



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104540584 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201380025374. 2

(22) 申请日 2013. 04. 03

(30) 优先权数据

61/620, 673 2012. 04. 05 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 11. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/035070 2013. 04. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/152071 EN 2013. 10. 10

(73) 专利权人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 蒋大跃 S·B·奥古米 宋真

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 项丹

(51) Int. Cl.

B01J 20/32(2006. 01)

B01J 20/28(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2010326272 A1, 2010. 12. 30,

US 4368776 A, 1983. 01. 18,

CN 101518705 A, 2009. 09. 02,

CN 103080047 A, 2013. 05. 01,

US 2005037147 A1, 2005. 02. 17,

审查员 蒋美玲

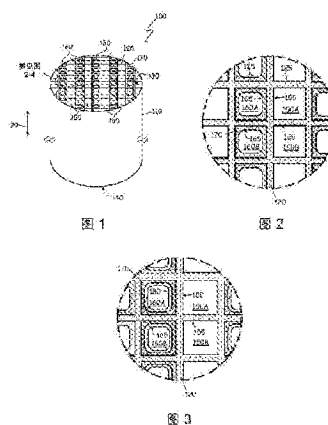
权利要求书3页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

选定的蜂窝通道表面上的不可渗透的聚合物涂层

(57) 摘要

用于CO₂俘获的吸收结构包括蜂窝基材,所述蜂窝基材具有延伸通过蜂窝基材的分隔壁。所述分隔壁具有限定了多个单独通道的通道表面,所述多个单独通道包括多个反应通道和多个热交换通道。反应通道和热交换通道的排列使得单独的反应通道与单独的热交换通道是热连通的。反应通道的表面包含吸收材料,热交换通道的表面包含涂层。所述涂层包括由聚合物材料形成的不透水层。不透水层的聚合物材料不明显渗透进入分隔壁或反应通道表面的吸收材料中。用于形成所述吸收结构的方法包括采用液体组合物,例如水性聚合物乳液,用聚合物材料涂覆热交换通道的表面。



1. 一种用于CO₂俘获的吸收结构(100),其包括:

蜂窝基材(110),所述蜂窝基材(110)具有多孔分隔壁(120),所述多孔分隔壁(120)以轴向(90)延伸通过蜂窝基材(110),从蜂窝基材(110)的入口表面(130)到与该入口表面(130)相对的蜂窝基材(110)的出口表面(140),所述多孔分隔壁(120)具有限定了多个单独通道(150、160)的通道表面(125),

其中:

所述多个单独通道(150、160)包括多个反应通道(150)和多个热交换通道(160),从而反应通道(150)的通道表面(125)是反应通道表面(155),而热交换通道(160)的通道表面(125)是交换通道表面(165);

反应通道(150)和热交换通道(160)的排列使得单独的反应通道(150A、150B)与单独的热交换通道(160A、160B)是热连通的;

反应通道表面(155)包含吸收材料;

交换通道表面(165)包含设置在其上的至少一层涂层;以及

所述至少一层涂层包括由聚合物材料形成的不可透水层(170),所述聚合物材料选自下组:聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类、聚氯丁二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氯乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物;以及

不可透水层(170)的聚合物材料渗透进入形成交换通道表面(165)的多孔分隔壁(120)中不到该多孔分隔壁(120)宽度的25%。

2. 如权利要求1所述的吸收结构(100),其特征在于,所述蜂窝基材(110)由吸收材料形成。

3. 如权利要求1所述的吸收结构(100),其特征在于,所述蜂窝基材(110)由非吸收材料的陶瓷材料形成,并且在形成蜂窝基材(110)的过程中或者之后,用吸收材料装载陶瓷材料。

4. 如权利要求1所述的吸收结构(100),其特征在于,所述至少一层涂层还包括不可透水层(170)上的至少一层额外层(180),所述至少一层额外层(180)包含不同于不可透水层(170)的聚合物材料的聚合物材料。

5. 如权利要求4所述的吸收结构(100),其特征在于,所述不可透水层(170)是聚(乙烯丁缩醛)树脂,并且所述至少一层额外层(180)的聚合物材料包含聚苯乙烯或环氧树脂。

6. 一种形成用于CO₂俘获的吸收结构(100)的方法,所述方法包括:

提供由吸收材料形成的蜂窝基材(110),所述蜂窝基材(110)具有多孔分隔壁(120),所述多孔分隔壁(120)以轴向(90)延伸通过蜂窝基材(110),从蜂窝基材(110)的入口表面(130)到与该入口表面(130)相对的蜂窝基材(110)的出口表面(140),所述多孔分隔壁(120)具有限定了多个单独通道(150、160)的通道表面(125),所述多个单独通道(150、160)包括多个反应通道(150)和多个热交换通道(160),从而反应通道(150)的通道表面(125)是反应通道表面(155),而热交换通道(160)的通道表面(125)是交换通道表面(165);

掩蔽各个反应通道(150)的入口端和出口端,以形成掩蔽的反应通道;

将第一水性聚合物乳液递送到蜂窝基材(110)的入口表面(130)上,以使得第一水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道(160)而不流动通过掩蔽的反应通道,从而仅在交换通道表面(165)上形成第一水性聚合物乳液的第一乳液涂层;以及

对第一乳液涂层进行干燥,以在交换通道表面(165)上形成不可透水层(170),
其中:

所述不可透水层(170)包含选自下组的聚合物材料:聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类、聚氯丁二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物;以及

不可透水层(170)的聚合物材料渗透进入形成交换通道表面(165)的多孔分隔壁(120)中不到该多孔分隔壁(120)宽度的25%。

7.如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第一水性聚合物乳液包含聚合物材料的颗粒或者当固化时形成聚合物材料的未固化的单体。

8.如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第一水性聚合物乳液包含中值粒度为0.1-20 μm 的聚合物材料的颗粒。

9.如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第一水性聚合物乳液具有25 $^{\circ}\text{C}$ 时50-5000cP的粘度。

10.如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述蜂窝基材(110)具有100-2000个单独通道/平方英寸入口表面(130)的孔道密度,并且所述第一水性聚合物乳液具有25 $^{\circ}\text{C}$ 时50-5000cP的粘度。

11.如权利要求6所述的方法,所述方法还包括:

将第二水性聚合物乳液递送到蜂窝基材(110)的入口表面(130)上,以使得第二水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道(160)而不流动通过掩蔽的反应通道,从而在不可透水层(170)上形成第二水性聚合物乳液的第二乳液涂层;以及

对第二水性聚合物乳液的第二乳液涂层进行干燥,以在不可透水层(170)上形成作为顶涂层的至少一层额外层(180)。

12.如权利要求11所述的方法,其特征在于,所述顶涂层包含选自聚苯乙烯和环氧树脂的聚合物材料。

13.一种形成用于 CO_2 俘获的吸收结构(100)的方法,所述方法包括:

提供由陶瓷材料形成、并装载了吸收材料的蜂窝基材(110),所述蜂窝基材(110)具有多孔分隔壁(120),所述多孔分隔壁(120)以轴向(90)延伸通过蜂窝基材(110),从蜂窝基材(110)的入口表面(130)到与该入口表面(130)相对的蜂窝基材(110)的出口表面(140),所述多孔分隔壁(120)具有限定了多个单独通道(150、160)的通道表面(125),所述多个单独通道(150、160)包括多个反应通道(150)和多个热交换通道(160),从而反应通道(150)的通道表面(125)是反应通道表面(155),而热交换通道(160)的通道表面(125)是交换通道表面(165);

掩蔽各个反应通道(150)的入口端和出口端,以形成掩蔽的反应通道;

将第一水性聚合物乳液递送到蜂窝基材(110)的入口表面(130)上,以使得第一水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道(160)而不流动通过掩蔽的反应通道,从而仅在交换通道表面(165)上形成第一水性聚合物乳液的第一乳液涂层;以及

对乳液涂层进行干燥,以在交换通道表面(165)上形成不可透水层(170),

其中:

所述不可透水层(170)包含选自下组的聚合物材料:聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯

类、聚腈类、聚氯丁二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物;以及

不可透水层(170)的聚合物材料渗透进入形成交换通道表面(165)的多孔分隔壁(120)中不到该多孔分隔壁(120)宽度的25%。

14.如权利要求13所述的方法,所述方法还包括:

在递送第一水性聚合物乳液之前,用吸收材料洗涂蜂窝基材(110),以用吸收材料装载蜂窝基材(110)。

15.如权利要求13所述的方法,所述方法还包括:

将第二水性聚合物乳液递送到蜂窝基材(110)的入口表面(130)上,以使得第二水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道(160)而不流动通过掩蔽的反应通道,从而在不可透水层(170)上形成第二水性聚合物乳液的第二乳液涂层;以及

