



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1699497 B

(45) 授权公告日 2010.07.21

(21) 申请号 200510060063.7

(22) 申请日 2005.03.31

(30) 优先权数据

04011756.6 2004.05.18 EP

(73) 专利权人 SGL 碳股份公司

地址 联邦德国威斯巴登

(72) 发明人 J·巴赫尔 O·奥廷格

M·克里斯特

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 刘明海

(51) Int. Cl.

C09K 5/06 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 19630073 A1, 1998.01.29, 说明书第1页  
第35行至第4页第30行.

EP 1416027 A1, 2004.05.06, 说明书第5页  
实施例1、表1.

CN 1357591 A, 2002.07.10, 说明书第2页第

19行至第5页第9行.

US 2002016505 A1, 2002.02.07, 说明书第1  
页右栏 [0015] 段至第4页左栏 [0035] 段.

US 5709740 A, 1998.01.20, 说明书第1栏第  
61行至说明书第5栏第7行.

DE 10200318 A1, 2003.07.17, 说明书第3页  
[0015] 段至第5页第39段.

Jun Fukai, et al. Thermal conductivity  
enhancement of energy storagemedia using  
carbon fibers. ENERGY CONVERSION &  
MANAGEMENT 41 14. 2000, 41(14), 1543-1556.

审查员 马俊杰

权利要求书 2 页 说明书 8 页

(54) 发明名称

潜热储存材料

(57) 摘要

本发明涉及一种潜热储存材料,其是作为由  
用来储存潜热的相变材料和在其中填充入的用来  
改善热传导性的石墨片状物构成的复合材料构成  
的。石墨片状物由于其高的长宽比和高的热传导  
性的各向异性而显得突出。在根据本发明的潜热  
储存材料中石墨片状物的体积份额为 10-40%。  
复合材料通过组分的混合或用液态的相变材料渗  
透含有石墨片状物的堆而制备得到。优选地石墨  
片状物在与相变材料混合时通过振摇、捣实而这  
样取向,即使得在对于各自的应用有利的方向上  
热传导性为最大。

1. 一种潜热储存材料,其含有具有在其中填充的石墨颗粒的相变材料,其特征在于,至少一部分石墨是具有高的热传导性的各向异性和高长宽比的由选自材料天然石墨和各向异性的合成石墨中的至少一种材料组成的片状物,其中所述高的热传导性的各向异性是指石墨颗粒在不同的结晶学方向上的热传导性相差至少系数 50;所述高长宽比是指石墨片状物的长宽比为至少 1 : 10。

2. 根据权利要求 1 的潜热储存材料,其特征在于,石墨片状物的平均颗粒直径  $d_{50}$  为至少 30  $\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 的潜热储存材料,其特征在于,石墨片状物的堆密度为 250g/l-700g/l。

4. 根据权利要求 1 的潜热储存材料,其特征在于,石墨片状物在潜热储存材料中的体积份额为 10-40%。

5. 根据权利要求 1 的潜热储存材料,其特征在于,潜热储存材料在一个空间方向的热传导性是在与此垂直的空间方向上的热传导性的至少二倍那么大。

6. 根据权利要求 1 的潜热储存材料,其特征在于,在相变材料中填充由经膨胀的石墨构成的石墨片状物和颗粒。

7. 根据权利要求 1 的潜热储存材料,其特征在于,潜热储存材料含有至少一种熔点为  $-100^{\circ}\text{C}$  至  $+500^{\circ}\text{C}$  的相变材料,该相变材料来自石蜡、糖醇、气体水合物、水、盐的水溶液、盐水合物、盐水合物的混合物、盐、和盐的共晶混合物、碱金属氢氧化物以及由多种上述相变材料构成的混合物。

