



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119300902 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 10

(21) 申请号 202380043805.1

(22) 申请日 2023.06.19

(30) 优先权数据

22180015.4 2022.06.21 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.11.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2023/066404 2023.06.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/247414 EN 2023.12.28

(71) 申请人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰

(72) 发明人 S·P·巴拉吉 T·M·尼斯贝特

G·M·尼马尔

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

专利代理师 扈娟

(51) Int.Cl.

B01D 53/04 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

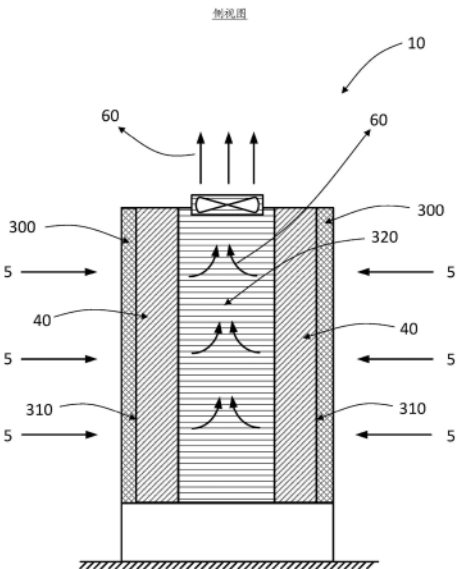
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

用于从空气中直接捕获二氧化碳的单元设计  
和方法

(57) 摘要

所公开的主题的实现方式提供了一种用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法。该方法可包括直接空气捕获单元，该直接空气捕获单元包括入口空气区段、吸附剂区段和出口空气区段。可在该入口空气区段处接收气态进料料流，并且该进料料流可与该吸附剂区段中的吸附剂材料接触。排出气态出口料流可从该出口空气区段提供。跨该入口空气区段和该出口空气区段的总压力损失可保持在小于200Pa。该进料料流可在该吸附剂区段内具有体积流量，该体积流量具有最大流量和最小流量。该单元可包括至少一个结构元件，该至少一个结构元件用于将该最小流量保持在比整个吸附剂区段上的该最大流量低0%至20%的范围内。



1. 一种用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,所述方法包括:

a) 直接空气捕获 (DAC) 单元,所述直接空气捕获单元包括:

1) 入口空气区段,

2) 吸附剂区段,和

3) 出口空气区段,

b) 在所述入口空气区段处接收气态进料料流,

c) 使所述气态进料料流的至少一部分与位于所述吸附剂区段内的吸附剂材料接触,

d) 从所述出口空气区段提供排出气态出口料流,

其中跨所述入口空气区段和所述出口空气区段的总压力损失保持在小于200Pa;

其中所述气态进料料流在所述吸附剂区段内具有体积流量,并且所述体积流量具有最大流量和最小流量,并且

其中所述DAC单元还包括至少一个结构元件,所述至少一个结构元件用于将所述最小流量保持在比整个所述吸附剂区段上的所述最大流量低0%至20%的范围内。

2. 根据权利要求1所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,其中所述直接空气捕获 (DAC) 单元还包括:

1) 第一入口面和第二入口面,其中所述第一入口面和所述第二入口面在所述入口空气区段内的所述DAC单元的相反两侧上,其中所述吸附剂材料位于所述第一入口面和所述第二入口面中的每一者处或后面;以及

2) 出口,所述出口位于所述出口空气区段内的所述DAC单元的顶部处,用于提供所述排出气态出口料流,并且其中所述排出气态出口料流具有由至少一个风扇产生的流;

其中在所述第一入口面和第二入口面中的每一者处接收所述气态进料料流,其中通过使所述排出气态出口料流的再摄取最小化,所述气态进料料流具有大于环境空气的CO<sub>2</sub>浓度的95%的平均CO<sub>2</sub>浓度,并且其中所述环境空气具有任何风向和任何风速。

3. 根据权利要求1和2所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,其中气态进料料流在所述入口空气区段中被加速一次,并且其中所述排出气态出口料流在所述出口空气区段中被加速一次。

4. 根据权利要求1所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,其中所述至少一个结构元件邻近所述第一入口面和第二入口面中的至少一者位于从所述DAC单元的顶部延伸的所述入口空气区段中,并且其中所述结构元件对于所述气态进料料流是部分或完全不可渗透的。

5. 根据权利要求4所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,其中所述结构元件具有长度,并且其中所述结构元件的所述长度与所述DAC单元的总高度的比率小于0.3。