对第二水性聚合物乳液的第二乳液涂层进行干燥,以在不可透水层(170)上形成作为顶涂层的至少一层额外层(180)。

选定的蜂窝通道表面上的不可渗透的聚合物涂层

[0001] 本申请根据35U.S.C.§119,要求2012年4月5日提交的美国临时申请系列第61/620673号的优先权,本文以该申请为基础并将其全文通过引用结合于此。

[0002] 背景

[0003] 领域

[0004] 本文一般地涉及从气流俘获二氧化碳(CO₂)的吸收结构,更具体地,涉及具有指定的反应流通道和指定的热交换通道的吸收结构,所述指定的反应流通道具有吸收表面,所述指定的热交换通道具有不可透水的阻隔层。

技术背景

[0005] 二氧化碳是和全球变暖相关的温室气体。其通常是各种消费者和工业过程的副产品,例如石化燃料的燃烧、天然气的纯化以及油回收系统等。从经济角度看,碳贸易和未来对来自烟道气体和其他CO₂点来源的规定,鼓励开发CO₂俘获技术。

[0006] 可以通过例如热变动吸附、压力变动吸附或真空变动吸附的方法来实现用固体吸附剂俘获二氧化碳。例如,在热变动吸附过程中,来自加工气体的CO₂在低温下被吸附到固体吸附剂上,然后通过将吸附剂加热至较高的温度,从吸附剂解吸附进入到废气流中。一旦从吸附剂解吸附CO₂,必须对吸附剂再次进行冷却,以开始新的吸附循环。在涉及热变动过程的大规模应用中,对于在大量固体吸附剂上快速和均匀地循环温度的需求仍是一个技术挑战。

[0007] 因此,存在对于可用于在热变动吸附过程来从加工气流回收CO₂的替代方法和设备的持续需求。

[0008] 概述

[0009] 根据各种实施方式,提供了用于CO₂俘获的吸收结构。吸收结构包括具有分隔壁的蜂窝基材,所述分隔壁以轴向延伸通过蜂窝基材,从蜂窝基材的入口表面到与该入口表面相对的蜂窝基材的出口表面。分隔壁具有限定了多个单独通道的通道表面。所述多个单独通道包括多个反应通道和多个热交换通道,其中,反应通道的通道表面是反应通道表面,而热交换通道的通道表面是交换通道表面。反应通道和热交换通道的排列使得单独的反应通道与单独的热交换通道是热连通的。反应通道表面包含吸收材料,交换通道表面包含至少一层涂层。在非限制性实施方式中,所述至少一层涂层可包括由聚合物材料(例如,聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类(包括羧化-丙烯腈-共-丁二烯类)、聚氯丁二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物)形成的不可透水层。不可透水层的聚合物材料不明显渗透进入形成交换通道表面的分隔壁中。

[0010] 根据其它实施方式,提供了形成用于CO₂俘获的吸收结构的方法。所述方法可包括提供由吸收材料形成的蜂窝基材。蜂窝基材具有分隔壁,所述分隔壁以轴向延伸通过蜂窝基材,从蜂窝基材的入口表面到与该入口表面相对的蜂窝基材的出口表面。分隔壁具有限定了多个单独通道的通道表面。所述多个单独通道包括多个反应通道和多个热交换通道,

其中,反应通道的通道表面是反应通道表面,而热交换通道的通道表面是交换通道表面。所述方法还可包括掩蔽各个反应通道的入口端和出口端,以形成掩蔽的反应通道。所述方法还可包括将水性聚合物乳液(例如,乳胶)或者水性聚合物分散体递送到蜂窝基材的入口表面上,以使得水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道而不流动通过掩蔽的反应通道,从而仅在交换通道表面上形成水性聚合物乳液的乳液涂层。所述方法还可包括使得乳液涂层干燥,以在交换通道表面上形成不可透水层。所述不可透水层可包括聚合物材料,例如,聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类(包括羧化-丙烯腈-共-丁二烯类)、聚氯乙烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物。

[0011] 根据其它实施方式,提供了形成用于CO₂俘获的吸收结构的额外方法。所述方法可包括提供由陶瓷材料形成的蜂窝基材。蜂窝基材具有分隔壁,所述分隔壁以轴向延伸通过蜂窝基材,从蜂窝基材的入口表面到与该入口表面相对的蜂窝基材的出口表面。分隔壁具有限定了多个单独通道的通道表面。所述多个单独通道包括多个反应通道和多个热交换通道,其中,反应通道的通道表面是反应通道表面,而热交换通道的通道表面是交换通道表面。所述方法还可包括掩蔽各个反应通道的入口端和出口端,以形成掩蔽的反应通道。所述方法还可包括将水性聚合物乳液递送到蜂窝基材的入口表面上,以使得水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道而不流动通过掩蔽的反应通道,从而仅在交换通道表面上形成水性聚合物乳液的乳液涂层。所述方法还可包括使得乳液涂层干燥,以在交换通道表面上形成不可透水层。所述不可透水层可包括聚合物材料,例如,聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类(包括羧化-丙烯腈-共-丁二烯类)、聚氯乙烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物。

[0012] 在以下的详细描述中提出了本文所述的实施方式的其他特征和优点。这些其他特征和优点对本领域技术人员而言,根据所作描述就容易看出,或者通过实施包括以下详细描述,包括附图和权利要求书在内的本文所述的实施方式而被容易地认识。

[0013] 应理解,前面的一般性描述和以下的详细描述介绍了各种实施方式,用来提供理解要求保护的主题的性质的特性的总体评述或框架。包括的附图提供了对各种实施方式的进一步的理解,附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图以图示形式说明了本文所述的各种实施方式,并与说明书一起用来解释要求保护的主题的原理和操作。

[0014] 附图简述

[0015] 图1是根据本文实施方式的吸收结构的透视图,显示具有分隔壁的蜂窝基材,所述分隔壁限定了反应通道和热交换通道;

[0016] 图2是图1的吸收结构的一个实施方式的部分视图,其中反应通道被蜂窝基材的分隔壁的吸收表面所限定,并且热交换通道被不可透水层涂覆;

[0017] 图3是图1的吸收结构的一个实施方式的部分视图,其中反应通道被蜂窝基材的分隔壁的吸收表面所限定,并且热交换通道被不可透水层和所述不可透水层上的额外层涂覆;以及

[0018] 图4是根据本文所述的实施方式的用于形成吸收结构的方法的本文所述的一些实施方式的涂覆过程的示意图。

具体实施方式

[0019] 现在将详细参考用于从气流俘获 CO_2 的吸收结构及其形成方法的实施方式,它们的示例如附图所示。只要有可能,在所有附图中使用相同的附图标记来表示相同或类似的部分。用于从气流俘获 CO_2 的吸收结构的一个实施方式如图1示意性所示,额外的实施方式如图2和3所示。吸收结构通常包括具有分隔壁的蜂窝基材,所述分隔壁以轴向延伸通过蜂窝基材,从蜂窝基材的入口表面到与该入口表面相对的蜂窝基材的出口表面。分隔壁具有限定了多个单独通道的通道表面。所述多个单独通道包括多个反应通道和多个热交换通道,其中,反应通道的通道表面是反应通道表面,而热交换通道的通道表面是交换通道表面。反应通道和热交换通道的排列使得单独的反应通道与单独的热交换通道是热连通的。反应通道表面包含吸收材料,交换通道表面包含至少一层由聚合物材料形成的不可透水涂层。所述不可透水层的聚合物材料不从交换通道表面渗透进入反应通道表面的吸收材料中。因此,在用于从气流俘获 CO_2 的过程中,气流流动通过反应通道,传热介质(例如水)可以流动通过热交换通道,传热介质被不可透水涂层阻挡不能进入反应通道,否则的话会降低吸收 CO_2 负载容量。下面将结合附图更详细地描述吸收结构以及用于形成吸收结构的方法。

[0020] 参见图1和2,根据一些实施方式的用于从气流俘获 CO_2 的吸收结构100可包括具有分隔壁120的蜂窝基材110,所述分隔壁120以轴向90延伸通过蜂窝基材110,从蜂窝基材110的入口表面130到蜂窝基材110的出口表面140。出口表面140与入口表面130相对。分隔壁120具有限定了多个单独通道150、160的通道表面125。所述多个单独通道150、160包括多个反应通道150和多个热交换通道160。因此,反应通道150的通道表面125是反应通道表面155,而热交换通道160的通道表面125是交换通道表面165。反应通道150和热交换通道160的排列使得单独的反应通道150A、150B与单独的热交换通道160A、160B是热连通的。反应通道表面155包含吸收材料。交换通道表面165包含在交换通道表面165上的至少一层涂层。所述至少一层涂层包括由聚合物材料形成的不可透水层170。不可透水层170的聚合物材料不明显渗透进入形成交换通道表面165的分隔壁120的吸收材料中,也不明显渗透进入反应通道表面155的吸收材料中。