8. 根据权利要求 7 的潜热储存材料,其特征在于,潜热储存材料含有相变材料乙酸钠-三水合物。

9. 根据权利要求 7 的潜热储存材料,其特征在于,潜热储存材料含有相变材料氯化钙-六水合物。

10. 根据权利要求 1 的潜热储存材料,其特征在于,潜热储存材料含有至少一种晶核形成剂。

11. 一种含有根据权利要求 1-10 之一的潜热储存材料的潜热储存器,其特征在于,潜热储存材料在潜热储存器中作为松散的堆或可流动的颗粒存在。

12. 含有根据权利要求 1-10 之一的潜热储存材料的潜热储存器,其特征在于,潜热储存器含有一种包含潜热储存材料的模制体。

13. 一种用来制备根据权利要求 1-10 之一的潜热储存材料的方法,其特征在于,将潜热储存材料的组分采用混合器、挤压机或捏合机混合。

14. 一种用来制备根据权利要求 1-10 之一的潜热储存材料的方法,包括下列步骤:

- 在一个容器中制备由含有石墨片状物的石墨构成的堆
- 用液态的相变材料覆盖堆
- 用液态的相变材料渗透堆
- 使相变材料凝固。

15. 根据权利要求 14 的方法,其特征在于,石墨片状物通过振摇或捣实而取向。

16. 用来制备根据权利要求 1-10 之一的潜热储存材料的方法,其特征在于,石墨片状物通过振摇或捣实而取向。

17. 一种用来制备含有根据权利要求 1-10 之一的潜热储存材料的潜热储存器的方法, 包括下列步骤:

- 准备具有垂直走向的热交换管的热储存器容器
- 在管道之间的空间中填充入含有石墨片状物的石墨堆
- 石墨片状物通过振摇或捣实而取向
- 用液态的相变材料覆盖石墨堆
- 用相变材料渗透石墨堆。

18. 根据权利要求 14 或 17 的方法, 其特征在于, 在渗透时施加以真空或过压。

19. 一种用来制备根据权利要求 12 的潜热储存器的方法, 其特征在于, 由潜热储存材料通过压铸、挤压和压制的方法而制备模制体。

20. 用来制备根据权利要求 12 的潜热储存器的方法, 其特征在于, 模制体通过切割由在其中石墨片状物具有取向的潜热储存材料制成的块坯而制备, 在此切割平面垂直于石墨片状物的取向。

21. 根据上述权利要求 1-10 之一的潜热储存材料用于房间、建筑物和运输工具的恒温 and 调节温度, 用于在运输温度敏感的物品运输工具的恒温 and 调节温度, 用来冷却电子构件, 或用来储存热量, 太阳能或在工业过程中产生的过程热量的用途。

## 潜热储存材料

[0001] 本发明涉及一种以由至少一种相变材料构成的复合材料形式的潜热储存材料,在相变材料中为了提高导热性而填充入由具有高的长宽比和高的热传导性各向异性的天然石墨或合成石墨制成的片状的石墨颗粒,以及涉及这种材料的制备方法。

[0002] 相变材料适合用于储存以潜热形式的热能。对于相变材料理解为这样的材料,即其在输入或输出热量时发生相变化,如由固相向液相(熔融)或由液相向固相(凝固)转变或在低温和高温变化之间的一种过渡。假如向相变材料输入热量或抽取热量,那么其在达到相变点时的温度保持这么长时间恒定,直至该材料完全转变。在相变期间吸收的或输出的热量称为潜热,其对材料的温度变化不起作用。

[0003] 对于相变材料实际应用作为热储存器的缺点是其较差的热传导性。这样热储存器的加载和卸载就进行得较慢。

[0004] 当相变材料填充入由高的热传导性的材料构成的基体中时,可以减少潜热储存器的加载和卸载的时间。例如 DE-A 196 30 073 提出,在真空中用一种以液相存在的“固-液”相变材料浸渍由石墨构成的多孔的基体。浸渍可通过浸渗-、真空-或真空压缩法进行。

