



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112717841 B

(45) 授权公告日 2022.10.11

(21) 申请号 201911032994.4

CN 103772963 A, 2014.05.07

(22) 申请日 2019.10.28

US 2012122691 A1, 2012.05.17

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 2012015017 A1, 2012.01.19

申请公布号 CN 112717841 A

KR 100781604 B1, 2007.12.03

(43) 申请公布日 2021.04.30

CN 109054765 A, 2018.12.21

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司

S.M. Mirabedini et al.. "Preparation and characterization of ethyl cellulose-based core-shell microcapsules containing plant oils". 《Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects》. 2011, 第74-84页.

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街22号

专利权人 中国石油化工股份有限公司大连石油化工研究院

(72) 发明人 赵亮 王岩 刘野 黄新露
方向晨

苑坤杰. "高性能包覆型和微胶囊型复合相变材料的制备及其热特性研究". 《中国博士学位论文全文数据库工程科技I辑》. 2018, (第12期), B020-86.

(51) Int. Cl.

B01J 13/02 (2006.01)

C09K 5/06 (2006.01)

审查员 宋雪梅

(56) 对比文件

CN 104559935 A, 2015.04.29

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种复合壁材的相变微胶囊及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种复合壁材的相变微胶囊及其制备方法,将乙基纤维素乙醇溶液和聚醚胺水溶液混合,搅拌反应形成透明溶液;在一定温度和搅拌条件下,向透明溶液中加入相变材料,反应后加入温水,降低合成温度,搅拌至反应完成得到固液混合物;将固液混合物离心、浸泡洗涤、真空干燥,获得复合壁材的相变微胶囊。本发明制备过程中,通过纤维素和聚醚胺原位包覆相变材料乳液,所得相变微胶囊形貌完整、规则,相变潜热值和包覆率均较高。

1. 一种复合壁材的相变微胶囊的制备方法,其特征在于包括以下步骤:(1)将乙基纤维素乙醇溶液和聚醚胺水溶液混合,搅拌反应形成透明溶液;所述的聚醚胺选自平均分子量小于200的单官能度聚醚胺;两种溶液按照乙基纤维素和聚醚胺的质量比为1:(0.1~1)混和;(2)在一定温度和搅拌条件下,向透明溶液中加入相变材料,反应一定时间后逐滴加入温水,所述的逐滴加入为0.2~1.1mL/min,滴加完毕后降低合成温度,搅拌至反应完成得到固液混合物;所述的相变材料选自相变温度为20~30℃的有机相变材料中的至少一种;(3)将固液混合物离心分离,所得固体浸泡洗涤、真空干燥,获得复合壁材的相变微胶囊;所述的固体采用乙醇水溶液浸泡,固体与乙醇水溶液的质量比为1:(5~20),浸泡时间为20min~80min。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(1)中,所述的乙基纤维素的粘度为40~110mPa·s。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于:所述的乙基纤维素的粘度为60~90mPa·s。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(1)中,所述的乙醇为无水乙醇。

5. 根据权利要求1、2、3或4所述的方法,其特征在于:乙基纤维素乙醇溶液中,乙基纤维素和无水乙醇的质量比为1:(45~95)。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:乙基纤维素和无水乙醇的质量比为1:(60~80)。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(1)中,所述的聚醚胺选自平均分子量为60~130的单官能度聚醚胺。

8. 根据权利要求1或7所述的方法,其特征在于:聚醚胺和水的质量比为1:(50~100)。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于:聚醚胺和水的质量比为1:(65~85)。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(1)中,两种溶液按照乙基纤维素和聚醚胺的质量比为1:(0.3~0.6)混和。

11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(1)中,所述搅拌转速为500rpm~1500rpm,反应时间为10min~60min,反应温度为20℃~30℃。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于:所述搅拌转速为700rpm~1000rpm。

13. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,在反应温度为40℃~90℃,搅拌转速为4000~10000rpm的条件下,向透明溶液中添加相变材料。

14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于:反应温度为50℃~70℃。

15. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,所述的相变材料选自石蜡、正十七烷、正十八烷中的一种或几种。

16. 根据权利要求1或15所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,按照乙基纤维素和相变材料的质量比为1:(5~30)加入相变材料。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于:按照乙基纤维素和相变材料的质量比为1:(10~20)加入相变材料。

18. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,添加相变材料后,反应10~50min后再加入温水,温水的温度为30℃~80℃。