6. 根据权利要求1所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,其中所述至少一个结构元件位于所述出口空气区段中,并且其中所述结构元件对于所述排出气态出口料流是部分或完全不可渗透的。

7. 根据权利要求6所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法,其中所述结构元件具有长度,并且其中所述结构元件的所述长度与所述DAC单元的总高度的比率小于0.3。

## 用于从空气中直接捕获二氧化碳的单元设计和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于从气态进料料流中捕获二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的直接空气捕获(DAC)单元设计和方法。更具体地,本发明涉及一种用于从气态进料料流中捕获二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的模块设计和方法,其中该方法可包括直接空气捕获(DAC)单元,该直接空气捕获单元包括入口空气区段、吸附剂区段和出口空气区段。跨该入口空气区段和该出口空气区段的总压力损失可保持在小于200Pa。气态进料料流可在吸附剂区段内具有体积流量,并且该体积流量可具有最大流量和最小流量。最小流量可保持在比整个吸附剂区段上的最大流量低0%至20%的范围内。

### 背景技术

[0002] 从空气对二氧化碳的直接空气捕获(direct air capture,DAC)已被提议为解决人类引起的气候变化的一种方法。目前估计的全球大气中的二氧化碳含量为约百万分之420。预计到21世纪末,该比例将升至百万分之900左右。因此,DAC表示可用来减少温室气体(如二氧化碳)对环境的影响并且帮助全球向低碳经济转型的一系列技术之一。

[0003] 典型的DAC系统采用大量的空气(或其他条件下的气态大气),这些空气作为进料流被泵送穿过含有从进料流去除二氧化碳的吸附剂物质的单元。随着时间的推移,吸附剂上充满了被捕获的二氧化碳。接着,在再生步骤中从吸附剂中提取在吸附剂中捕获的二氧化碳。再生可涉及热过程或化学过程,这取决于被选择用于DAC方法的吸附剂材料类型。在再生时,所捕获的二氧化碳从吸附剂中释放出来,并且可用于制造可持续燃料、化学品,用于食品和饮料生产或者用于碳捕获和封存(CCS),以便产生净负碳过程。输入到DAC系统的能源可包括蒸汽形式的热能,以及用于吸收(使空气穿过DAC单元)和再生(从吸附剂中再生CO<sub>2</sub>)步骤的电。

[0004] 通常,由于需要处理大量的空气,DAC是一种资本密集型方法。因此,DAC单元的生产能力在捕获的CO<sub>2</sub>的总成本中是非常重要的。如果DAC单元的生产能力降低,则捕获的CO<sub>2</sub>的成本将增加。因此,保持DAC单元的最佳(高)生产能力以使成本最小化是必要的。

### 发明内容

[0005] 根据所公开的主题的一个实施方案,用于从气态进料料流中捕获二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的方法可包括直接空气捕获(DAC)单元,该直接空气捕获单元包括:入口空气区段、吸附剂区段和出口空气区段。跨该入口空气区段和该出口空气区段的总压力损失可保持在小于200Pa。气态进料料流可在吸附剂区段内具有体积流量,并且该体积流量可具有最大流量和最小流量。DAC单元可包括至少一个结构元件,该至少一个结构元件用于将该最小流量保持在比整个吸附剂区段上的该最大流量低0%至20%的范围内。

[0006] 所公开的主题的实现方式提供了一种用于使用DAC单元从气态进料料流中捕获二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的方法,其中气态进料料流具有大于环境空气的CO<sub>2</sub>浓度的95%的平均CO<sub>2</sub>浓度,并且其中环境空气具有任何风向和任何风速。所公开的主题允许在整个DAC过程中提高

效率和降低成本。通过考虑以下具体实施方式、附图和权利要求,可阐述所公开的主题的附加特征、优点和实施方案,或所公开的主题的附加特征、优点和实施方案可为显而易见的。此外,应当理解,前面的发明内容和下面的具体实施方式都是示例,并且旨在提供进一步的解释而不限制权利要求的范围。

### 附图说明

[0007] 所包括以提供对所公开的主题的进一步理解的附图并入本说明书中并且构成本说明书的一部分。附图还示出了所公开的主题的一个实施方案,并且与具体实施方式一起用于解释所公开的主题的实施方案的原理。没有试图示出比基本理解所公开的主题和可以实施它的各种方式所必需的更详细的结构细节。