[0005] US-A1 2002 0016505 中提出,向相变材料中混入一种辅助剂,其具有高的热传导性,如金属或石墨粉末。特别地在该申请的实施例 2 中说明,2g 相变材料双十二烷基-氯化铵与 2g 合成石墨 KS 6 一起共同研磨和压成模制品。这种方法方式的优点在于,通过经济的、可大规模工业应用的成型方法如压片法或挤压法的可变的成型,和固体相变材料和具有固体添加剂如晶核形成剂的相变材料的加工的可能性。另外在安置有热交换构型的潜热储存容器中作为堆料的应用也是可能的。

[0006] 与 DE-A 196 30 073 提出的用相变材料浸渍的石墨基体不同,在 US-A1 2002 0016505 中描述的混合物中导热的辅助剂的颗粒不形成包含相变材料的传导结构。所以在后者的情况中热传导性必然是较小的。所以在应用金属切屑或合成石墨粉末作为导热混合物时的显著的缺点在于,为了显著提高潜热储存材料的热传导性必需较高份额的导热的辅助剂(参见 US-A1 2002 0016505 的上述实施例)。这样就减小了潜热储存器的能量密度。

[0007] 从 Min Xiao 等的出版物“能量转换和使用”(Energy Conversion and Management) 第 43 卷(2002) 第 103-108 页中获知,由相变材料,其在相变时由固相变成液相,如石蜡,一种包裹相变材料的和从而以它的形式稳定的苯乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物和较少份额的作为导热辅助剂的经膨胀的石墨构成的复合材料制备潜热储存器。复合材料的组成如下所述:80 质量份额的石蜡、20 质量份额的共聚物和 3-5 质量份额的经膨胀的石墨。储热材料的实际质量份额也只为不足 80%。这种对于成形稳定的材料是不太有助于导热和对于潜热的储存没有帮助。

[0008] 从 EP 1 416 027 A 获知一种添加有作为导热辅助剂的经膨胀的石墨的潜热储存材料。已经确定,在较小的体积份额(从 5%起)的经膨胀的石墨时已经达到了热传导性的显著提高。添加对成形稳定的材料是不必要的。与具有同样体积份额的合成石墨的潜热储存材料比较,这种添加有经膨胀的石墨的潜热储存材料的优点可以归因于经膨胀的石墨的状态、结构和形态学的特殊性。经膨胀的石墨的晶体结构比在大部分的合成石墨的大多

各向同性的颗粒中的结构更符合理想的石墨 - 层面结构得多,所以经膨胀的石墨的热传导性是更高的。

[0009] 经膨胀的石墨的另外的特征是较小的堆密度和颗粒的高的长宽比。对于具有较小的堆密度和高的长宽比的颗粒,其渗滤阈值,也就是说对于形成连通的通路所必需的这种颗粒在复合材料中的临界体积份额,众所周知的是低于密实堆积的具有较小长宽比和相同的化学组成的颗粒的临界体积份额。所以由较小的体积份额的经膨胀的石墨已经显著提高了传导性。

[0010] 由潜热储存材料通过挤压 -、压铸 - 或压制法而可制备模制体。另外可以将由潜热储存材料构成的松散的堆料填充入安置有热交换构型的容器中以用来热储存。

[0011] 从 US-A 3 404 061 获知经膨胀的石墨的制备和由经膨胀的石墨制成的产品。为了制备经膨胀的石墨,就要骤然地加热石墨间充化合物或石墨盐类,如硫酸氢石墨或硝酸石墨。在此生成的所谓的石墨膨胀体由较大的、蠕虫 - 或手风琴形状的聚集体构成。石墨膨胀体的堆密度为 2-20g/l,优选为 2-7g/l。由于颗粒的庞大和较小的堆密度给由经膨胀的石墨制成的颗粒的输送和掺杂以及在潜热储存材料中混合入经膨胀的石墨带来一些技术上的困难。此外由于较多的必要的过程步骤和使用的能量和化学试剂使得制备经膨胀的石墨的费用是较高的。