[0021] 蜂窝基材110可由任意合适的多孔材料形成,包括例如,玻璃、陶瓷、非氧化物陶瓷(例如碳化物、氮化物)、碳、合金、金属、聚合物、复合物,及其混合物。在一些实施方式中,蜂窝基材110可由能够吸附 CO_2 的吸收材料形成,例如,沸石、MOF(金属有机框架)、粘土、层状双氢氧化物、固态氨和碱性/碱土氧化物,或者含有沸石、MOF(金属有机框架)或堇青石、SiC、多铝红柱石、氧化铝、钛酸铝和碳的复合物。在其他实施方式中,蜂窝基材110可由嵌有吸收材料的陶瓷支承材料形成。在其他实施方式中,蜂窝基材110可由非吸收材料形成,随后通过合适的方法(例如,洗涂)来装载吸收材料。蜂窝基材110可由任意合适的方法制备,但是通常通过挤出、模塑、3D打印制备,或者形成合适的材料,并任选地对材料进行精整(例如通过加热或者对材料进行烧制)来制备。

[0022] 通常来说,根据本文所述的实施方式的吸收材料是能够可逆地从含有 CO_2 以及一种或多种额外的气体(例如,甲烷、氮气、氢气、硫化氢或其混合物)的加工气流吸附 CO_2 的材料。本文所用“能够可逆地从加工气流吸附 CO_2 ”指的是吸收材料可以第一组操作参数(例如,初始温度)从加工气流吸附 CO_2 ,并且可以通过变化至第二组操作参数(例如,通过升高

温度)使得从吸收材料对吸附的CO₂进行解吸附。在非限制性实施方式中,含CO₂的加工气流可以是,例如,天然气、烟道气体、空气、生物气、来自产氢气过程的水煤气变换混合物以及来自燃烧过程的废气。在一些实施方式中,蜂窝基材110由吸收材料或者非吸收材料形成,在形成蜂窝基材110的过程中,将吸收材料加入到所述非吸收材料中。在其他实施方式中,将吸收材料装载在由非吸收材料形成的蜂窝基材110的孔中。

[0023] 根据一些实施方式,可制备(例如通过模塑、挤出或成形)蜂窝基材110的合适的吸收材料,包括沸石、碳、沸石咪唑框架、金属有机框架、碳、含有SBA-15和类似物的中孔氧化铝和氧化硅以及上述材料的组合,但不限于此。在非限制性实施方式中,特别适合用于CO₂的吸收材料包括沸石、沸石咪唑框架、金属有机框架、碳、含有SBA-15和类似物的中孔氧化铝和氧化硅以及上述材料的组合,以及用胺或氨基官能化的任意上述材料。在其他实施方式中,蜂窝基材110可由陶瓷支承材料形成,其中可嵌入一种或多种所述吸收材料。在此类实施方式中,例如,陶瓷支承材料可以与吸收材料一起进行模塑或共挤出,以形成蜂窝基材。

[0024] 根据一些实施方式,在非限制性实施方式中,可至少施加到蜂窝基材110的反应通道表面155上的合适的吸收材料包括沸石、沸石咪唑框架、金属有机框架、碳、含有SBA-15和类似物的中孔氧化铝和氧化硅以及上述材料的组合,以及用胺或氨基官能化的任意上述材料。根据本文所述的实施方式,可以通过任意合适的技术,例如通过洗涂,来施加吸收材料。

[0025] 虽然图1的实施方式的蜂窝基材110是圆柱形的,但是根据其他实施方式,蜂窝基材110可具有任意合适的形状、例如三角体、长方体、正方体或六角体。此外,例如,蜂窝基材110可在轴向90具有任意合适的长度,例如1cm至10m。

[0026] 通常来说,形成蜂窝基材110的材料是多孔的。在一些实施方式中,蜂窝基材110可由吸收材料形成。在其他实施方式中,蜂窝基材可由非吸收材料形成,例如陶瓷支承,可在例如形成蜂窝基材110的过程中(例如,通过共挤出)或者在形成蜂窝基材110之后(例如,通过洗涂)来加入吸收材料。在一些实施方式中,蜂窝基材110的材料可以具有1.0-15 μ m的中值孔径。在一些实施方式中,吸收材料和蜂窝基材110可具有孔径小于1 μ m的一些孔以及孔径大于1 μ m的一些孔。例如,吸收材料和蜂窝基材110可具有这样的孔,其中大于50%的孔的孔径小于1 μ m。本文所用术语“孔径”指的是横截面直径,或者当孔具有非圆横截面时,指的是具有与非圆孔相同横截面面积的假想圆的直径。通常,任意给定材料的孔径以统计学分布存在。因此,术语“中值孔径”或“d₅₀”指长度测量,基于所有孔的统计学分布,50%孔的孔径大于该长度,而剩余的50%孔小于该长度。但是,应理解的是,本文所述的吸收结构100的实施方式可用于具有其他中值孔径的蜂窝基材110,包括但不限于,中值孔径小于1.0 μ m或者大于15 μ m的蜂窝基材。

[0027] 在一些实施方式中,蜂窝基材110可具有35-60%的孔隙度,通过压汞孔隙率法测量。但是,应理解的是,本文所述的吸收结构100的实施方式可用于具有其他孔隙度的蜂窝基材110,包括但不限于,孔隙度小于35%或者大于60%的蜂窝基材。

[0028] 虽然图1和2的蜂窝基材110中的单独通道150、160的形状显示为正方形,但是应理解的是,本文所述的吸收结构100的实施方式中的单独通道的形状不以任何方式限定为图1和2中所示的那些。相反地,蜂窝基材110中的单独通道150、160可具有任意所需的截面,包括但不限于,矩形、正方形、圆形、椭圆形、六边形、三角形、五边形、具有3-20个边的规则或

不规则多边形,及其组合。优选地,选择单独通道150、160的截面,使得单独通道150、160的截面积与蜂窝基材110以垂直于轴向90的方向切开的截面积的比最大化。这样,容易理解的是,许多空间填充选项是可能的,例如一种或多种类型的几何配置的通道的镶嵌。此外,应理解的是,反应通道150和热交换通道160不必是相同形状或尺寸,并且在蜂窝基材110中的数量不必是相等的。例如,在一些实施方式中,反应通道150和热交换通道160可排列成行,使得多行反应通道150(例如,2、3、4、5或大于5)设置在各行的热交换通道160之间。

[0029] 蜂窝基材110中的单独通道150、160具有孔道密度,定义为每平方英寸入口表面130的蜂窝基材110中存在的单独通道150、160的数量。在一些实施方式中,蜂窝基材110可具有约100-2000个单独通道/平方英寸入口表面的孔道密度。在优选实施方式中,蜂窝基材110可具有约300-1500个单独通道/平方英寸入口表面130的孔道密度。在其他优选实施方式中,蜂窝基材110可具有约600-1500个单独通道/平方英寸入口表面的孔道密度。通常来说,可以选择蜂窝基材110的孔道密度,使得与用于涂覆交换通道表面165的水性聚合物乳液的粘度相容,如下文更为详述。因此,在一些实施方式中,反应通道150可具有例如约100-2000、约300-1500或者约600-1500个反应通道150/平方英寸入口表面130的孔道密度,而散置在反应通道150中的热交换通道160的孔道密度和几何构造可以限制成只要使得孔道密度能够实现热交换通道160与包括不可透水层170的至少一层涂层的充分的可涂覆性即可。

[0030] 参见图1和2,如上所述,反应通道150和热交换通道160的排列使得单独的反应通道150A、150B与单独的热交换通道160A、160B是热连通的。但是应理解的是,通道几何形貌和设计的大量构造都是可能的,热连通的一个例子如图2的实施方式所示。

[0031] 虽然在图2的实施方式中可能存在热连通的额外路线,但是最明显的路线是在反应通道150A和热交换通道160A之间,还有是在反应通道150B和热交换通道160B之间。在这两种情况下,反应通道150A、150B和各自的热交换通道160A、160B之间的热连通直接通过分隔壁120进入相邻的通道发生。从而,如果传热介质或传热流体(例如水)流动通过热交换通道160A、160B,则反应通道150A、150B的温度会受到传热介质的温度相对于反应通道150A、150B的温度的影响。例如,如果传热介质比反应通道150A、150B的温度冷,则会冷却反应通道,有利于CO₂的吸附。类似地,如果传热介质比反应通道150A、150B的温度热,则会加热反应通道,有利于CO₂的解吸附。因此,应理解的是,反应通道150A、150B和各热交换通道160A、160B之间的热连通可实现吸收结构100中的吸收材料温度的快速和均匀调节,这对于热变动吸附过程的循环过程是需要的。