[0008] 图1示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法和侧视图。

[0009] 图2示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法和侧视图。

[0010] 图3示出了根据所公开的主题的一个实施方案的示例方法和侧视图。

[0011] 图4示出了根据所公开的主题的一个实施方案的示例方法和侧视图。

[0012] 图5示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法和侧视图。

[0013] 图6示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法和侧视图。

[0014] 图7示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法和侧视图。

### 具体实施方式

[0015] 通常,本领域已知的DAC单元的问题或缺点是由于通过单元的气流的不均匀分布而导致模块或DAC单元的CO<sub>2</sub>生产能力的降低。本发明通过提高CO<sub>2</sub>生产能力从而导致较低的CO<sub>2</sub>捕获成本来解决该问题。

[0016] 本发明是用于使用固体或液体吸附剂从空气中捕获CO<sub>2</sub>的DAC单元的模块设计。在吸附/吸收期间,空气经由风扇流动通过过DAC单元,并且空气与吸附剂接触,然后吸附剂从空气中捕获CO<sub>2</sub>。耗尽CO<sub>2</sub>的空气在出口处排放到大气中。由于DAC是可以大规模使用并且在特定位置处经受风速和风向的波动的方法,因此重要的是防止通过该单元的气流的不均匀分布,同时保持跨该模块的低压降。这是因为流动的不均匀分布降低了CO<sub>2</sub>生产能力—本发明解决了这个问题。

[0017] 根据一个实施方案,本发明通过优化几个设计参数来使DAC单元对CO<sub>2</sub>耗尽的空气的摄取最小化。根据一个实施方案,如本文所述的用于从气态进料料流中捕获二氧化碳的方法可包括直接空气捕获(DAC)单元,该直接空气捕获单元可包括1)入口空气区段、2)吸附剂区段和3)出口空气区段。DAC单元可在入口空气区段处接收气态进料料流。气态进料料流的至少一部分可与位于吸附剂区段内的吸附剂材料接触。排出气态出口料流可从该出口空气区段提供。跨该入口空气区段和该出口空气区段的总压力损失可保持在小于200Pa。总压力损失可以等于静态压力损失和动态压力损失之和。静态压力损失是由于摩擦阻力导致的,而动态压力损失是由于加速流动和减速流动导致的。例如,总压力损失可以是入口空气区段中的压力损失加上出口空气区段中的压力损失之和。作为具体示例,如果入口空气区段内的压力损失为75Pa,则出口空气区段内的压力损失可保持为125Pa或更小。在这种情况下,跨入口空气区段和出口空气区段的总压力损失保持为小于200Pa,即,对于200Pa或更小

的总压力损失,入口空气区段中的75Pa压力损失加上出口空气区段中的125Pa压力损失。

[0018] 气态进料料流可在吸附剂区段内具有体积流量,并且该体积流量可具有最大流量和最小流量。最小流量可保持在比整个吸附剂区段上的最大流量低0%至20%的范围内。例如,如果吸附剂区段内的体积流量具有 $25\text{m}^3/\text{s}$ 的最大流量,则吸附剂区段内的最小流量可保持在 $20\text{m}^3/\text{s}$ 至 $25\text{m}^3/\text{s}$ 的范围内,该最小流量在比 $25\text{m}^3/\text{s}$ 的最大流量低0%至20%的范围内。根据一个实施方案,DAC单元可包括至少一个结构元件,该至少一个结构元件用于将该最小流量保持在比整个吸附剂区段上的该最大流量低0%至20%的范围内。下面进一步描述结构元件。

[0019] 通常,DAC单元内的最小流量与最大流量之间的差值应当保持为尽可能低的最小值。在一些情况下,例如,DAC单元可由多个单独的容器(例如,海运容器、装运容器等)的堆叠构成,并且在这种情况下,DAC单元可包括处于不同水平的内部底板。在这些底板在出口空气区段中是实心的(即对于气流不可渗透的)的情况下,更难以使最小流量与最大流量之间的差最小化。相反,优选的是具有高开口面积(即对于气流可渗透的)的底板,例如在底板是开口的格栅底板的情况下,或者在出口空气区段中没有底板的情况下。通过具有对于气流可渗透的底板或没有底板,这使得更容易使DAC单元内的最小流量和最大流量之间的差最小化。