[0012] 所以本发明的任务是,制备具有导热的辅助剂的潜热储存材料,其具有如经膨胀的石墨那样的类似的优越的性能,但是没有经膨胀的石墨那样的在制备和加工时的缺点。本发明的另一个任务在于,给出用来制备根据本发明的潜热储存材料和其中使用了根据本发明的潜热储存材料的潜热储存器的方法。

[0013] 这一任务这样解决,即潜热储存材料构成为由在其中填充了作为储存热量的辅助剂的石墨的相变材料形成的复合材料,在此起作为导热辅助剂作用的石墨含有由具有高的热传导性各向异性和高的长宽比的天然石墨或 / 和合成石墨构成的片状物。

[0014] 本发明的其他的特征、细节和优点由下面的本发明的详细描述和实施例给出。

[0015] 根据本发明,得到了具有较高的热传导性的复合材料作为纯相变材料,是通过向相变材料中加入作为导热辅助剂的石墨材料,该石墨材料含有具有层面结构的颗粒,该层面结构非常接近于石墨的理想晶体晶格结构。该理想的石墨结构由平行的等距离的上下重叠的具有六边形的碳原子排列的层面构成。在各个层面之间只有弱结合力起作用。由于石墨的这种各向异性的结构,所以这种材料的许多性能是与方向有关的,如在层面中的热和电的传导性是比垂直于层面的方向高许多。在本发明中用作为热传导辅助剂的石墨中在不同的结晶方向上的热传导性相差至少系数 50。

[0016] 对于本发明合适的石墨由具有六边形排列的碳原子的单个层面构成的相互对准了的晶粒构成。这种晶粒具有平的薄片、鳞片或片状物的形式。以下应用片状物的一般性概念。对于本发明合适的石墨片状物的平均颗粒直径为至少 30  $\mu\text{m}$ ,和优选为不大于 3mm。

[0017] 这样的片状物颗粒具有高的长宽比,也就是说它在颗粒平面方向的长度(长度或直径)比它垂直于颗粒平面方向的长度(厚度)要大得多。石墨片状物的长宽比是长度或直径和厚度的比例。典型的比值为 10 : 1-100 : 1。作为比较:球状小颗粒的长宽比为 1,因为它在所有的空间方向的长度是相等的。

[0018] 由于各向异性结构,在片状物中在具有较大的颗粒长度,也即片状物的平面的方

向上的热传导性是比在具有较小的颗粒长度的方向上的热传导性高。

[0019] 特别地天然石墨具有显著的层面结构和晶粒的取向。然而在各个层之间特殊的性能要发生变化。对于通过采用液相 - 或固相热解作用而获得的碳材料的石墨化而制备的合成石墨,它的各向异性大部分是不那么非常显著的,和颗粒的形状更接近于球状。然而有一些种类的合成石墨具有显著各向异性,如 Timcal Ltd. (Bodio, Schweiz) 公司的 Timrex<sup>®</sup> SFG。

[0020] 在合适的加工方式时石墨颗粒的取向甚至在含有这样的石墨颗粒的复合材料中也是保持不变的,以致于在应用相应的复合材料时可以利用石墨的各向异性。在本发明中涉及由石墨颗粒和相变材料构成的复合材料,其在所期望的热输送的方向上应具有高的热传导性。这可以这样达到,即通过石墨片状物在与相变材料混合时通过振摇、捣击或其他合适的措施而这样取向,即在对于每种应用有利的方向上使得热传导性最大。优选地潜热储存材料在一个空间方向上的热传导性是与其垂直的空间方向上的热传导性的至少二倍那么大。

[0021] 另一个对于选择合适的石墨材料的重要标准是堆密度。一方面堆密度不应是如在经膨胀的石墨中那么低,以避免在石墨材料的输送、掺杂、加工和混合时与低的堆密度相关的问题。另一方面在具有低的堆密度的石墨中具有较大份额的孔和空隙,相变材料可以填充入其中,这样也就可以制备具有较高的体积份额的相变材料的复合材料。对于本发明合适的是具有 250g/l-700g/l 的堆密度的天然石墨和各向异性的合成石墨。

