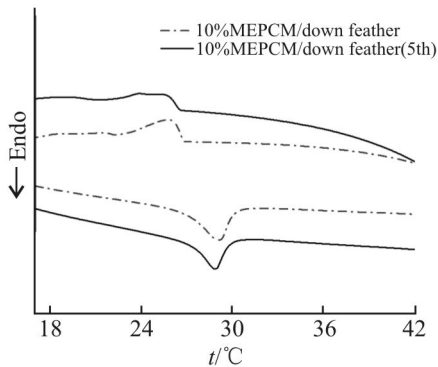


Fig. 9 DSC curves of 10% MEPCM/down feather before and after washing

利用热红外成像仪对环境 blank sample (左)、down feather (中) 和 10% MEPCM/down feather (右) 的热管理能力进行测试, 在 20~60 °C 加热和冷却过程中, 每隔一定时间进行拍摄, 记录样品表面温度变化情况, 如 Fig.8 所示。可以明显地看出, 升温过程中 blank sample 在 523 s 内很快达到 29.5 °C, down feather 达到 27.3 °C; 而 MEPCM/down feather 升温较为缓慢。这可能是因为: 一方面 MEPCM 表面的壳材 SiO_2 具有一定的隔热和减少外部热量扩散的作用; 另一方面 MEPCM 中的芯材 n-OD 发生了固-液相变, 对热量进行了存储, 延缓了温度的升高。同

样, 在降温过程也有类似现象, blank sample 在 368 s 内的温度快速下降 21.7 °C, down feather 温度下降 16.4 °C, 而 MEPCM/down feather 仅下降 4.9 °C, 这是因为在降温过程中 MEPCM 中的 n-OD 发生了液-固相转变, 并将存储的能量释放。这种明显的温度变化可以看出来制备的蓄热调温羽绒羽毛具有一定的热管理能力。

2.2.5 耐水洗性能: 对 10% MEPCM/down feather 进行 5 次水洗处理, 利用 DSC 对样品水洗前后的储热性能进行表征, 其熔融/结晶过程曲线如 Fig.9 所示, 热性能参数如 T_m/T_c 与 $\Delta H_m/\Delta H_c$ 等列在 Tab.2 中。可以看出, 水洗之后, 10% MEPCM/down feather 的 ΔH_m 和 ΔH_c 分别从 10.9 kJ/kg 和 6.5 kJ/kg 下降为 8.3 kJ/kg 和 5.6 kJ/kg。结果表明, 经 5 次水洗之后其热焓值略微有所下降, 但依然有较高的储热能力, 呈现较好的耐水洗性能。

3 结论

以羽绒羽毛纤维为基体, 在其表面合成 PDA 并沉积以形貌性能良好的十八烷相变微胶囊, 制备兼具能量储存与释放、温度调节、抗菌、耐水洗等多功能的蓄热调温羽绒羽毛复合材料。对制得的蓄热调温羽绒羽毛的形貌结构、调温性能、热能存储性能和热稳定性进行了表征。结果表明, 制得的蓄热调温羽绒羽毛具有优异的调温效果, 其熔融焓高达 10.9 kJ/kg, 且经过 5 次耐水洗性测试后仍然有着 8.3 kJ/kg 的熔融热焓值, 具有较好的耐水洗稳定性; 亲水性能得到改善, 其水接触角从 99.6° 下降为 67.2°; 抗菌性能得到明显提升, 对金黄色葡萄球菌的抑菌率可达到 21.8%; 热管理测试中明显的温度变化也表明, 蓄热调温羽绒羽毛呈现出一定的热能管理能力。本研究为其他纺织品调温功能的应用提供了一种更简单、快速、环保的新途径。

参考文献:

- [1] Zhu Y L, Liang S E, Chen K P, *et al.* Preparation and properties of nanoencapsulated n-octadecane phase change material with organosilica shell for thermal energy storage[J]. *Energy Conversion and Management*, 2015, 105: 908-917.
- [2] Hu X W, Chen K, Lai X K, *et al.* Treatment of pretreated coal gasification wastewater (CGW) by agnetic polyacrylic anion exchange resin[J]. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2016, 18: 2010-2044.
- [3] Zhang Y H, Yu T T, Han W Q, *et al.* Electrochemical treatment of anticancer drugs wastewater containing 5- fluoro- 2- methoxypyrimidine using a tubular porous electrode electr^oC atalytic reactor[J]. *Electr^oChimica Acta*, 2016, 220: 211-221.
- [4] Pakizeh M, Azinfar F, Safarnia M, *et al.* The effects of TiO₂ nanoparticles and polydopamine on the structure, separation, and antifouling properties of PPSU membrane[J]. *Separation Science and Technology*, 2021, 57: 1788-1799.
- [5] McGauran T, Dunne N, Smyth B M, *et al.* Feasibility of the use of poultry waste as polymer additives and implications for energy, cost and carbon[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 291: 125948.
- [6] Zhang Y Q, Yang B, Wang X, *et al.* Designing multifunctional 3D magnetic foam for effective insoluble oil separation and rapid selective dye removal for use in wastewater remediation [J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2017, 5: 7316-7325.
- [7] Lu Z H, Wang W G, Zhang J, *et al.* Electrospun highly porous poly(L-lactic acid)-dopamine-SiO₂ fibrous membrane for bone regeneration[J]. *Materials Science and Engineering C*, 2020, 117: 111359.
- [8] Wu H Q, Kong J H, Yao X Y, *et al.* Polydopamine-assisted attachment of beta-cyclodextrin on porous electrospun fibers for water purification under highly basic condition[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2015, 270: 101-109.
- [9] 金前鹏. 负载特征稀土离子羽绒纤维的红外防伪技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020.
- Jin Q P. Research on the security technology of down fiber loaded with characteristic rare earth ions[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020.
- [10] 王唯, 于滨, 吕凯旋等. 新型纳米酶马达的制备及其抗菌性能研究[J]. *分析化学*, 2021, 12(4): 1995-2004.
- Wang W, Yu B, Lü K X, *et al.* Preparation of novel nanozymemotor and its antibacterial properties[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2021, 12(4): 1995-2004.

Preparation and Performance of Thermal Storage and Temperature Regulation Down Feather

Linlin Wang¹, Yibo Wang¹, Lingang Li², Xueyong Yu², Yibing Cai^{1,2}

(1.Key Laboratory of Eco-Textiles of the Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Anhui Engineering Research Center for Bioprotein Fiber Composites, Lu'an 237012, China)

ABSTRACT: Polydopamine (PDA) was synthesized on the surface of down feather and adhered to the phase change microcapsule (MEPCM) consisted of inorganic silica (SiO₂) shell and n-octadecane (n-OD) core to prepare thermal storage and temperature regulation down feather (MEPCM/down feather). Firstly, the morphology, structure and properties of the microcapsule were characterized by scanning electron microscopy, particle size analysis, thermogravimetric analyzer and leakproof test. The results show that the average particle size of the microcapsule is 421.9 nm, and the microcapsule displays excellent spherical shape and exhibits good packing and shape stabilization properties. Secondly, the morphology, structure and properties of the fabricated MEPCM/down feather were tested, and the effect of the amount of MEPCM on the properties of the MEPCM/down feather was also investigated. The results show that the microcapsule adhered to the surface of the down feather uniformly and effectively, the fabricated MEPCM/down feather with 10% MEPCM has a melting temperature of 26.3 °C and a melting heat enthalpy of is 10.9 kJ/kg; meanwhile, it also demonstrates good hydrophilic property, bacteriostatic performance and thermal management capability, the thermal enthalpy could still reach 8.3 kJ/kg after washing 5 times.

Keywords: phase change micr^oCapsule; dopamine; down feather; thermal storage property