[0032] 下面参考图2和3描述图1的吸收结构100的示例性实施方式。在所有此类实施方式中,反应通道表面155包含吸收材料,交换通道表面165包含至少一层涂层。交换通道表面165上的至少一层涂层包含由聚合物材料形成的不可透水层170,如下文更详述。此外,在所有的实施方式中,不可透水层170的聚合物材料不明显渗透进入形成交换通道表面165的分隔壁120中,也不明显渗透进入分隔壁120的吸收材料中或者反应通道表面155的吸收材料中。本文所用术语“不明显渗透进入”指的是,虽然不可透水层170可能略微渗透进入分隔壁120中,但是该略微渗透不阻塞在操作吸收结构100的过程中必须发生CO₂的吸附的吸收材料的孔。不考虑不可透水层170的聚合物材料一直渗透通过分隔壁120到达反应通道表面155,从而潜在地使得单独反应通道150A、150B的至少一个面不能吸附CO₂。在所示实施方式中,不可透水层170的聚合物材料可渗透进入分隔壁120的吸收材料中,所述渗透进入小于

相邻热交换通道160和反应通道150之间的分隔壁120的宽度25%、10%或者5%。

[0033] 参见图2,显示了蜂窝基材110(参见图1)的部分视图。在一些实施方式中,蜂窝基材110由吸收材料形成,如上所述。从而,构成反应通道表面155并且限定反应通道150A、150B的分隔壁120也是由吸收材料形成的。在其他实施方式中,例如当蜂窝基材110是由非吸收陶瓷材料(即,不能可逆地吸附CO₂的材料)形成时,在形成蜂窝基材110的过程中,或者在形成蜂窝基材110之后向所述非吸收陶瓷材料加入吸收材料,吸收材料暴露于各反应通道表面155。交换通道表面165包含至少一层涂层。在图2的实施方式中,所述至少一层涂层是由聚合物材料形成的不可透水层170,如下文更详述。不可透水层170的聚合物材料不明显渗透进入形成交换通道表面165的分隔壁120中,也不明显渗透进入分隔壁120的吸收材料中或者反应通道表面155的吸收材料中。

[0034] 通常来说,为了产生图2的实施方式的涂层配置,无论蜂窝基材110是由吸收材料还是由非吸收材料(向其加入吸收材料)形成的,蜂窝基材110的反应通道150可以被掩蔽或以其它方式阻塞,同时将涂覆材料仅引入热交换通道160中。可以对涂覆材料进行干燥,任选地进行加热,以仅在热交换通道160上形成至少一层涂层,包括不可透水层170。可以在涂覆过程完成后对反应通道150进行脱掩蔽。

[0035] 参见图3,显示了蜂窝基材110(参见图1)的部分视图。在一些实施方式中,蜂窝基材110由吸收材料形成,如上所述。从而,构成反应通道表面155并且限定反应通道150A、150B的分隔壁120也是由吸收材料形成的。在其他实施方式中,例如当蜂窝基材110是由非吸收陶瓷材料(即,不能可逆地吸收CO₂的材料)形成时,在形成蜂窝基材110的过程中,或者在形成蜂窝基材110之后向所述非吸收陶瓷材料加入吸收材料,吸收材料暴露于各反应通道表面155。交换通道表面165包含至少一层涂层。在图3的实施方式中,所述至少一层涂层包括由聚合物材料形成的不可透水层170,如下文更详述,以及在所述不可透水层170上的至少一层额外层180,也如下文更详述。不可透水层170的聚合物材料不明显渗透进入形成交换通道表面165的分隔壁120中,也不明显渗透进入分隔壁120的吸收材料中或者反应通道表面155的吸收材料中。

[0036] 通常来说,为了产生图2的实施方式的涂层配置,无论蜂窝基材110是由吸收材料还是由非吸收材料(向其加入吸收材料)形成的,蜂窝基材110的反应通道150可以被掩蔽或以其它方式阻塞,同时将涂覆材料仅引入热交换通道160中。可以将第一涂覆材料仅引入热交换通道160,并任选地,通过例如加热干燥,以形成不可透水层170。随后,可以将第二涂覆材料仅引入热交换通道160,并任选地,通过例如加热干燥,以在不可透水层170上形成至少一层额外层180。可以在涂覆过程完成后对反应通道150进行脱掩蔽。

[0037] 现在一般地参见图1所示且图2和3进一步所示的吸收结构100,蜂窝基材110的交换通道表面165包括至少一层涂层。所述至少一层涂层包括由聚合物材料形成的不可透水层170(图2和3),以及,任选地,还包括在所述不可透水层170上的至少一层额外层180(图3)。应理解的是,虽然图3显示所述至少一层涂层是单层(图2)或两层(图3),但是所述至少一层涂层可以由依次沉积到限定了交换通道表面165的分隔壁120上的多层涂层构成。类似地,在一些实施方式中,所述至少一层涂层可包括正好一层由单种聚合物材料形成的不可透水层170,或者可包括不止一层不可透水层170,它们分别是由不同的聚合物材料形成的。在所有的实施方式中,不可透水层170的聚合物材料不明显渗透进入形成交换通道表面165

的分隔壁120中,也不明显渗透进入分隔壁120的吸收材料中或者反应通道表面155的吸收材料中,如上文所述。

[0038] 根据一些实施方式,不可透水层170可包括不可渗透水的聚合物材料。因此,如果在CO₂俘获过程中,水被用作热交换通道160中的传热介质,则水不能渗透进入发生CO₂吸附的吸收材料中(无论所述吸收材料是在分隔壁120中或者是在反应通道表面155上)。不希望受到理论的限制,相信在吸收材料中存在传热介质(例如水)可能明显地降低吸收结构100从含CO₂的加工气流去除CO₂的能力。在一些实施方式中,聚合物材料可以是不可透水且疏水的。

[0039] 不可透水层170的聚合物材料可选自任意聚合物材料,所述任意聚合物材料能够在蜂窝基材110的材料上形成均匀涂层,同时不明显渗透进入由俘获CO₂所需的吸收材料制造的蜂窝基材110的任意部分。在示例性实施方式中,特别适用于此目的聚合物材料,包括但不限于,例如,聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类(包括羧化-丙烯腈-共-丁二烯类)、聚氯丁二烯(氯丁二烯)、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类(例如聚乙烯或聚丙烯)、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,含有上述一种或多种的复合物,以及上述两种或更多种的混合物。所示实施方式的材料特别适合用于由陶瓷(例如,沸石、堇青石、碳化硅(SiC)、钛酸铝、多铝红柱石、尖晶石、钙钛矿、硅酸盐、碳或氧化铝及其混合物)制造的蜂窝基材。

[0040] 在一些实施方式中,交换通道表面165上的至少一层涂层的不可透水层170可形成在分隔壁120上或者直接沉积到分隔壁120上。如下文关于形成吸收结构100的方法更详述,在一些实施方式中,可以通过将含有选择的固化或未固化聚合物材料的水性聚合物乳液或分散体引入到蜂窝基材110中,来沉积不可透水层170。水性聚合物乳液中的聚合物材料可具有适合防止聚合物材料渗透进入任意吸收材料的粒度,并且可选择水性聚合物乳液的粘度以提供合适的可倾倒性和涂覆均匀性。特别地,当蜂窝基材110具有高孔道密度,例如大于800个单独通道/平方英寸入口表面130时,还可以选择足够低的水性聚合物乳液的粘度,以允许水性聚合物乳液进入单独通道150、160,而不受到例如表面张力的阻抗。一旦交换通道表面165被聚合物材料充分地覆盖,则可以去除水性聚合物乳液中的水性载体,例如通过具有或不具有加热的干燥,并且如果需要的话,可以允许聚合物材料交联或固化以形成不可透水层。

[0041] 在其他实施方式中,例如如图3的实施方式中,所述至少一层涂层还可在不可透水层170上包括至少一层额外层180。在此类实施方式中,所述至少一层额外层180可作为顶涂层,其使得交换通道表面165对于水的不渗透性增加到大于不可透水层170自身所能实现的水平。在未示出的其他实施方式中,所述至少一层额外层180可插入交换通道表面165和不可透水层170之间。在此类实施方式中,至少一层额外层180可作为例如底涂层,其使得交换通道表面165的孔隙度降低到防止当沉积或施涂不可透水层时,不可透水层170的聚合物材料明显渗透进入分隔壁120的吸收材料中所需的程度。在一些实施方式中,所述至少一层额外层180可包含不同于不可透水层170的聚合物材料的聚合物材料。在非限制性示例性实施方式中,交换通道表面165的至少一层涂层可包括不可透水层170(如上所述)以及所述不可透水层170下方或上方的至少一层额外层180。在非限制性实施方式中,所述至少一层额外层180的聚合物材料,可选自如下聚合物,例如,聚苯乙烯类、环氧树脂类、聚酯类、聚碳酸酯