[0022] 在根据本发明的由相变材料和各向异性的石墨构成的复合材料中以体积计的石墨份额为 10-40%,优选为 15-30%。对于具有在相变时变成液相的相变材料的复合材料,复合材料的组成优选地相应于各自的所应用的石墨的堆密度。这就是说,通过石墨的堆密度和理论密度 (2.25g/cm<sup>3</sup>) 的比较而确定在松散的堆中存在的石墨的孔和空隙的体积份额,然后加入一定体积份额的相变材料,其是这样计量的,即孔和空隙几乎完全是注满的。对于这样调节了的组成,当相变材料处于液态状态时可以很大程度上避免分层过程,特别是石墨的下沉。假如石墨份额是较小的,那么液体的相变材料和石墨会分层,石墨颗粒下沉到容器底部。石墨份额越高,混合物的粘度就越高。

[0023] 通过应用合适的混合方法,如搅拌、在粉末混合机中混合、捏合或粒化而达到相变材料和石墨的紧密的混合。

[0024] 具有固 - 液相变的相变材料优选地在液态状态下与含有片状物的石墨混合,例如通过将石墨搅拌入液态的相变材料中或液态的相变材料渗透入含有石墨片状物的石墨堆中。渗透可以通过真空或压力而得到支持。由石墨和相变材料通过相变材料渗透入松散的石墨堆中而制备复合材料的可能性是本发明相对于使用经膨胀的石墨的重要优点。由于非常小的堆密度,在技术上非常困难的是,用液体渗透经膨胀的石墨堆,因为它导致强烈的泡沫形成,和漂浮起膨胀物颗粒。此外石墨膨胀物构成的颗粒的机械稳定性是这么小,以致于在渗透之前的用液态相变材料覆盖堆料时不仅损坏了堆料的结构而且损坏了单个的颗粒。

[0025] 为了可以用液态的相变材料渗透经膨胀的石墨,首先必须将其预压缩。例如由 DE-A 196 30 073 获知,对于由用液态的相变材料浸渍,由经膨胀的石墨构成的多孔基体必须预压缩到至少 75g/l 的密度。

[0026] 特别优选地根据本发明的由石墨和相变材料构成的复合材料通过用来制备配混

料的合成材料技术的已知的制备方法而制备,如捏合或粒化的方法。采用挤压机,如双螺旋挤压机的制备是特别优选的。这种方法的优点在于,熔化相变材料。通过将石墨连续地混合入液相中可以达到比用粉末混合法时更大的均匀性。

[0027] 相对于现有技术中已知的使用经膨胀的石墨作为导热的辅助剂用于相变材料中,采用本发明避免了在具有低的堆密度的材料的输送、掺杂、加工和混合时的问题。本发明的另一个主要优点在于,可以直接应用天然石墨。与此相反,为了制备天然石墨的石墨膨胀物必须首先通过用浓酸处理而制备石墨盐类,然后必须用高的热消耗将其膨胀。本发明允许,省去用于制备石墨膨胀物所必需的化学试剂和热能,以致于所得到的潜热储存材料不仅是价格便宜的,而且具有优越的生态平衡性。

[0028] 在本发明的一个优越的进一步构成中,向相变材料中加入含有石墨片状物和经膨胀的石墨的混合物作为导热辅助剂。本专业领域的专业人员可通过选择石墨片状物与经膨胀的石墨的比例而有目的地调节石墨堆密度,以达到在潜热储存材料的尽可能低的石墨含量时尽可能高的热传导性和尽可能良好的石墨混合物的可加工性。