19. 根据权利要求18所述的方法,其特征在于:添加相变材料后,反应20~30min后再加

入温水,温水的温度为 $50^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

20.根据权利要求1或18或19所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,按照乙基纤维素和温水的质量比为1:(100~500)加入温水。

21.根据权利要求20所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,按照乙基纤维素和温水的质量比为1:(250~350)加入温水。

22.根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,所述的逐滴加入为 $0.4\sim 0.7\text{mL}/\text{min}$ 。

23.根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,降低合成温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

24.根据权利要求23所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,降低合成温度为 $-5^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

25.根据权利要求1或23所述的方法,其特征在于:在步骤(2)中,降低合成温度后的搅拌转速为 $4000\sim 10000\text{rpm}$,反应时间为 $1\text{h}\sim 5\text{h}$ 。

26.根据权利要求25所述的方法,其特征在于:降低合成温度后的搅拌转速为 $5000\sim 7000\text{rpm}$ 。

27.根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(3)中,所述的离心分离转速为 $5000\text{rpm}\sim 20000\text{rpm}$,分离时间为 $3\text{min}\sim 25\text{min}$ 。

28.根据权利要求27所述的方法,其特征在于:在步骤(3)中,所述的离心分离转速为 $10000\text{rpm}\sim 15000\text{rpm}$ 。

29.根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(3)中,所述的固体与乙醇水溶液的质量比为1:(10~15)。

30.根据权利要求1或29所述的方法,其特征在于:在步骤(3)中,所述的乙醇水溶液中乙醇和去离子水的质量比为1:(0.5~5)。

31.根据权利要求1或30所述的方法,其特征在于:所述的乙醇水溶液中乙醇和去离子水的质量比为1:(2~3)。

32.根据权利要求1所述的方法,其特征在于:在步骤(3)中,所述的真空干燥的真空度小于 133Pa ,真空干燥温度为 $35^{\circ}\text{C}\sim 75^{\circ}\text{C}$,干燥时间为 $3\text{h}\sim 12\text{h}$ 。

33.根据权利要求32所述的方法,其特征在于:所述的真空干燥的真空度小于 120Pa ;真空干燥温度为 $45^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

34.一种复合壁材的相变微胶囊,其特征在于是采用权利要求1-33任意一项所述方法制备的。

一种复合壁材的相变微胶囊及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于相变材料技术领域,具体涉及一种复合壁材的相变微胶囊及其制备方法。

背景技术

[0002] 能够发生相变的物质称为相变材料,发生相变时,物质的温度一般是一个等温或近似等温的过程。暂时不用的能量可以被储存起来,待需要利用的时候再将它释放出来,这样能源的供应和需求在时间上得到很好的配制。这些材料所储存的能量是广泛的,可以是电能、机械能、化学能,也可以是其它各种形式的能量。

[0003] 在对相变材料的深入研究发现,相变材料在实际应用时不易控制,虽然有较高的潜热,却存在过冷、与周围材料界面结合差等问题。将功能性物质进行封装是存储能量的一种有效方式,在需要满足相应的应用条件时,可以阻止相变材料与外部环境反应。因此,微胶囊技术为相变材料存在的问题提供了良好的解决方法。相变微胶囊(Micro-encapsulated phase change materials, MPCMs)是由聚合物/无机物包覆液体的芯材形成的具有核壳结构的微小颗粒,外壳材料可以在固-液相变过程中防止相变材料漏出。目前使用较多的壁材包括:天然材料、半合成材料及高分子材料。

[0004] CN108854876A公开了一种石蜡/二醋酸纤维素相变微胶囊及其制备方法。该制备方法,以丙酮或乙酸甲酯为溶剂,将石蜡和二醋酸纤维素溶解,通过喷雾干燥制得石蜡/二醋酸纤维素相变微胶囊。该方法制得的相变微胶囊潜热值较低,在10J/g~45J/g;而且喷雾干燥过程中进口温度较高及使用压缩空气,增加生产能耗,及产品成本较高;同时大量使用丙酮或乙酸甲酯为溶剂,容易带来环境问题。

[0005] CN109054765A公开了一种聚乙二醇/乙基纤维素相变微胶囊及其制备方法,该制备方法以二氯甲烷为溶剂,将聚乙二醇和乙基纤维素溶解,通过喷雾干燥制得聚乙二醇/乙基纤维素相变微胶囊。该相变微胶囊使用过程中不会释放甲醛,但是喷雾溶剂二氯甲烷容易造成环境污染,而且单纯使用乙基纤维素壳材其不易与水性材料亲和,限制了其适用范围。