类、尼龙类、聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类(包括羧化-丙烯腈-共-丁二烯类)、聚氯丁二烯(氯丁二烯)、聚(氯乙烯)、聚(偏二氯乙烯)、聚烯烃类(例如聚乙烯或聚丙烯)、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,含有上述一种或多种的复合物,以及上述两种或更多的混合物。

[0042] 在根据上文所述的一些实施方式的吸收结构100中,通常来说,交换通道表面165可涂覆至少一层涂层,包括不可透水层170,以及,任选的,至少一层额外层180。在所有情况下,涂覆在交换通道表面165上的一层或多层的厚度取决于蜂窝基材110的孔道密度变化。在一些实施方式中,交换通道表面165上的涂层的总厚度可限制为使得包含涂层的热交换通道160的小于50%、小于40%、小于30%、小于20%、小于10%、小于5%或者小于1%被各热交换通道160中的所有涂层堵塞,基于垂直于轴向90的截面中的单独热交换通道160的面积计。在一些实施方式中,至少一层涂层(包括不可透水层170以及任选的至少一层额外层180)的总厚度可以是0.01 μm 至约600 μm ,例如约3-50 μm 。

[0043] 如图1的吸收结构100的各个实施方式所述,参考图2和3,下面将描述用于形成吸收结构100的方法。在一些实施方式中,所述方法涉及提供由吸收材料形成的蜂窝基材110。在其他实施方式中,所述方法涉及提供由非用于 CO_2 吸附的吸收材料的陶瓷支承材料形成蜂窝基材110,包括例如,非吸收材料,在形成蜂窝基材110的过程中或者之后向所述非吸收材料加入吸收材料。在以下关于方法的描述中,偶尔会参考图1-3的吸收结构的结构方面,还有用于形成吸收结构100的方法的递送配置200的一个实施方式的图4的示意图。

[0044] 根据一些实施方式,形成用于 CO_2 俘获的吸收结构100的方法可包括提供由吸收材料形成的蜂窝基材110。可制备蜂窝基材110的合适的吸收材料,包括沸石、碳、沸石咪唑框架、金属有机框架、碳、含有SBA-15和类似物的中孔氧化铝和氧化硅以及上述材料的组合,但不限于此。在非限制性实施方式中,特别适合用于 CO_2 的吸收材料包括沸石、沸石咪唑框架、金属有机框架、含有SBA-15和类似物的中孔氧化铝和氧化硅以及上述材料的组合,以及用胺或氨基官能化的任意上述材料。

[0045] 由吸收材料形成的蜂窝基材110可具有分隔壁120,所述分隔壁120以轴向90延伸通过蜂窝基材110,从蜂窝基材110的入口表面130到与该入口表面130相对的蜂窝基材110的出口表面140。分隔壁120具有限定了多个单独通道150、160的通道表面125。所述多个单独通道150、160包括多个反应通道150和多个热交换通道160。因此,反应通道150的通道表面125是反应通道表面155,而热交换通道160的通道表面125是交换通道表面165。

[0046] 包含由吸收材料制造的蜂窝基材110的方法还可包括对各个反应通道150的入口端和出口端进行掩蔽,以形成掩蔽的反应通道。在一些实施方式中,可以通过例如用外来物体或可移除物质堵塞反应通道150,来对反应通道150进行掩蔽。在其他实施方式中,可以使用掩蔽装置来对反应通道150进行掩蔽,所述掩蔽装置仅覆盖反应通道150的端部,而留下热交换通道160的端部是开放的。因此,液体溶液,例如乳液或分散体可以被仅引入到反应通道150中。在完成涂覆过程之后,可以通过例如移除掩蔽装置来对反应通道150进行脱掩蔽。

[0047] 一旦反应通道150被掩蔽,可以将液体组合物递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得液体组合物流动通过各个热交换通道160,但是不流动通过被掩蔽的反应通道150。根据递送配置200的一个实施方式的液体组合物的递送如图5示意性所示。在该实施方

式中,可将液体组合物220从容器210倒入漏斗230中。漏斗230可与蜂窝基材110的入口表面130相连接,从而形成防泄漏密封,该防泄漏密封防止液体组合物220从漏斗230发生横向溢出,而不流入蜂窝基材110的通道中。然后通过例如重力,将液体组合物220汲取通过蜂窝基材110的通道,到达出口表面140。过量的液体组合物220可通过出口表面140离开蜂窝基材110,并且可在例如任意合适的接收容器240中接收。在未示出的替代实施方式中,可以用例如与出口表面140相附连的真空设备的帮助,来汲取液体组合物通过蜂窝基材110。本领域技术人员能够容易理解的是,对于将液体组合物递送到热交换通道160的方法存在大量变化形式。

[0048] 在一些实施方式中,液体组合物可以是含有聚合物材料的颗粒的乳液或分散体。乳液或分散体可以是水性或非水性的。在其他实施方式中,乳液或分散体可含有未固化的单体,所述未固化的单体在固化时形成聚合物材料。将水性聚合物乳液递送到热交换通道160导致仅在交换通道表面165上形成水性聚合物乳液的乳液涂层。可以通过例如加热或者通过在交换通道表面165上吹过空气,来对乳液涂层进行干燥,以在交换通道表面165上形成不可透水层170,从而导致图2的配置。

[0049] 液体组合物,特别是当液体组合物是水性乳液或分散体时,可含有未固化的单体,例如,乙烯丁缩醛、丙烯酸单体、羧化丙烯腈类、丁二烯类、腈类、氯丁二烯类、氯乙烯类、偏二氟乙烯类、烯炔类(例如乙烯或丙烯)、四氟乙烯、硅氧烷类、氨基甲酸酯类或者任意这些的混合物。从而,由此类单体形成的不可透水层可包含选自下组的聚合物材料,例如,聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、聚腈类(包括羧化-丙烯腈-共-丁二烯类)、聚氯丁二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯炔类(例如,聚乙烯或聚丙烯或其共聚物)、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物。

[0050] 在液体组合物含有颗粒的实施方式中,例如在水性聚合物乳液中,所述颗粒可以是中值粒度为0.1-20 μm 的聚合物材料的颗粒。在其他实施方式中,中值粒度可以是0.1-2.0 μm 。水性聚合物乳液可具有宽范围的粘度,例如25 $^{\circ}\text{C}$ 时,50-5000cP。除非另有说明,否则本文所述的粘度指的是采用布鲁克菲尔德粘度计,以30rpm的LVF No.3轴旋转,在25 $^{\circ}\text{C}$ 测定的那些。可优选基于蜂窝基材110的孔道密度来选择水性聚合物乳液的粘度。因此,在一些实施方式中,蜂窝基材110可具有约100-2000个单独通道150、160/平方英寸入口表面130、约300-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130或者约600-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的孔道密度,并且水性聚合物乳液可具有25 $^{\circ}\text{C}$ 时50-5000cP的粘度。在一些实施方式中,水性聚合物乳液可具有10-50重量%的固体含量,以水性聚合物乳液的总重计。

[0051] 在一些实施方式中,所述包含由吸收材料制造的蜂窝基材110的方法还可包括在形成乳液涂层之后,例如吹动气体(例如空气或氮气)通过热交换通道160,以从热交换通道160去除多余的水性聚合物乳液。

[0052] 根据一些实施方式,包含由吸收材料制造的蜂窝基材110的方法还可包括在交换通道表面165上的不可透水层170上形成至少一层额外层180作为顶涂层。为了形成顶涂层,可以将第二水性聚合物乳液递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得第二水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道160,但是不流动通过掩蔽的反应通道150。从而在不可透水层上形成第二水性聚合物乳液的乳液涂层。可以通过例如加热或者通过吹气体来对该乳液

涂层进行干燥,以在不可透水层170上形成至少一层额外层180作为顶涂层。在非限制性示例性实施方式中,顶涂层可由聚苯乙烯或环氧树脂形成。

[0053] 根据一些实施方式,形成用于CO₂俘获的吸收结构100的方法可包括提供由陶瓷材料形成的蜂窝基材110。陶瓷材料可以是吸收材料或者非吸收材料。由陶瓷材料形成的蜂窝基材110具有分隔壁120,所述分隔壁120以轴向90延伸通过蜂窝基材110,从蜂窝基材110的入口表面130到与该入口表面130相对的蜂窝基材110的出口表面140。分隔壁120具有限定了多个单独通道150、160的通道表面125。所述多个单独通道150、160包括多个反应通道150和多个热交换通道160,其中,反应通道150的通道表面125是反应通道表面155,而热交换通道160的通道表面125是交换通道表面165。