[0029] 在根据本发明的潜热储存材料中可以使用在使用温度范围内对石墨是惰性的所有的相变材料。根据本发明的用来制备潜热储存器的方法允许使用各种不同类型的相变材料。相变不仅可以存在于液相和固相之间的转变而且也存于不同的固相之间的转变。对于根据本发明的潜热储存材料合适的相变材料的相变温度为 $-100^{\circ}\text{C}$ 至 $+500^{\circ}\text{C}$ 。在 $500^{\circ}\text{C}$ 以上的相变温度时必须特别注意,保护石墨免受空气的氧化侵蚀。

[0030] 合适的相变材料例如是石蜡、糖醇、气体水合物、盐的水溶液、盐水合物、盐水合物的混合物、盐(特别是盐酸盐和硝酸盐)和盐的共晶混合物、碱金属氢氧化物以及多种上述的相变材料的混合物,如盐和碱金属氢氧化物的混合物或石蜡和盐水合物的混合物。典型地,作为相变材料合适的盐水合物是氯化钙-六水合物和乙酸钠-三水合物。

[0031] 相变材料根据潜热储存器所使用的温度范围而选择。

[0032] 在需要时向相变材料中添加辅助剂,如晶核形成剂,以防止在凝固过程中过冷。潜热储存材料中晶核形成剂的体积份额不应超过2%,因为晶核形成剂的体积份额有损于储存热的相变材料的体积份额。所以这种晶核形成剂是必需的,即其在较小的浓度下已经显著地减小了相变材料的过冷。合适的晶核形成剂是具有如所应用的相变材料那样的类似的晶体结构和类似的熔点的材料,如用于相变材料乙酸钠-三水合物的四钠-二磷酸盐-十水合物。

[0033] 根据本发明的潜热储存材料可以用作为堆料或用作为模制体。各种不同的由合成材料技术已知的成形方法,如压制、挤压和压铸适合于用来制备含有根据本发明的潜热储存材料的模制体。这种模制体的特征是热传导性的强烈的各向异性,因为石墨片状物垂直于压制方向或平行于喷射-或挤压方向取向。模制体或者直接用作为热储存器或用作为热储存器装置的组成部分。

[0034] 所以在由根据本发明的热储存材料制成的经压制的板中平行于板平面的热传导性是高于垂直于板平面的。当浇注冒口点处在板的一个或多个棱边处(端面)时,这同样适合于压铸的板。然而假如应制备它的垂直于平面方向的热传导性是大于平面方向的模制体,那么这可以这样实现,即通过由在其中石墨片状物是取向的潜热储存材料制成的块坯物体这样切割,即切割面和从而所切割的物体的平面垂直于在块坯中的石墨片状物的取

向。例如由具有相应的质量的潜热储存材料制成的经压制的块坯的所期望的模制体可以以垂直于压制方向或具有相应的质量的经济压的条的所期望的模制体以垂直于挤压方向锯开或切开。也可以制备一种在其中石墨片状物是取向的块坯,是通过在其中片状物通过振摇而取向的含有石墨片状物的堆用液态的相变材料渗透和随后凝固。由一块这样的块坯也可以这样切割成模制体,即切割面是垂直于石墨片状物的取向的。

[0035] 在潜热储存器的结构的设计中可以利用热传导性的各向异性,即通过由潜热储存材料制成的模制体优选这样设置,使得具有较高的热传导性的长度位于所期望的热传导的方向上,也就是向着热交换器构型的方向或向着一个要调节温度的物体的方向。对于在其中这是不可实现的应用,另外可以应用由根据本发明的潜热储存材料制成的堆,其填充入安置有热交换器构型的、与周围环境隔绝的容器中。对于这种热储存器的变型方案,将潜热储存材料制备成粉末状的混合物或制备成可流动的颗粒。