[0020] 根据一个实施方案,该方法可包括直接空气捕获(DAC)单元,该直接空气捕获单元包括:位于DAC单元的相反两侧上的第一入口面和第二入口面。吸附剂材料可位于DAC单元内部,以及在第一入口面和第二入口面中的每一者处或后面。出口可位于DAC单元的顶部处,并且出口可提供排出气态出口料流。排出气态出口料流可具有由至少一个风扇产生的流。该方法可包括在入口面处接收气态进料料流,并且通过使可具有任何风向和任何风速的排出气态出口料流的再摄取最小化,气态进料料流可具有大于环境空气的 $\text{CO}_2$ 浓度的95%的平均 $\text{CO}_2$ 浓度。根据一个实施方案,根据本发明的DAC单元被设计成使得通过使对于任何和所有风向和风速的排出气态出口料流的再摄取最小化,在所有入口面处的 $\text{CO}_2$ 的平均浓度大于环境空气的 $\text{CO}_2$ 浓度的95%,无论DAC单元在地理上在何处操作。

[0021] 在一个实施方案中,气态进料料流可在入口空气区段中被加速一次,并且排出气态出口料流可在出口空气区段中被加速一次。例如,空气可通过在吸附剂区段中建立降低的压力而在入口空气区段中被加速,并且通过减小可用于流动的面积而在出口空气区段中被加速。这可通过风扇或通过收缩风扇上游或下游的流动路径的一部分来实现。

[0022] 根据一个实施方案,DAC单元还可包括至少一个结构元件,该结构元件用于将该最小流量保持在比整个吸附剂区段上的该最大流量低0%至20%的范围内。至少一个结构元件可在DAC单元的内部或外部。在一个实施方案中,DAC单元还可包括至少一个结构元件,该至少一个结构元件邻近第一入口面和第二入口面中的至少一者位于从DAC单元的顶部延伸的入口空气区段中,并且该结构元件对于气态进料料流可以是部分或完全不可渗透的。部分不可渗透的结构单元可以是例如筛网、网眼材料、穿孔材料、膜等,或任何其他部分不可渗透的结构或材料。完全不可渗透的结构单元可以是例如对于气态进料料流不可渗透并且阻断气态进料料流流过材料或结构的任何材料或结构。

[0023] 根据一个实施方案,DAC单元还可包括位于出口空气区段中的至少一个结构元件,并且该结构元件对于排出气态出口料流是部分或完全不可渗透的。如上所述,部分不可渗

透的结构单元可以是例如筛网、网眼材料、穿孔材料、膜等,或任何其他部分不可渗透的结构或材料。完全不可渗透的结构单元可以是例如对于排出气态出口料流不可渗透并且阻断排出气态出口料流流过材料或结构的任何材料或结构。

[0024] 在一个实施方案中,结构元件可具有长度,并且结构元件的长度与DAC单元的总高度的比率可以小于0.3,可以小于0.2,并且可以小于0.1。结构元件可位于入口空气区段或出口空气区段或两者中。例如,如果DAC单元的总高度是25m,则结构元件的长度可以小于7.5m(7.5:25的比率是0.3),可以小于5m(5:25的比率是0.2),并且可以小于2.5m(2.5:25的比率是0.1)。

[0025] 为了促进对本发明原理的理解,现在将参考在附图中示出的实施方案,这些实施方案将在下面更详细地描述。本文所公开的实施方案并非旨在穷举或将本发明限制于以下详细描述中所公开的精确形式。本发明包括对所示出的装置和所描述的方法的任何改变和进一步修改以及权利要求中阐述的本发明原理的进一步应用。

[0026] 图1示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,图1示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元的侧视图。如图1所示,用于从气态进料料流5捕获二氧化碳的方法可包括直接空气捕获(DAC)单元10。DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。可在入口空气区段300处接收气态进料料流5。可使气态进料料流5的至少一部分与位于吸附剂区段310内的吸附剂材料40接触。排出气态出口料流60可从出口空气区段320提供。虽然未给出附图标记,但是图1还示出了位于出口空气区段320中的风扇和烟囱状物。

[0027] 跨入口空气区段300和出口空气区段320的总压力损失可保持在小于200Pa。另外,气态进料料流5在吸附剂区段310内具有体积流量,并且该体积流量可具有最大流量和最小流量。最小流量可保持在比整个吸附剂区段310上的最大流量低0%至20%的范围内。

[0028] 图2示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,图2示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元的侧视图。如图2所示,用于从气态进料料流5捕获二氧化碳的方法可包括直接空气捕获(DAC)单元10。DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。可在入口空气区段300处接收气态进料料流5。可使气态进料料流5的至少一部分与位于吸附剂区段310内的吸附剂材料40接触。排出气态出口料流60可从出口空气区段320提供。还如图2所示,DAC单元10可包括在DAC单元10下方的空隙空间80,该空隙空间将DAC单元10与支撑平面90分开。