发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本发明提供了一种复合壁材的相变微胶囊及其制备方法。制备过程中,通过纤维素和聚醚胺原位包覆相变材料乳液,所得相变微胶囊形貌完整、规则,相变潜热值和包覆率均较高。

[0007] 本发明提供的一种复合壁材的相变微胶囊的制备方法,包括以下步骤:(1)将乙基纤维素乙醇溶液和聚醚胺水溶液混合,搅拌反应形成透明溶液;(2)在一定温度和搅拌条件下,向透明溶液中加入相变材料,反应一定时间后加入温水,降低合成温度,搅拌至反应完成得到固液混合物;(3)将固液混合物离心分离,所得固体浸泡洗涤、真空干燥,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0008] 在步骤(1)中,所述的乙基纤维素的粘度为40~110mPa·s,优选为60~90mPa·s。所述的乙醇为无水乙醇。乙基纤维素乙醇溶液中,乙基纤维素和无水乙醇的质量比为1:(45~95),优选1:(60~80)。

[0009] 在步骤(1)中,所述的聚醚胺选自平均分子量小于200的单官能度聚醚胺,优选平均分子量为60~130的单官能度聚醚胺。聚醚胺和水的质量比为1:(50~100),优选1:(65~85)。

[0010] 在步骤(1)中,两种溶液按照乙基纤维素和聚醚胺的质量比为1:(0.1~1),优选1:(0.3~0.6)混和。所述搅拌转速为500rpm~1500rpm,优选700rpm~1000rpm;反应时间为10min~60min,反应温度为20℃~30℃。

[0011] 在步骤(2)中,在反应温度为40℃~90℃,优选50℃~70℃;搅拌转速为4000~10000rpm,优选5000~7000rpm的条件下,向透明溶液中添加相变材料。

[0012] 在步骤(2)中,所述的相变材料选自相变温度为20℃~30℃的有机相变材料中的至少一种,如石蜡、正十七烷、正十八烷等中的一种或几种,优选相变温度为20℃~30℃的石蜡。

[0013] 在步骤(2)中,按照乙基纤维素和相变材料的质量比为1:(5~30),优选1:(10~20)加入相变材料。

[0014] 在步骤(2)中,添加相变材料后,反应10~50min,优选20~30min后再加入温水,温水的温度为30℃~80℃,优选50℃~70℃。

[0015] 温水最好逐滴加入,所述的逐滴加入为0.2~1.1mL/min,优选0.4~0.7mL/min,滴加完毕后,再降低合成温度。按照乙基纤维素和温水的质量比为1:(100~500),优选1:(250~350)加入温水。

[0016] 在步骤(2)中,降低合成温度为-10℃~15℃,优选-5℃~5℃。降低合成温度后的搅拌转速为4000~10000rpm,优选5000~7000rpm;反应时间为1h~5h。

[0017] 在步骤(3)中,所述的离心分离转速为5000rpm~20000rpm,优选10000rpm~15000rpm;分离时间为3min~25min。

[0018] 在步骤(3)中,所述的固体采用乙醇水溶液浸泡,与乙醇水溶液的质量比为1:(5~20),优选1:(10~15),浸泡时间为20min~80min。所述的乙醇水溶液中乙醇和去离子水的质量比为1:(0.5~5),优选1:(2~3)。

[0019] 在步骤(3)中,所述的真空干燥的真空度小于133Pa,优选真空度小于120Pa;真空干燥温度为35℃~75℃,优选45℃~55℃;干燥时间为3h~12h。

[0020] 本发明所述的复合壁材的相变微胶囊是采用上述本发明方法制备的,包覆率大于70%。所制备复合壁材的相变微胶囊的粒径为200~600nm,熔化焓值和凝固焓值分别大于100J/g,导热系数为 $0.56\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{k}^{-1}$ ~ $0.85\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{k}^{-1}$,抗压强度大于0.7MPa。

[0021] 本发明制备的复合壁材的相变微胶囊可用于沥青路面调温增韧、聚氨酯蓄热补强、特种服装保暖等多个技术领域。

[0022] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0023] (1)本发明采用乙基纤维素和聚醚胺作为复合壁材,在乙醇溶液中,石蜡液滴和乙基纤维素融合形成亚稳态胶束,有助于提高复合囊壁的亲水性和稳定性。