[0036] 假如相变材料以液态状态存在,那么片状的石墨小颗粒通过捣击或振摇在这样的堆中而可以基本上是平放着,也就是水平的。假如垂直立着的热交换管通过具有这样的取向的石墨片状物的堆,那么允许垂直于热交换管取向,也即以从管道伸出的石墨片状物有效地将热量从热交换管向热储存材料的内部输送或有效地将热量从热储存材料内部向管道输送。用根据本发明所应用的各向异性的石墨的片状小颗粒可以比用石墨膨胀物的庞大的颗粒更容易达到在堆中的一个这样的水平的设置。

[0037] 潜热储存材料也可以直接在容器中制备,是通过该容器用片状的石墨堆注满,石墨片状物通过振摇或捣击在水平方向取向和随后用液态的相变材料渗透,在此渗透可通过压力或真空而支持。用石墨膨胀物作为导热辅助剂,由于上述的困难在渗透由经膨胀的石墨构成的堆时而使得这一方法不能应用。

[0038] 根据本发明的潜热储存材料可以用在潜热储存器中,例如用来房间、建筑物和运输工具的恒温和调节温度,如在运输温度敏感的物品时、用来冷却电子构件或用来储存热量,特别是太阳能或在工业过程中产生的过程热量。

[0039] 以下根据实施例来解释本发明。

[0040] 实施例 1

[0041] 为了制备由石墨和相变材料构成的复合材料进行以下的步骤,其中以体积计的石墨含量相应于在各自的石墨堆中石墨的体积份额:首先确定所要应用的石墨的堆-或捣实密度。随后在一个烧杯中制备石墨堆。在此石墨片状物基本上是水平取向的。随后用液态的相变材料覆盖石墨堆。在此这样掺入相变材料,即它的体积份额相应于石墨堆的孔体积。在重力的作用下相变材料流入到石墨堆的孔中和充满其中。通过抽成真空(真空-渗透)、施加外部的压力(压力-渗透)或上述的二种方式的联合(真空-压力-渗透)可以使得这一过程变得容易或加速这一过程。在相变材料凝固后形成固体的复合材料,其例如在水槽中在表面处部分熔化后而可从烧杯中取出。

[0042] 石墨片状物的取向导致,由石墨和相变材料构成的复合材料沿在渗透期间是水平的方向(“水平热传导性”),具有比垂直方向(“垂直热传导性”)更高的热传导性。通过在渗透之前振摇石墨堆而可以附加地提高取向和热储存材料中的石墨份额。

[0043] 按照上述的方式,由在表 1 列出的石墨和相变材料石蜡 RT54(Rubitherm 公司,德国)而制备潜热储存复合材料,其中石蜡具有 54°C 的凝固点。从经冷却的石墨-石蜡-复

合材料中取试样,确定试样在石蜡凝固状态下的水平热传导性。

[0044] 由于不同的堆 - 或捣实密度,以这种方式制备的复合材料具有互不相同的石墨含量。所以为了使得不同的复合材料的导热性能比较成为可能,热传导性通过在复合材料中的石墨的体积份额而区分。这个值表示各个所使用的石墨对于经引起的热传导性的提高的效率。在表 2 中给出了结果。结果显示出,用以石蜡 - 石墨 - 复合材料中的体积份额计的天然石墨或各向异性的合成石墨,复合材料的热传导性比用各向同性的合成石墨明显高许多。

[0045] 表 1

[0046]

产品名称	生产商	石墨类型	平均颗粒直径 ( $d_{50}$ )/[ $\mu\text{m}$ ]
Stratmin5098	TimcalLtd., 瑞士	天然石墨	385
TFL898	GraphitKropfmuehl AG, 德国	天然石墨	230
Luoyang599	LuoyangGuangi Ind. & TradeCo., 中国	天然石墨	395
SFG150	TimcalLtd., 瑞士	各向异性的合成石墨	55
KS6	TimcalLtd., 瑞士	各向同性的合成石墨	3.3
KS150	SGLCarbonGroup	各向同性的合成石墨	50
经石墨化的焦炭		各向同性的合成石墨	1000