[0029] 如图2进一步所示,DAC单元10还可包括第一入口面20和第二入口面30。如所示,第一入口面20和第二入口面30可在入口空气区段300内的DAC单元10的相反两侧上。吸附剂材料40可位于第一入口面20和第二入口面30中的每一者处或后面。DAC单元10还可包括位于出口空气区段320内的DAC单元10的顶部处的出口50,用于提供排出气态出口料流60。排出气态出口料流60可具有由至少一个风扇70产生的流。可在第一入口面20和第二入口面30中的每一者处接收气态进料料流5。通过使排出气态出口料流的再摄取最小化,气态进料料流5可具有大于环境空气的CO<sub>2</sub>浓度的95%的平均CO<sub>2</sub>浓度,并且环境空气可具有任何风向和任何风速。

[0030] 图3示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,图3示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元的侧视图。如图3所示,用于从气态进料料流5捕获二氧

化碳的方法可包括直接空气捕获 (DAC) 单元10。DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。可在入口空气区段300处接收气态进料料流5。可使气态进料料流5的至少一部分与位于吸附剂区段310内的吸附剂材料40接触。排出气态出口料流60可从出口空气区段320提供。虽然在图3中未示出,但是气态进料料流5可在入口空气区段300中被加速一次,并且排出气态出口料流60可在出口空气区段320中被加速一次。

[0031] 如图3进一步所示,DAC单元可包括至少一个结构元件400,该至少一个结构元件用于将最小流量保持在比整个吸附剂区段310上的最大流量低0%至20%的范围内。如图3所示,DAC单元可包括多于一个结构元件,例如,如所示,DAC单元10可包括两个或更多个结构元件400。根据一个实施方案,结构元件400可位于入口空气区段300内。如上所述,结构元件400对于气态进料料流5可以是部分或完全不可渗透的。

[0032] 图4示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,图4示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元的侧视图。如图4所示,用于从气态进料料流5捕获二氧化碳的方法可包括直接空气捕获 (DAC) 单元10。DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。可在入口空气区段300处接收气态进料料流5。可使气态进料料流5的至少一部分与位于吸附剂区段310内的吸附剂材料40接触。排出气态出口料流60可从出口空气区段320提供。如图4所示,DAC单元10可包括多于一个结构元件410,例如,如所示,DAC单元10可包括两个或更多个结构元件410。根据一个实施方案,结构元件410可位于入口空气区段300内。如图4所示,结构元件410可邻近第一入口面20和第二入口面30位于从DAC单元10的顶部延伸的入口空气区段300中。此外,结构元件410对于气态进料料流5可以是部分或完全不可渗透的。

[0033] 图5示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,图5示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元10的侧视图。如图5所示,用于从气态进料料流5捕获二氧化碳的方法可包括DAC单元10。DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。可在入口空气区段300处接收气态进料料流5。可使气态进料料流5的至少一部分与位于吸附剂区段310内的吸附剂材料40接触。排出气态出口料流60可从出口空气区段320提供。如图5所示,DAC单元10可包括多于一个结构元件420,例如,如所示,DAC单元10可包括两个或更多个结构元件420。根据一个实施方案,并且如图5所示,结构元件420可位于出口空气区段320内。此外,结构元件420对于气态进料料流5可以是部分或完全不可渗透的。此外,结构元件420对于排出气态出口料流60可以是部分或完全不可渗透的。

[0034] 图6示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,

[0035] 图6示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元的侧视图。如图6所示,DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。图6还示出了位于吸附剂区段310内的吸附剂材料40,并且DAC单元10可包括两个或更多个结构元件400。根据一个实施方案,结构元件400可位于入口空气区段300内。进一步如图6所示,DAC单元10可具有总高度510,并且结构元件400可具有长度500。根据本发明的一个实施方案,结构元件400的长度500与DAC单元的总高度510的比率可小于0.3。

[0036] 图7示出了根据所公开的主题的一个实现方式的示例方法。特别地,图7示出了根据本发明的一个实施方案的DAC单元的侧视图。如图7所示,DAC单元10可包括入口空气区段300、吸附剂区段310和出口空气区段320。图7还示出了位于吸附剂区段310内的吸附剂材料

40,并且DAC单元10可包括两个或更多个结构元件420。根据一个实施方案,结构元件420可位于出口空气区段320内。进一步如图7所示,DAC单元10可具有总高度530,并且结构元件420可具有长度520。根据本发明的一个实施方案,结构元件420的长度520与DAC单元的总高度530的比率可小于0.3。