[0024] (2)本发明采用的单官能度聚醚胺同时包含烷基链和羟基、胺基基团,与乙基纤维

素的共混性更好,可以让水油界面更加稳定地存在,即复合囊壁更加稳定且包覆效果良好。

[0025] (3)本发明采用乙基纤维素和聚醚胺作为复合壁材,由于复合壁材中同时含有亲水和亲油基团,具有增韧补强的效果,可以弥补传统相变微胶囊强度较弱的不足。

[0026] (4)本发明操作简单,原料来源广泛,不添加乳化剂和有害环境隐患的有机溶剂、经济环保,有利于工业化生产和使用。

附图说明

[0027] 图1为实施例1、石蜡、聚醚胺和乙基纤维素的红外光谱图(FT-IR)。

[0028] 图2为实施例1的复合壁材相变微胶囊的扫描电镜照片(SEM)。

[0029] 图3为石蜡、实施例1、实施例2、比较例1和比较例2的复合壁材相变微胶囊的差式扫描量热曲线图(DSC)。

具体实施方式

[0030] 下面通过实施例来进一步说明本发明复合壁材的相变微胶囊的制备方法和效果。实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0031] 以下实施例中的实验方法,如无特殊说明,均为本领域常规方法。下述实施例中所用的实验材料,如无特殊说明,均从常规生化试剂商店购买得到。

[0032] 实施例1

[0033] 取粘度为70mPa·s的乙基纤维素2g,溶解于148g无水乙醇中;取平均分子量为100的单官能度聚醚胺1g,溶解于75g去离子水中;将两份溶液混合,25℃下,以800rpm搅拌反应35min,得到透明溶液。在60℃和6000rpm搅拌下,向透明溶液中添加相变温度为24℃的石蜡30g,25min后以0.5mL/min的速度逐滴加入60℃温水600g,滴加完毕后,将合成温度降低到0℃,保持相同转速,搅拌反应2.5h。将所得固液混合物在13000rpm下离心分离12min,取固体颗粒物按照1:12的质量比浸泡于乙醇水溶液,乙醇水溶液中乙醇和去离子水的质量比为1:2.5,浸泡40min,抽滤得到的滤饼,在真空度100Pa,50℃下干燥7h,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0034] 图1的红外光谱图说明,实施例1样品的红外特征峰中同时出现芯材和壁材的红外特征峰,即相变微胶囊包覆效果良好。由图2可以看出,相变微胶囊呈规则球形,粒径尺寸约为300nm。图3的差式扫描量热曲线可见,实施例样品的相变焓值高于比较例样品的相变焓值,与表1中的测量结果一致。

[0035] 实施例2

[0036] 取粘度为60mPa·s的乙基纤维素2g,溶解于120g无水乙醇中;取平均分子量为60的单官能度聚醚胺0.6g,溶解于39g去离子水中,将两份溶液混合,20℃下,以700rpm搅拌反应30min,得到透明溶液。在50℃和5000rpm搅拌下,向透明溶液中添加相变温度为24℃的石蜡20g,20min后以0.4mL/min的速度逐滴加入50℃温水500g,滴加完毕后,将合成温度降低到-5℃,保持相同转速,继续搅拌2h。将所得的固液混合物在10000rpm下离心分离10min,取固体颗粒物按照1:10的质量比浸泡于乙醇水溶液,乙醇水溶液中乙醇和去离子水的质量比为1:2,浸泡30min,抽滤得到的滤饼,在真空度80Pa,45℃下干燥6h,获得复合壁材的相变

微胶囊。

[0037] 实施例3

[0038] 取粘度为90mPa·s的乙基纤维素2g,溶解于160g无水乙醇中;取平均分子量为130的单官能度聚醚胺1.2g,溶解于102g去离子水中,将两份溶液混合,30℃下,以1000rpm搅拌反应40min,得到透明溶液。在70℃和7000rpm搅拌下,向透明溶液中添加相变温度为24℃的石蜡60g,30min后以0.7mL/min的速度逐滴加入70℃温水700g,滴加完毕后,将合成温度降低到5℃,保持相同转速,继续搅拌3h。将所得的固液混合物在15000rpm下离心分离15min,取固体颗粒物按照1:15的质量比浸泡于乙醇水溶液,乙醇水溶液中乙醇和去离子水的质量比为1:3,浸泡50min,抽滤得到的滤饼,在真空度为118Pa、55℃下干燥8h,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0039] 实施例4