[0054] 包含由陶瓷材料制造的蜂窝基材110的方法还可包括在递送水性聚合物乳液之前用吸收材料装载陶瓷材料。在一些实施方式中,可通过如下方式用吸收材料装载陶瓷材料:将吸收材料加入到生坯陶瓷材料以形成生坯复合物,然后通过例如共挤出,从生坯复合物形成蜂窝基材110。可通过例如烧制,对由生坯复合物形成的蜂窝基材110进行处理,以形成由陶瓷材料制造且装载有吸收材料的蜂窝基材110。在其他实施方式中,可通过如下方式用吸收材料装载陶瓷材料:将吸收前体递送到蜂窝基材110的入口表面130中,以使得吸收前体至少流动通过反应通道150,从而至少在反应通道表面150上形成吸收前体的前体涂层。在一些实施方式中,递送吸收前体可包括将吸收前体递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得吸收前体流动通过反应通道150和热交换通道160。在其他实施方式中,在递送吸收前体之前,可以对热交换通道160的各个入口端和出口端进行掩蔽,以形成掩蔽的热交换通道。然后,递送吸收前体可包括将吸收前体递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得吸收前体流动通过反应通道150,但是不流动通过掩蔽的热交换通道160,从而仅在反应通道表面155上形成吸收前体的前体涂层。

[0055] 吸收前体可以是任意化合物,当被例如加热或干燥时,其形成吸收材料,如上所述。吸收前体转变为用于装载蜂窝基材110的吸收材料可以仅仅是物理转变,没有任何化学转变。例如,吸收前体可含有分散在液体(例如水或有机溶剂)中的吸收材料,从而溶剂的蒸发产生吸收前体中所含的吸收材料的吸收涂层,即使吸收材料自身不经受任何化学转变。

[0056] 在形成前体涂层之后,可以将蜂窝基材加热至合适的温度,例如50–100°C,以将前体涂层转变为至少在反应通道表面155上的吸收涂层。吸收涂层可包括不同于形成蜂窝基材110的陶瓷材料的吸收材料。

[0057] 包含由陶瓷材料形成的蜂窝基材110的方法还可包括在交换通道表面165上形成不可透水层170。为了在交换通道表面165上形成不可透水层170,可以对各反应通道150的入口端和出口端进行掩蔽,如上所述,以形成掩蔽的反应通道。然后,如上所述,可以将水性聚合物乳液递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道160,但是不流动通过掩蔽的反应通道150。从而仅在交换通道表面165上形成水性乳液的乳液涂层。不可透水层170和用于形成乳液涂层的涂层组合物可以是上文关于蜂窝基材110由吸收材料形成的方法中所述的任意液体组合物。乳液涂层可以经干燥、加热或固化,以在交换通道表面165上形成不可透水层。任选地,根据上文所述的一个或多个实施方式,可以在不可透水层170上形成至少一层额外层180,其中蜂窝基材110是由吸收材料形成的。

[0058] 从而,描述了包括蜂窝基材110的吸收结构100,其中热交换通道160涂覆有至少一层涂层,所述至少一层涂层包括不可透水层170,以及任选的至少一层额外层180,所述吸收结构100可实现热变动吸附过程(例如其可采用吸收结构100)期间的快速、有效和均匀的热管理。此外,描述了用于形成吸收结构100的方法。

[0059] 实施例

[0060] 通过以下实施例进一步阐述本发明的实施方式。

[0061] 实施例1

[0062] 如图4示意性所示对蜂窝基材进行涂覆。制备Butvar水性分散体RS-261(塑化的聚(乙烯醇缩丁醛)的乳白色、稳定的水性乳液,固体含量为40-43重量%,粒度为0.5-1.5 μ m,购自Butvar公司)的聚合物乳液。旨在作为反应通道的通道在两端堵上,旨在作为热交换通道的通道保持开放。将聚合物乳液倒到蜂窝基材的顶侧,进入开放的热交换通道,并使得流动通过热交换通道,以及从蜂窝基材的底端出来。在涂覆之后,使用空气刀吹掉过量的聚合物乳液,以避免通道被堵塞,同时留下一层与通道表面附着的聚合物乳液层。反应通道未被堵塞。聚合物涂覆的基材在预加热至70 $^{\circ}$ C的烘箱中,在室温下干燥过夜。

[0063] 以相同的基本过程来实现第一聚合物层上的第二聚合物层。在两个分开的实施例中,制造第二聚合物层。在一个实施例中,使用聚苯乙烯的乳液(阿德瑞奇公司(Aldrich),具有甲苯的10%的溶液)。在另一个实施例中,使用环氧树脂。通过将Erisys GE22(1,4-环正己烷二甲醇(cyclohexanedimethanol)二缩水甘油醚环脂族二官能环氧反应性稀释物,购自CVC热固性特别化学品公司(CVC Thermoset Specialties))和4,4'-亚甲基二环己胺(methylenebiscyclohexanamine)(Amicure PACM,购自空气产品公司(Air Products))的混合物引入到热交换通道中,来形成环氧树脂涂层。用于环氧树脂的混合物制备作为50% (w/w)的乙醇溶液,其具有1:1的环氧化物与胺的摩尔比。

[0064] 实施例2

[0065] 通过如下方式评价根据实施例1制备的、蜂窝基材上的聚合物涂覆的表面,具有Butvar乳液第一层和聚苯乙烯第二层:沿其轴长度切割蜂窝基材,以暴露聚合物涂层。用点眼药器将水滴到聚合物表面上,将蜂窝基材放入皮氏培养皿中进行观察。通过观察水滴来评价聚合物涂层上水的渗透性。2小时后以及6小时后的再次观察显示聚合物涂覆的表面的水滴的形状和尺寸没有明显变化。

[0066] 在第一方面,本发明提供用于CO₂俘获的吸收结构100。吸收结构100包括具有分隔壁120的蜂窝基材110,所述分隔壁120以轴向90延伸通过蜂窝基材110,从蜂窝基材110的入口表面130到与该入口表面130相对的蜂窝基材110的出口表面140。分隔壁120具有限定了多个单独通道150、160的通道表面125。所述多个单独通道150、160包括多个反应通道150和多个热交换通道160,其中,反应通道150的通道表面125是反应通道表面155,而热交换通道160的通道表面125是交换通道表面165。反应通道150和热交换通道160的排列使得单独的反应通道150A、150B与单独的热交换通道160A、160B是热连通的。反应通道表面155包含吸收材料,交换通道表面165包含至少一层涂层。所述至少一层涂层包括由聚合物材料形成的不可透水层170,所述聚合物材料选自下组:聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、羧化-丙烯酸-共-丁二烯类、聚腈类、乳胶类、聚氯丁二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物。不可透水层170的聚合物材料

不明显渗透进入形成交换通道表面165的分隔壁120中,也不明显渗透进入分隔壁120的吸收材料中或者反应通道表面155的吸收材料中。

[0067] 在第二方面,本发明提供根据第一方面的吸收结构100,其中蜂窝基材110由吸收材料形成。

[0068] 在第三方面,本发明提供根据第一或第二方面的吸收结构100,其中吸收材料选自:沸石、堇青石、氧化铝、氧化硅及其混合物。

[0069] 在第四方面,本发明提供根据第一或第三方面的吸收结构100,其中,蜂窝基材110由非吸收材料的陶瓷材料形成,并且反应通道表面155涂覆有含吸收材料的吸收涂层。

[0070] 在第五方面,本发明提供根据第一或第三方面的吸收结构100,其中,蜂窝基材110由非吸收材料的陶瓷材料形成,并且在形成蜂窝基材110的过程中或者之后,用吸收材料装载陶瓷材料。

[0071] 在第六方面,本发明提供根据第四或第五方面的吸收结构100,其中所述陶瓷材料是非吸收材料。

[0072] 在第七方面,本发明提供根据第一至第六方面中任一项的吸收结构100,其中,蜂窝基材110具有约100-2000个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的孔道密度。

[0073] 在第八方面,本发明提供根据第一至第七方面中任一项的吸收结构100,其中,蜂窝基材110具有约300-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的通道密度。

[0074] 在第九方面,本发明提供根据第一至第八方面中任一项的吸收结构100,其中,蜂窝基材110具有约600-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的通道密度。

[0075] 在第十方面,本发明提供根据第一至第九方面中任一项的吸收结构100,其中,所述至少一层涂层还包括在不可透水层170上的至少一层额外层180,所述至少一层额外层180包含不同于不可透水层170的聚合物材料的聚合物材料。

