



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103438327 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201310366875. 9

F16L 59/065(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 08. 21

B32B 37/10(2006. 01)

(71) 申请人 四川航天系统工程研究所

地址 610000 四川省成都市龙泉驿区航天北路工业区 702 号综合楼

(72) 发明人 罗文洲 郭峰 陈粤海 石继梅  
蒋琳

(74) 专利代理机构 四川省成都市天策商标专利  
事务所 51213

代理人 罗韬

(51) Int. Cl.

F16L 59/02(2006. 01)

F16L 59/05(2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料及其制备方法，属一种保温隔热材料，隔热材料中至少包括隔热填料，隔热填料的外部还包覆有阻隔薄膜，阻隔薄膜的内部呈真空状态，且阻隔薄膜在真空作用下与隔热填料紧密接触。通过采用复合隔热填料构成的真空隔热结构，用以增加热辐射，有效提高隔热材料的隔热性能，并且在各类气凝胶的辅助下，可进一步提高材料的隔热性能，据发明人实验得到的导热系数可达  $0.005\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ；另外通过纳米复合材料技术优化隔热材料内部的支撑结构，使得隔热材料可具有一定承载能力，同时本发明尤其适于在容积有限的密封空间隔热系统中作为隔热保温材料使用，亦可用于其他设备或装置中进行保温隔热，应用范围广阔。

1. 一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述隔热材料中至少包括隔热填料,所述隔热填料的外部还包覆有阻隔薄膜,所述阻隔薄膜的内部呈真空状态,且阻隔薄膜在真空作用下与隔热填料紧密接触。

2. 根据权利要求1所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述隔热材料中还包括作为隔热填料载体的基体材料,所述基体材料与隔热填料一并由阻隔薄膜包覆且处于真空状态。

3. 根据权利要求2所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述基体材料为玻璃纤维布、棉线、芳纶纤维布中的任意一种或者多种。

4. 根据权利要求1或2所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述阻隔薄膜由铝膜与聚偏氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚氯乙烯薄膜、硅橡胶膜当中的任意一种或多种复合而成。

5. 根据权利要求1或2所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述隔热填料由玻璃棉与玻璃纤维、纳米二氧化硅颗粒、疏水纳米二氧化硅颗粒、纳米气凝胶、纳米二氧化硅气凝胶当中的任意一种或多种混合而成。

6. 根据权利要求5所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述隔热填料中玻璃纤维的含量小于等于隔热填料总重量的50%,纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、疏水纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、纳米气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的10%、纳米二氧化硅气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的40%。

7. 一种权利要求1至6任意一项所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料的制备方法,其特征在于:所述制备方法为将隔热填料混合后,放入阻隔薄膜的内部;再采用抽真空装置使阻隔薄膜的内部形成真空;然后再进行热压密封或采用甲基乙烯基硅橡胶密封后,即隔热材料制备完成。

8. 根据权利要求7所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:增加基体材料与隔热填料一并放入阻隔薄膜的内部,且在真空的作用下使阻隔薄膜与基体材料、隔热填料紧密接触。

9. 根据权利要求8所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述基体材料为玻璃纤维布、棉线、芳纶纤维布中的任意一种或者多种;所述阻隔薄膜由铝膜与聚偏氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚氯乙烯薄膜、硅橡胶膜当中的任意一种或多种热压复合而成。

10. 根据权利要求7至9任意一项所述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,其特征在于:所述隔热填料由玻璃棉与玻璃纤维、纳米二氧化硅颗粒、疏水纳米二氧化硅颗粒、纳米气凝胶、纳米二氧化硅气凝胶当中的任意一种或多种混合而成;且所述隔热填料中玻璃纤维的含量小于等于隔热填料总重量的50%,纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、疏水纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、纳米气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的10%、纳米二氧化硅气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的40%。

## 具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种保温隔热材料,更具体的说,本发明主要涉及一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 由于部分密封空间的容积有限,为了节省空间,需要使用超低导热系数的隔热结构以降低隔热结构的体积占用率和重量,从而提高空间使用效率。目前常用的保温隔热材料有聚氨酯泡沫(导热系数为0.03W/m·K-0.04W/m·K)、石棉(导热系数为0.038W/m·K-0.047W/m·K)、聚苯乙烯泡沫(导热系数为0.033W/m·K-0.044W/m·K)、传统真空隔热结构(导热系数为0.0025W/m·K-0.004W/m·K)等。但是传统真空隔热结构不能作为结构件承载使用、重量高,仅仅是从减少热传导和热对流的角度来降低导热系数。因此有必要针对具有特定用途的隔热保温材料的结构做进一步的改进。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的之一在于针对上述不足,提供一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料及其制备方法,以期望解决现有隔热材料的单位体积隔热率低下,且不具备承载性等技术问题。

[0004] 为解决上述的技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0005] 本发明所提供的一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,所述隔热材料中至少包括隔热填料,所述隔热填料的外部还包覆有阻隔薄膜,所述阻隔薄膜的内部呈真空状态,且阻隔薄膜在真空作用下与隔热填料紧密接触。