[0040] 同实施例1,不同在于采用粘度为40mPa·s的乙基纤维素代替粘度为70mPa·s的乙基纤维素,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0041] 实施例5

[0042] 同实施例1,不同在于采用平均分子量为180的单官能度聚醚胺代替平均分子量为100的单官能度聚醚胺,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0043] 实施例6

[0044] 同实施例1,不同在于透明溶液制备阶段,将平均分子量为100的单官能度聚醚胺的质量提高到2g,无水乙醇的质量降低到90g,去离子水的质量提高到200g,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0045] 实施例7

[0046] 同实施例1,不同在于采用正十七烷代替石蜡,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0047] 实施例8

[0048] 同实施例1,不同在于采用正十八烷代替石蜡,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0049] 实施例9

[0050] 同实施例1,不同在于合成相变微胶囊阶段,将温水的温度降低到30℃,滴加速度提高到1.1mL/min,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0051] 实施例10

[0052] 同实施例1,不同在于合成相变微胶囊阶段,将相变温度为24℃的石蜡用量降低到10g,温水用量提高到1000g,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0053] 实施例11

[0054] 同实施例1,不同在于将乙醇水溶液用量降低到25g,乙醇和去离子水的质量比提高到1:5,浸泡时间缩短到20min,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0055] 比较例1

[0056] 同实施例1,不同在于透明溶液制备阶段,省去乙基纤维素乙醇溶液,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0057] 比较例2

[0058] 同实施例1,不同在于透明溶液制备阶段,省去聚醚胺水溶液,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0059] 比较例3

[0060] 同实施例1,不同在于透明溶液制备阶段,采用相变温度为40℃的石蜡代替24℃石蜡,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0061] 比较例4

[0062] 同实施例1,不同在于合成相变微胶囊阶段,将温水直接倒入含有相变材料的透明溶液中,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0063] 比较例5

[0064] 同实施例1,不同在于合成相变微胶囊阶段,省去降低合成温度步骤,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0065] 比较例6

[0066] 同实施例1,不同在于合成相变微胶囊阶段,添加相变材料25min后,不加入温水反应,直接降低合成温度,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0067] 比较例7

[0068] 同实施例1,不同在于后处理阶段,所得固体颗粒物置于单独乙醇中浸泡,其它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0069] 比较例8

[0070] 同实施例1,不同在于采用鼓风干燥代替真空干燥,它反应条件和物料组成不变,获得复合壁材的相变微胶囊。

[0071] 比较例9

[0072] 按照CN108854876A描述的方法,将质量比为1:3的二醋酸纤维素和石蜡加入丙酮,室温搅拌得到透明溶液。设置喷雾干燥装置进口温度180℃,压缩空气压力0.16MPa,通过喷雾干燥得到石蜡/二醋酸纤维素相变微胶囊。

[0073] 比较例10

[0074] 按照CN109054765A描述的方法,将质量比为1:3的乙基纤维素和聚乙二醇加入到二氯甲烷中,室温搅拌得到透明溶液。设置喷雾干燥装置进口温度100℃,压缩空气压力0.18MPa,通过喷雾干燥得到聚乙二醇/乙基纤维素相变微胶囊。

[0075] 测试例1

[0076] 测定实施例1-17和比较例1-10中的相变微胶囊的理化性质,具体结果见表1。采用差示扫描量热仪(DSC)测试相变微胶囊熔化和凝固两个过程的相变焓值(相变潜热值),仪器型号为美国TA公司的Q20。高纯氮气氛围下、温度测试范围为-70℃~70℃,升温速率为10℃/min,样品重量约为5mg。采用日本Hitachi S-4700型场发射扫描电子显微镜(SEM)观察相变微胶囊的形貌及粒径尺寸。测试前,需对干燥后的样品进行喷金处理,增强其导电性,加速电压为20KV。

[0077] 表1

[0078]