[0076] 在第十一方面,本发明提供根据第一至第十方面中任一项的吸收结构100,其中不可透水层170是聚(乙烯丁缩醛)树脂。

[0077] 在第十二方面,本发明提供用于形成根据第一至第三或第七至第十一方面中任一项的用于CO₂俘获的吸收结构100的方法。所述方法包括提供由吸收材料形成的蜂窝基材110,所述蜂窝基材110具有分隔壁120,所述分隔壁120以轴向90延伸通过蜂窝基材110,从蜂窝基材110的入口表面130到与该入口表面130相对的蜂窝基材110的出口表面140,所述分隔壁120具有限定了多个单独通道150、160的通道表面125,所述多个单独通道150、160包括多个反应通道150和多个热交换通道160,其中,反应通道150的通道表面125是反应通道表面155,而热交换通道160的通道表面125是交换通道表面165。所述方法还包括掩蔽各个反应通道150的入口端和出口端,以形成掩蔽的反应通道。所述方法还包括将水性聚合物乳液递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道160而不流动通过掩蔽的反应通道150,从而仅在交换通道表面165上形成水性聚合物乳液的乳液涂层。所述方法还包括使得乳液涂层干燥,以在交换通道表面165上形成不可透水层170。所述不可透水层170可包含选自下组的聚合物材料:聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、羧化-丙烯腈-共-丁二烯类、聚腈类、乳胶类、聚氯乙烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物。

[0078] 在第十三方面,本发明提供根据第十二方面的方法,其中,所述水性聚合物乳液包

含未固化的单体或聚合物材料的颗粒,所述未固化的单体在固化时形成聚合物材料。

[0079] 在第十四方面,本发明提供根据第十二或十三方面的方法,其中,水性聚合物乳液包含中值粒度为0.1-20 μ m的聚合物材料的颗粒。

[0080] 在第十五方面,本发明提供根据第十二至十四方面中任一项的方法,其中,水性聚合物乳液在25℃的粘度为50-5000cP。

[0081] 在第十六方面,本发明提供根据第十二至第十五方面中任一项的方法,其中,水性聚合物乳液具有10-50重量%的固体含量,以水性聚合物乳液的总重量计。

[0082] 在第十七方面,本发明提供根据第十二至第十六方面中任一项的方法,其中,蜂窝基材110具有约100-2000个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的孔道密度,并且水性聚合物乳液具有25℃时50-5000cP的粘度。

[0083] 在第十八方面,本发明提供根据第十二至第十七方面中任一项的方法,其中,蜂窝基材110具有约300-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的通道密度,并且水性聚合物乳液具有25℃时50-5000cP的粘度。

[0084] 在第十九方面,本发明提供根据第十二至第十八方面中任一项的方法,其中,蜂窝基材110具有约600-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的孔道密度,并且水性聚合物乳液具有25℃时约50-5000cP的粘度。

[0085] 在第二十方面,本发明提供根据第十二至第十九方面中任一项的方法,所述方法还包括在形成乳液涂层之后,吹动气体通过热交换通道160,以从热交换通道160去除多余的水性聚合物乳液。

[0086] 在第二十一方面,本发明提供根据第十二至第二十方面中任一项的方法,所述方法还包括将第二水性聚合物乳液递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得第二水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道160而不流动通过掩蔽的反应通道150,从而在不可透水层170上形成第二水性聚合物乳液的乳液涂层;以及对第二水性聚合物乳液的乳液涂层进行干燥,以在不可透水层170上形成作为顶涂层的至少一层额外层180。

[0087] 在第二十二方面,本发明提供根据第二十一方面的方法,其中,作为顶涂层的所述至少一层额外层180包含选自聚苯乙烯和环氧树脂的聚合物材料。

[0088] 在第二十三方面,本发明提供用于形成根据第一或第四至第十一方面中任一项的用于CO₂俘获的吸收结构100的方法,所述方法包括提供由陶瓷材料形成、并装载吸收材料的蜂窝基材110,所述蜂窝基材110具有分隔壁120,所述分隔壁120以轴向90延伸通过蜂窝基材110,从蜂窝基材110的入口表面130到与该入口表面130相对的蜂窝基材110的出口表面140,所述分隔壁120具有限定了多个单独通道150、160的通道表面125,所述多个单独通道150、160包括多个反应通道150和多个热交换通道160,其中,反应通道150的通道表面125是反应通道表面155,而热交换通道160的通道表面125是交换通道表面165。所述方法还包括掩蔽各个反应通道150的入口端和出口端,以形成掩蔽的反应通道。所述方法还包括将第一水性聚合物乳液递送到蜂窝基材110的入口表面130上,以使得第一水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道160而不流动通过掩蔽的反应通道150,从而仅在交换通道表面165上形成第一水性聚合物乳液的第一乳液涂层。所述方法还包括使得第一乳液涂层干燥,以在交换通道表面165上形成不可透水层170。所述不可透水层170包含选自下组的聚合物材料:聚(乙烯丁缩醛)树脂、聚丙烯酸酯类、羧化-丙烯腈-共-丁二烯类、聚腈类、乳胶类、聚氯丁

二烯类、聚(氯乙烯)、聚(偏二氟乙烯)、聚烯烃类、聚(四氟乙烯)、硅酮类、聚氨酯类,其混合物及其复合物。

[0089] 在第二十四方面,本发明提供根据第二十三方面的方法,其中,第一水性聚合物乳液包含当固化时形成聚合物材料的未固化的单体,或者包含中值粒度为0.1-20 μm 的聚合物材料的颗粒。

[0090] 在第二十五方面,本发明提供根据第二十三或二十四方面的方法,所述方法还包括在递送第一水性聚合物乳液之前,用吸收材料洗涂蜂窝基材,以用吸收材料装载蜂窝基材。

[0091] 在第二十六方面,本发明提供根据第二十三至第二十五方面中任一项的方法,所述方法还包括将第二水性聚合物乳液递送到蜂窝基材的入口表面上,以使得第二水性聚合物乳液流动通过各个热交换通道而不流动通过掩蔽的反应通道,从而在不可透水层上形成第二水性聚合物乳液的第二乳液涂层;以及,任选地,对第二水性聚合物乳液的第二乳液涂层进行干燥,以在不可透水层上形成作为顶涂层的至少一层额外层。

[0092] 在第二十七方面,本发明提供根据第二十三至二十六方面中任一项的方法,其中,所述第一和/或第二水性聚合物乳液包含当固化时形成聚合物材料的未固化的单体或者聚合物材料的颗粒。

[0093] 在第二十八方面,本发明提供根据第二十三至二十七方面中任一项的方法,其中,所述第一和/或第二水性聚合物乳液包含中值粒度为0.1-20 μm 的聚合物材料的颗粒。

[0094] 在第二十九方面,本发明提供根据第二十三至二十八方面中任一项的方法,其中,所述第一和/或第二水性聚合物乳液在25 $^{\circ}\text{C}$ 的粘度为50-5000cP。

[0095] 在第三十方面,本发明提供根据第二十三至第二十九方面中任一项的方法,其中,所述第一和/或第二水性聚合物乳液具有10-50重量%的固体含量,以第一和/或第二水性聚合物乳液的总重量计。

[0096] 在第三十一方面,本发明提供根据第二十三至第三十方面中任一项的方法,其中,蜂窝基材110具有约100-2000个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的孔道密度,并且所述第一和/或第二水性聚合物乳液具有25 $^{\circ}\text{C}$ 时50-5000cP的粘度。

[0097] 在第三十二方面,本发明提供根据第二十三至第三十一方面中任一项的方法,其中,蜂窝基材110具有约300-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的通道密度,并且所述第一和/或第二水性聚合物乳液具有25 $^{\circ}\text{C}$ 时50-5000cP的粘度。

[0098] 在第三十三方面,本发明提供根据第二十三至第三十二方面中任一项的方法,其中,蜂窝基材110具有约600-1500个单独通道150、160/平方英寸入口表面130的通道密度,并且所述第一和/或第二水性聚合物乳液具有25 $^{\circ}\text{C}$ 时约50-5000cP的粘度。

[0099] 在第三十四方面,本发明提供根据第二十三至第三十三方面中任一项的方法,所述方法还包括在形成第一和/或第二乳液涂层之后,吹动气体通过热交换通道160,以从热交换通道160去除多余的第一和/或第二水性聚合物乳液。

[0100] 在第三十五方面,本发明提供根据第二十三至第三十四方面中任一项的方法,其中,顶涂层包含选自聚苯乙烯和环氧树脂的聚合物材料。

[0101] 本领域的技术人员显而易见的是,可以在不偏离要求专利权的主题的精神和范围的情况下,对本文所述的实施方式进行各种修改和变动。因此,本说明书旨在涵盖本文所述