[0006] 作为优选,进一步的技术方案是:所述隔热材料中还包括作为隔热填料载体的基体材料,所述基体材料材料与隔热填料一并由阻隔薄膜包覆且处于真空状态。

[0007] 更进一步的技术方案是:所述基体材料为玻璃纤维布、棉线、芳纶纤维布中的任意一种或者多种。

[0008] 更进一步的技术方案是:所述阻隔薄膜由铝膜与聚偏氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚氯乙烯薄膜、硅橡胶膜当中的任意一种或多种复合而成。

[0009] 更进一步的技术方案是:所述隔热填料由玻璃棉与玻璃纤维、纳米二氧化硅颗粒、疏水纳米二氧化硅颗粒、纳米气凝胶、纳米二氧化硅气凝胶当中的任意一种或多种混合而成。

[0010] 更进一步的技术方案是:所述隔热填料中玻璃纤维的含量小于等于隔热填料总重量的50%,纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、疏水纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、纳米气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的隔热填料总重量的10%、纳米二氧化硅气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的40%。

[0011] 本发明还提供了一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料的制备方法,所述制备方法为将隔热填料混合后,放入阻隔薄膜的内部;再采用抽真空装置使隔热填料的内

部形成真空;然后再进行热压密封或采用甲基乙烯基硅橡胶密封后,即隔热材料制备完成。

[0012] 作为优选,进一步的技术方案是:增加基体材料与隔热填料一并放入阻隔薄膜的内部,且在真空的作用下使阻隔薄膜与基体材料、隔热填料紧密接触。

[0013] 更进一步的技术方案是:所述基体材料为玻璃纤维布、棉线、芳纶纤维布中的任意一种或者多种;所述阻隔薄膜由铝膜与聚偏氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚氯乙烯薄膜、硅橡胶膜当中的任意一种或多种热压复合而成。

[0014] 更进一步的技术方案是:所述隔热填料由玻璃棉与玻璃纤维、纳米二氧化硅颗粒、疏水纳米二氧化硅颗粒、纳米气凝胶、纳米二氧化硅气凝胶当中的任意一种或多种混合而成;且所述隔热填料中玻璃纤维的含量小于等于隔热填料总重量的50%,纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、疏水纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、纳米气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的10%、纳米二氧化硅气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的40%。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果之一是:通过采用复合隔热填料构成的真空隔热结构,用以增加热辐射,从而有效提高隔热材料的隔热性能,并且在各类气凝胶的辅助下,可进一步提高材料的隔热性能,据发明人实验得到的导热系数可达0.005W/m·K;另外通过纳米复合材料技术优化隔热材料内部的支撑结构,使得隔热材料可具有一定的承载能力,同时本发明所提供的一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料尤其适于在容积有限的密封空间隔热系统中作为隔热保温材料使用,亦可用于其他设备或装置中进行保温隔热,应用范围广阔。

## 具体实施方式

[0016] 下面再结合具体实施例对本发明作进一步阐述。

[0017] 本发明的一个实施例是一种具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料,所述隔热材料中至少包括隔热填料,所述隔热填料的外部还包覆有阻隔薄膜,所述阻隔薄膜的内部呈真空状态,且阻隔薄膜在真空作用下与隔热填料紧密接触。

[0018] 在本实施例中,上述隔热填料优选为玻璃棉与玻璃纤维、纳米二氧化硅颗粒、疏水纳米二氧化硅颗粒、纳米气凝胶、纳米二氧化硅气凝胶当中的任意一种或多种混合而成,即通过纳米级气凝胶的真空隔热结构来增加热辐射而进一步提高真空隔热材料的隔热性能。

[0019] 同时发明人还考虑到上述作为隔热填料的材料具体的用量将影响其隔热的能力,因此针对上述每种材质在隔热填料中的含量进行了具体的实验,得到如下的优选含量:即上述隔热填料中玻璃纤维的含量小于等于隔热填料总重量的50%,纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、疏水纳米二氧化硅颗粒的含量小于等于隔热填料总重量的30%、纳米气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的10%、纳米二氧化硅气凝胶的含量小于等于隔热填料总重量的40%。

[0020] 另外,更为进一步优化上述隔热材料的隔热性能,且使上述隔热填料在阻隔薄膜内部的真空环境中保持均匀,最好再在上述隔热材料的结构中增加基体材料,该基体材料即可作为上述隔热填料的载体,并与隔热填料一并由阻隔薄膜包覆且处于真空状态。而关于基体材料的具体材质,发明人参考了现有技术中的多种可作为液态物质载体的材料,认为其应当采用纤维材质为好,例如玻璃纤维布、棉线、芳纶纤维布等,又或者为前述多种材

质的组合。

[0021] 然而上述的阻隔薄膜则可采用铝膜与聚偏氟乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚氯乙烯薄膜、硅橡胶膜当中的任意一种或多种复合而成。与前述方式复合后的产物相类似，也可直接采用市场上可购买到的覆铝聚酯膜。