[0047] 表 2

[0048]

复合材料	石墨份额 [Vol%]	热传导性 [W/(m·K)]	效率 [W/(m·K·Vol%)]
Stratmin5098/RT54	28	8.4	0.30
TFL898/RT54	21	6.6	0.31
Luoyang599/RT54	30	11.5	0.39
SFG150/RT54	11	2.7	0.24
KS6/RT54	7.5	1.0	0.13
KS150/RT54	24	4.4	0.18
经石墨化的焦炭 /RT54	36	4.2	0.12

[0049] 实施例 2

[0050] 根据实施例 1 中描述的方法由相变材料石蜡 RT54 和具有几乎相同的石墨含量的

天然石墨 (TFL 898) 或各向同性的合成石墨 (KS 150) 制备复合材料。在凝固了的石蜡时确定水平热传导性。在此显示出具有天然石墨的复合材料, 尽管其具有稍低的石墨含量, 但是其热传导性比具有各向同性的合成石墨的比较试样高许多 (参见表 3)。

[0051] 表 3

[0052]

复合材料	石墨含量 [Vol%]	热传导性 [W/(m·K)]
TFL898/RT54	21	6.6
KS150/RT54	24	4.4

[0053] 实施例 3

[0054] 为了检测相变材料对复合材料的热传导性的影响, 根据实施例 1 的方法由天然石墨 TFL 898 和相变材料 RT54 (Rubitherm 公司, 德国) 或乙酸钠-三水合物 (NaAc\*3H<sub>2</sub>O, Silbermann 公司, 德国) 制备复合材料。在表 4 中给出了复合材料和纯相变材料的水平热传导性。与纯的 RT54 相比, 纯的 NaAc\*3H<sub>2</sub>O 的更高的热传导性也导致了 NaAc\*3H<sub>2</sub>O-石墨复合材料更高的热传导性。

[0055] 表 4

[0056]

复合材料	石墨含量 [Vol%]	热传导性 [W/(m·K)]
TFL898/RT54	21	6.6
RT54	0	0.2
TFL898/NaAc*3H <sub>2</sub> O	21	7.7
NaAc*3H <sub>2</sub> O	0	0.6

[0057] 实施例 4

[0058] 表 5 示出了由天然石墨 (TFL 898) 和石蜡 RT54 制成的具有不同的石墨含量的复合材料的水平热传导性。复合材料是类似于实施例 1 那样制备的。更高的石墨含量导致了更高的热传导性。

[0059]

复合材料	石墨含量 [Vol%]	热传导性 [W/(m·K)]
TFL898/RT54	21	6.6
TFL898/RT54	28	10.7

[0060] 实施例 5

[0061] 为了检测在含石墨的潜热储存材料中的热传导的各向异性, 根据实施例 1 中描

述的方法由相变材料石蜡 RT54 和天然石墨 (Strarmin 5098, Luoyang 599) 或各向同性的合成石墨 (KS 150) 制备复合材料。为了改善片状物的取向,在用石蜡渗透之前先振摇 Luoyang 599 的堆。对所有的复合材料测量水平方向和垂直方向的热传导性。由这二个值的比例而得到各向异性系数 A。结果列于表 6 中。具有天然石墨作为导热辅助剂的复合材料具有比含有各向同性的合成石墨的复合材料高得多的水平方向的热传导性和各向异性系数。含有天然石墨的二种复合材料之间的比较显示,具有水平取向的石墨颗粒的复合材料一方面具有较小的垂直热传导性,然而另一方面具有高得多的水平热传导性。这导致了高得多的各向异性系数。

[0062] 表 6

[0063]

复合材料	石墨含量 [Vol% ]	热传导性 / [W/(m-K)]		A [-]
		水平	垂直	
Stratmin5098/RT54	28	8.4	3.8	2.2
Luoyang599/RT54	30	11.5	2.5	4.6
KS150/RT54	24	4.4	2.9	1.5