#### [0037] 实施例

[0038] 可商购获得的多物理建模软件StarCCM+用于计算直接空气捕获单元内部的空气流的流体流动模式。入口面的长度设定为12.19m。DAC单元的高度设定为10.36m。进入风的方向设定为垂直于单元的两个入口面。通过模块的总空气流速在所有实施例中都是固定的。下面示出的下表1总结了根据所公开的主题的实现方式的不同比较例的模拟结果。

[0039] 对于多个模拟中的每个模拟,风向设定为垂直于DAC单元的两个入口面。假设通过多个入口面中的每个入口面的空气流速是相等的。吸附剂厚度设定为0.5m。表1中的第2栏和第3栏比较了不同比较例的通过吸附剂区段的空气的最小体积流速和最大体积流速。表1中的第4栏示出了不同比较例的跨整个吸附剂的流动分布不均。流动分布不均定义为跨吸附剂区段的最大空气流量和最小空气流量之间的差,表示为最大空气流量的百分比。最后,表1中的第5栏是不同比较例的入口空气区段和出口空气区段中的压降之和。

[0040] 基本情况实施例A是在出口空气区段中没有内部底板的DAC单元。

[0041] 比较例1是类似于基础情况实施例A的DAC单元,除了其包括邻近入口面且位于入口空气区段中的两个完全不可渗透的结构元件。如表1中所示,基础情况实施例A提供14.5%的流动分布不均,而比较例1提供11.1%的流动分布不均。这表明,通过包括邻近入口面并位于入口空气区段中的两个完全不可渗透的结构元件,根据所公开的主题的DAC单元提供改善的(即,较低的流动分布不均)流动分布不均,因为11.1%(比较例1)小于14.5%(基础情况实施例A)。

[0042] 基础情况实施例B是类似于基础情况实施例A的DAC单元,除了其包括出口空气区段中的固体内部底板。

[0043] 比较例2是类似于比较基础情况实施例B的DAC单元,除了其包括邻近入口面且位于入口空气区段中的两个部分不可渗透结构元件。如表1所示,基础情况实施例B提供27.6%的流动分布不均,而比较例2提供14.8%的流动分布不均。这表明,通过包括邻近入口面并位于入口空气区段中的两个部分不可渗透的结构元件,根据所公开的主题的DAC单元提供改善的(即,较低的流动分布不均)流动分布不均,因为14.8%(比较例2)小于27.6%(基础情况实施例B)。这也表明,根据比较例2的本发明实现了最小流量保持在比整个吸附剂区段上的最大流量低0%至20%的范围内,即14.8%的流动分布不均。这不是基础情况B的情况,基础情况B具有27.6%的流动分布不均,即不在比整个吸附剂区段上的最大流量低0%至20%的范围内。

[0044] 比较例3是类似于基础情况实施例B的DAC单元,除了其还包括位于出口空气区段中的完全不可渗透的结构元件。如表1所示,基础情况实施例B提供27.6%的流动分布不均,而比较例3提供8.3%的流动分布不均。这表明,通过包括位于出口空气区段中的两个完全不可渗透的结构元件,根据所公开的主题的DAC单元提供改善的(即,较低的流动分布不均)流动分布不均,因为8.3%(比较例3)小于27.6%(基础情况实施例B)。这也表明,根据比较例3的本发明实现了最小流量保持在比整个吸附剂区段上的最大流量低0%至20%的范围

内,即8.3%的流动分布不均。这不是基础情况B的情况,基础情况B具有27.6%的流动分布不均,即不在比整个吸附剂区段上的最大流量低0%至20%的范围内。

[0045] 总之,如表1中第3栏和第4栏所表明和显示的,比较例1、比较例2和比较例3实现小于20%的流动分布不均。所有比较例跨入口空气区段和出口空气区段都具有小于200Pa的压降,表明了所公开的主题所实现的结果。

[0046] 此外,通过比较如下表1中提供的各种比较例的结果来表明本发明的结果和效果。在入口空气区段中邻近入口面添加完全不可渗透的结构单元(例如,比较例1)或部分不可渗透的结构元件(比较例2)导致较小流动分布不均。此外,包括位于出口空气区段中的完全不可渗透的结构元件(比较例3)也导致较低的流动分布不均。