的各种实施方式的修改和变化形式,只要这些修改和变化形式落在所附权利要求及其等同内容的范围之内。

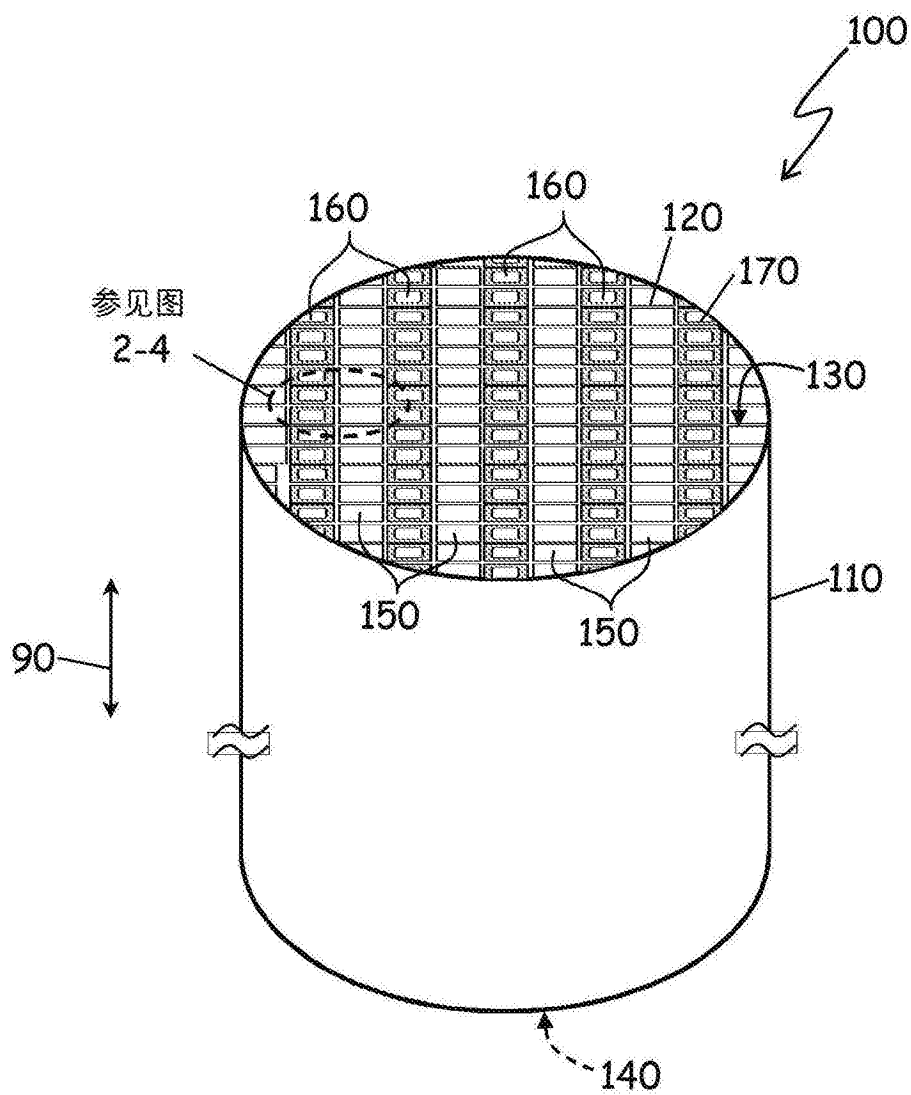


图 1

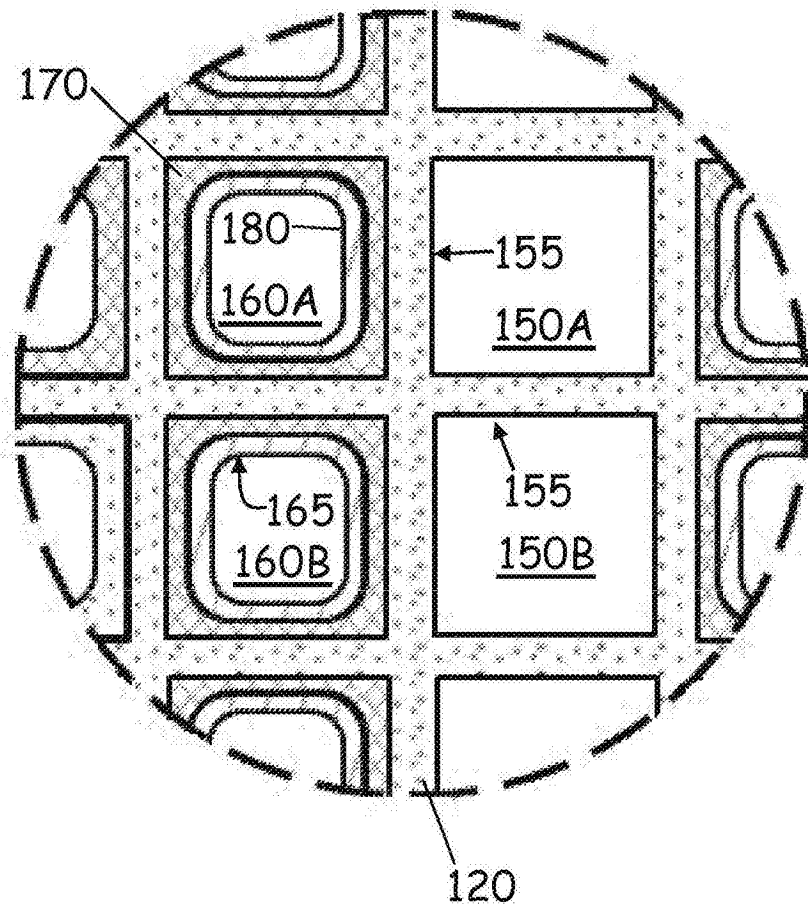


图3

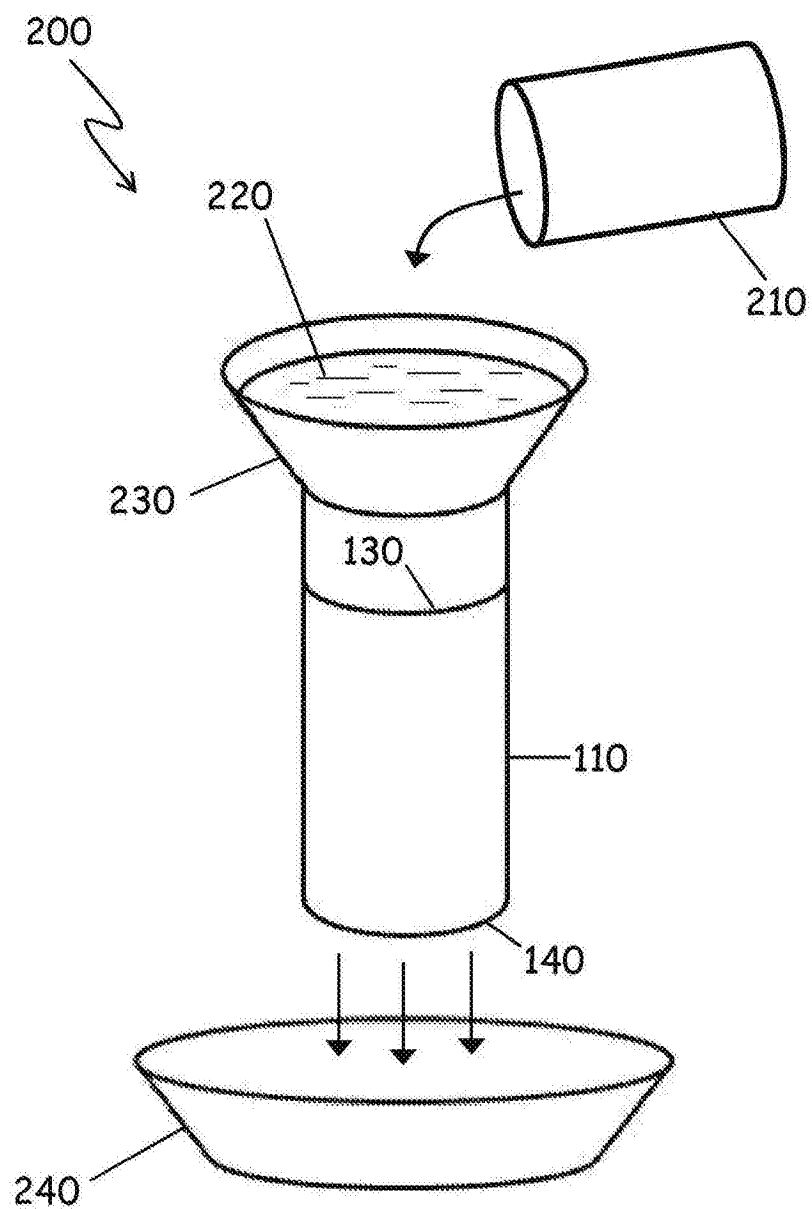


图4