样品	熔化焓值/ $J \cdot g^{-1}$		包覆率 /%	凝固焓值/ $J \cdot g^{-1}$		导热系数 $/W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	抗压强度/MPa
	初始 值	连续 50 个周期		初始 值	连续 50 个周期		
24℃石蜡	140.9	—	—	143.6	—	—	0.11
实施例 1	120.7	116.4	85.7	122.5	119.8	1.85	0.85
实施例 2	110.4	107.1	78.4	113	110.2	1.36	0.65
实施例 3	113.5	110.1	80.6	116.7	112	1.59	0.7
实施例 4	109.6	106.7	77.8	112.9	110.2	1.41	0.75
实施例 5	107.8	103.4	76.5	109	106.2	1.58	0.69
实施例 6	103.5	100.9	73.5	106.7	102.1	0.88	0.57
实施例 7	106.5	103.3	75.6	109	105.4	1.37	0.66
实施例 8	108.9	105.3	77.3	110.2	107.1	1.42	0.63
实施例 9	109.2	106.5	77.5	112.9	109.3	1.35	0.6
实施例 10	104.6	102.8	74.3	106.5	103.2	1.28	0.57
实施例 11	113.7	110.2	80.7	115	112.4	1.58	0.69
比较例 1	71.5	60.2	50.8	73.6	61.8	0.46	0.35
比较例 2	84.2	73.5	59.8	86.8	75	0.53	0.42
比较例 3	86.2	75.8	57.5	88.9	77.3	0.56	0.45
比较例 4	78.3	65.4	55.6	80.9	67.3	0.37	0.33
比较例 5	74.9	60.8	53.2	76.7	62.3	0.39	0.35
比较例 6	70.4	61.8	50	73.8	63.5	0.39	0.32
比较例 7	84.5	72.3	60	87.9	73.8	0.4	0.39
比较例 8	86.3	75.5	61.3	88.9	77.3	0.35	0.4
比较例 9	45.9	30.7	37.8	48.6	33.5	0.41	0.37
比较例 10	88.7	70.9	45.8	90.2	73.5	0.43	0.4

[0079] 由表1可知,本发明制备的复合壁材的相变微胶囊具有良好的性质,实施例1中产品的熔化焓值和凝固焓值分别为 $120.7J \cdot g^{-1}$ 和 $122.5J \cdot g^{-1}$,连续使用50个周期后,熔化焓值和凝固焓值仍然保持在 $116.4J \cdot g^{-1}$ 和 $119.8J \cdot g^{-1}$,包覆率达到85.7%;其导热系数、抗压强度分别为 $0.85W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 、1.85MPa;而比较例样品的熔化焓值和凝固焓值普遍低于 $90J \cdot g^{-1}$,说明本发明制备的相变微胶囊由于采用复合壁材制备体系,其各项性能指标均好于比较例样品。