[0022] 本发明的另一个实施例是一种上述的具有超低导热系数的高性能纳米隔热材料的具体制备方法，该制备方法大致为：将隔热填料混合后，放入阻隔薄膜的内部；再采用抽真空装置使阻隔薄膜的内部形成真空；然后再进行热压密封或采用甲基乙烯基硅橡胶密封后，即隔热材料制备完成。

[0023] 与上述的实施例相类似，可在上述方法的基础上，增加基体材料与隔热填料一并放入阻隔薄膜的内部，且在真空的作用下使阻隔薄膜与基体材料、隔热填料紧密接触。

[0024] 按照上述的方法，发明人还提供了以下三个具体的操作实施例，以使得本领域的技术人员更易理解本发明：

[0025] 实施例一：

[0026] a. 阻隔薄膜：铝膜、聚酯薄膜；

[0027] b. 低导热系数的隔热填料：玻璃棉(40%wt)，玻璃纤维(30%wt)，纳米二氧化硅(30%wt)；

[0028] c. 低导热系数基体材料：无；

[0029] d. 制备工艺：

[0030] 1) 将聚酯薄膜与铝膜进行热压复合或者直接购买覆铝聚酯膜；

[0031] 2) 将纳米二氧化硅和玻璃纤维负载到玻璃棉载体上；

[0032] 3) 将已经负载有低导热填料的隔热组分放置于阻隔薄膜上，抽真空至阻隔薄膜与隔热组分充分贴合，热压密封或使用甲基乙烯基硅橡胶密封；

[0033] 本例经测试后能够达到的技术指标为：

[0034] e. 导热系数指标：导热系数 $\leq 0.008\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

[0035] f. 力学性能：弯曲 $\geq 450\text{N}$ 。

[0036] 实施例二：

[0037] a. 阻隔薄膜：铝膜、聚丙烯薄膜；

[0038] b. 低导热系数隔热填料：玻璃棉(70%wt)，纳米二氧化硅气凝胶(30%wt)；

[0039] c. 低导热系数基体材料：玻璃纤维布；

[0040] d. 制备工艺：

[0041] 1) 将聚丙烯薄膜与铝膜进行热压复合或者直接购买覆铝聚丙烯薄膜；

[0042] 2) 将纳米二氧化硅和玻璃纤维负载到玻璃棉载体上；

[0043] 3) 将已经负载有低导热填料的隔热组分放置于阻隔薄膜上，抽真空至阻隔薄膜与隔热组分充分贴合，热压密封或使用甲基乙烯基硅橡胶密封；

[0044] 本例经测试后能够达到的技术指标为：

[0045] e. 导热系数指标：导热系数 $\leq 0.007\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

[0046] f. 力学性能：弯曲 $\geq 650\text{N}$ 。

[0047] 实施例三：

[0048] a. 将聚酯薄膜与铝膜进行热压复合或者直接购买覆铝聚酯膜；

- [0049] b. 低导热系数隔热填料 : 玻璃棉(70%wt), 纳米气凝胶(30%wt) ;
- [0050] c. 低导热系数基体材料 : 芳纶纤维布 ;
- [0051] d. 制备工艺 :
- [0052] 1) 将聚丙烯薄膜与铝膜进行热压复合或者直接购买覆铝聚丙烯薄膜 ;
- [0053] 2) 将纳米气凝胶负载到玻璃棉载体上 ;
- [0054] 3) 将已经负载有低导热填料的隔热组分放置于阻隔薄膜上, 抽真空至阻隔薄膜与隔热组分充分贴合, 热压密封或使用甲基乙烯基硅橡胶密封 ;
- [0055] 本例经测试后能够达到的技术指标为 :
- [0056] e. 导热系数指标 : 导热系数  $\leq 0.005\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。
- [0057] f. 力学性能 : 弯曲  $\geq 650\text{N}$ 。
- [0058] 除上述以外, 还需要说明的是在本说明书中所谈到的“一个实施例”、“另一个实施例”、“实施例”等, 指的是结合该实施例描述的具体特征、结构或者特点包括在本申请概括性描述的至少一个实施例中。在说明书中多个地方出现同种表述不是一定指的是同一个实施例。进一步来说, 结合任一实施例描述一个具体特征、结构或者特点时, 所要主张的是结合其他实施例来实现这种特征、结构或者特点也落在本发明的范围内。
- [0059] 尽管这里参照本发明的多个解释性实施例对本发明进行了描述, 但是, 应该理解, 本领域技术人员可以设计出很多其他的修改和实施方式, 这些修改和实施方式将落在本申请公开的原则范围和精神之内。更具体地说, 在本说明书公开和权利要求的范围内, 可以对主题组合布局的组成部件和 / 或布局进行多种变型和改进。除了对组成部件和 / 或布局进行的变型和改进外, 对于本领域技术人员来说, 其他的用途也将是明显的。