[0047] 下表1示出了根据所公开的本发明的各种实施方案的不同实施例的通过吸附剂区段的最小空气流速和最大空气流速(因此,流动分布不均)以及跨入口空气区段和出口空气区段的压降。流动分布不均是通过吸附剂区段的最小空气流速和最大空气流速之间的差,表示为最大空气流速的百分比。

| [0048] | 实施例       | 最小流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 最大流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 流动分布不均% (1-<br>最小流量/最大流量)<br>*100 | 跨入口空气区段<br>和出口空气区段<br>的压降 |
|--------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|        | 基础情况实施例 A | 28.1                        | 32.9                        | 14.5                              | 84.3                      |
|        | 比较例 1     | 28.8                        | 32.4                        | 11.1                              | 87.0                      |
|        | 基础情况实施例 B | 25.7                        | 35.5                        | 27.6                              | 95.3                      |
|        | 比较例 2     | 28.2                        | 33.1                        | 14.8                              | 84.6                      |
|        | 比较例 3     | 28.8                        | 31.4                        | 8.3                               | 88.1                      |

[0049] 为了解释的目的,已经参考特定实施方案描述了前述具体实施方式。然而,以上说明性讨论并不旨在是穷尽的或将所公开的主题的实施方案限于所公开的精确形式。鉴于上述教导内容,许多修改和变型是可能的。选择和描述实施方案以解释所公开的主题的实施方案的原理及其实际应用,从而使得本领域的其他技术人员能够利用那些实施方案以及具有可能适合于所考虑的特定用途的各种修改的各种实施方案。