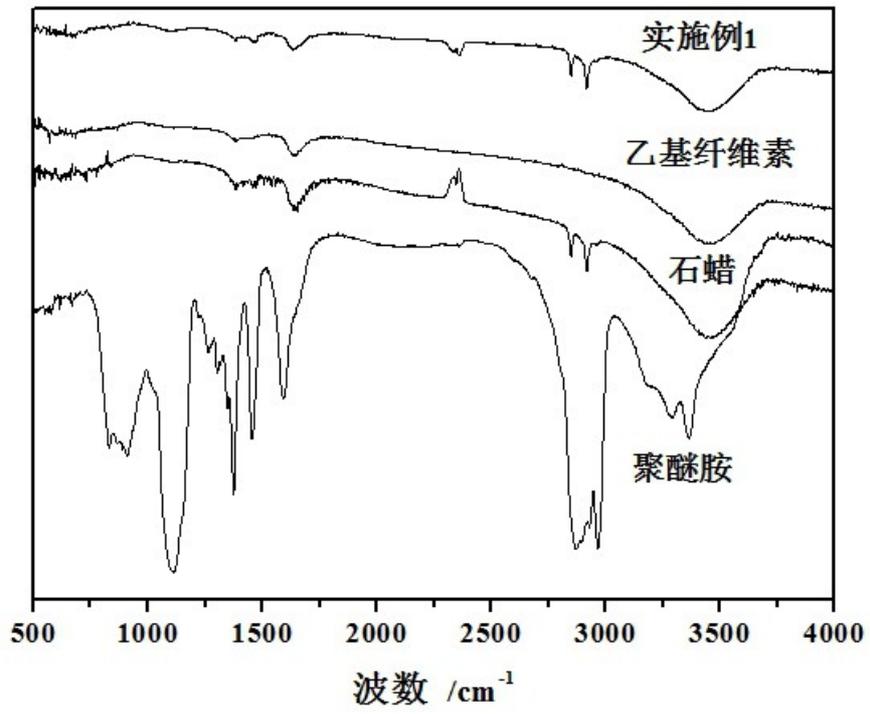


图1

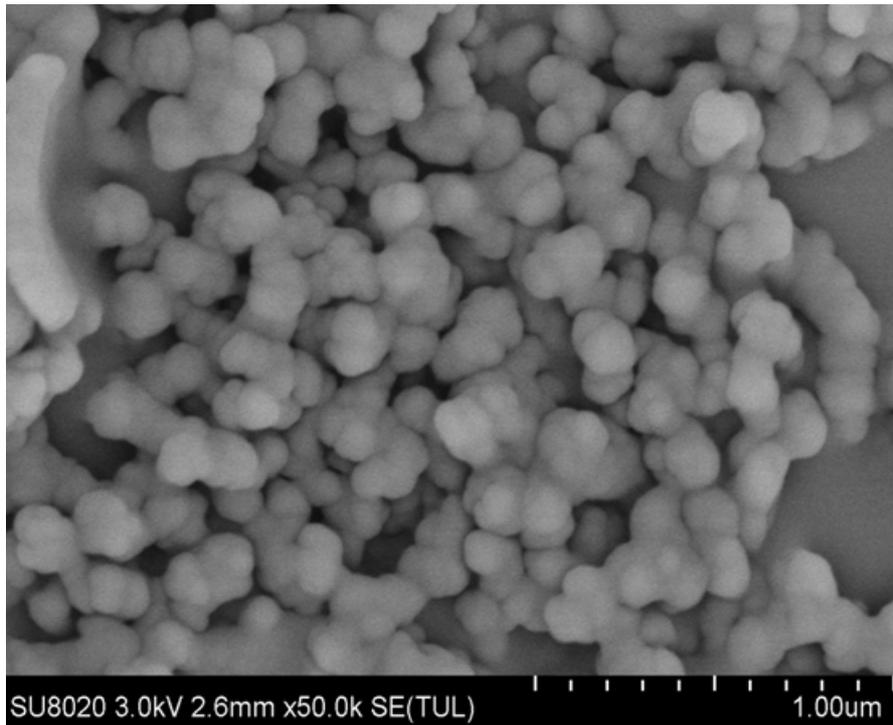


图2

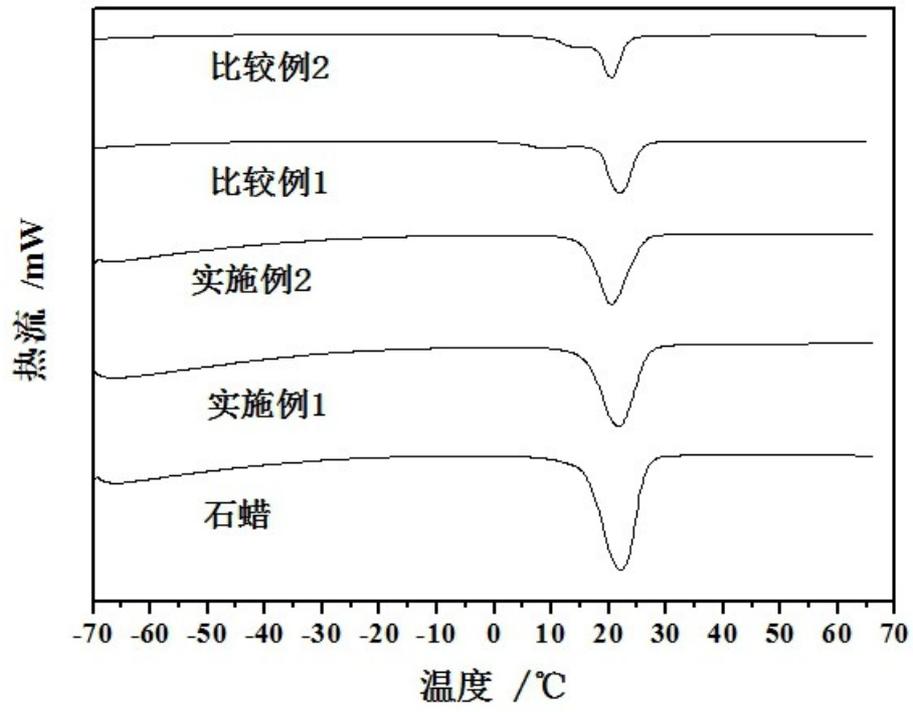


图3