侧视图

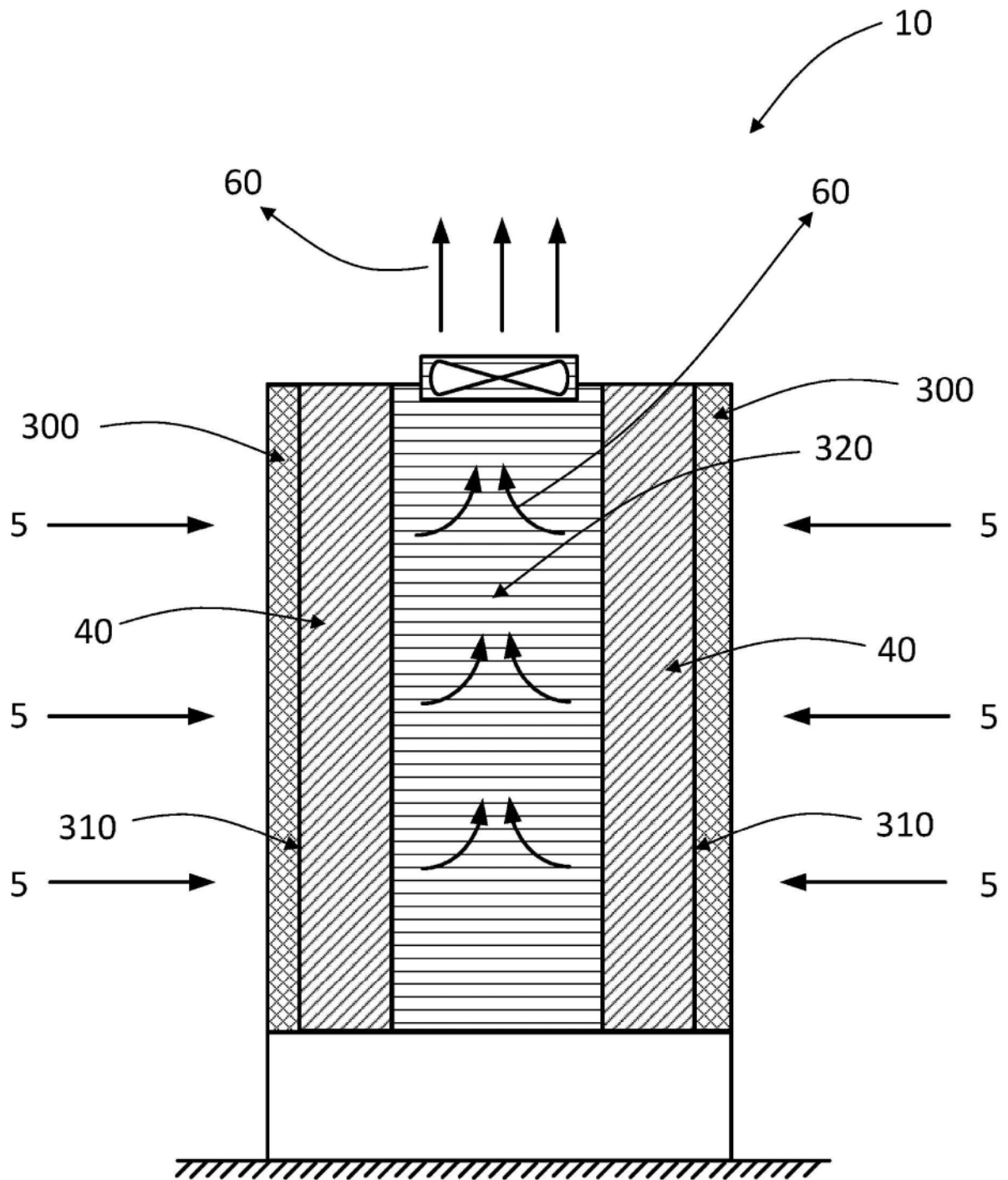


图1

侧视图

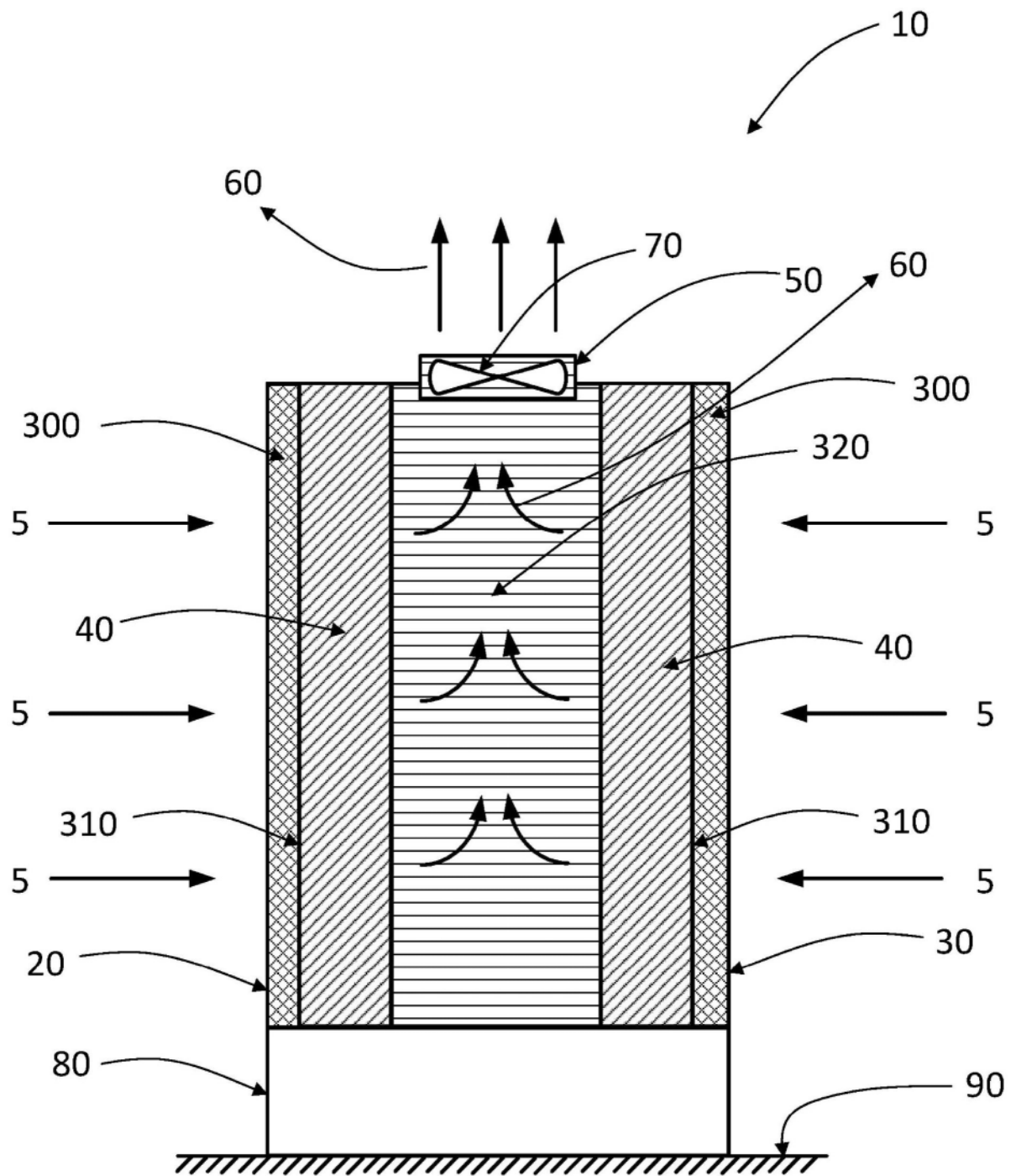


图2

侧视图

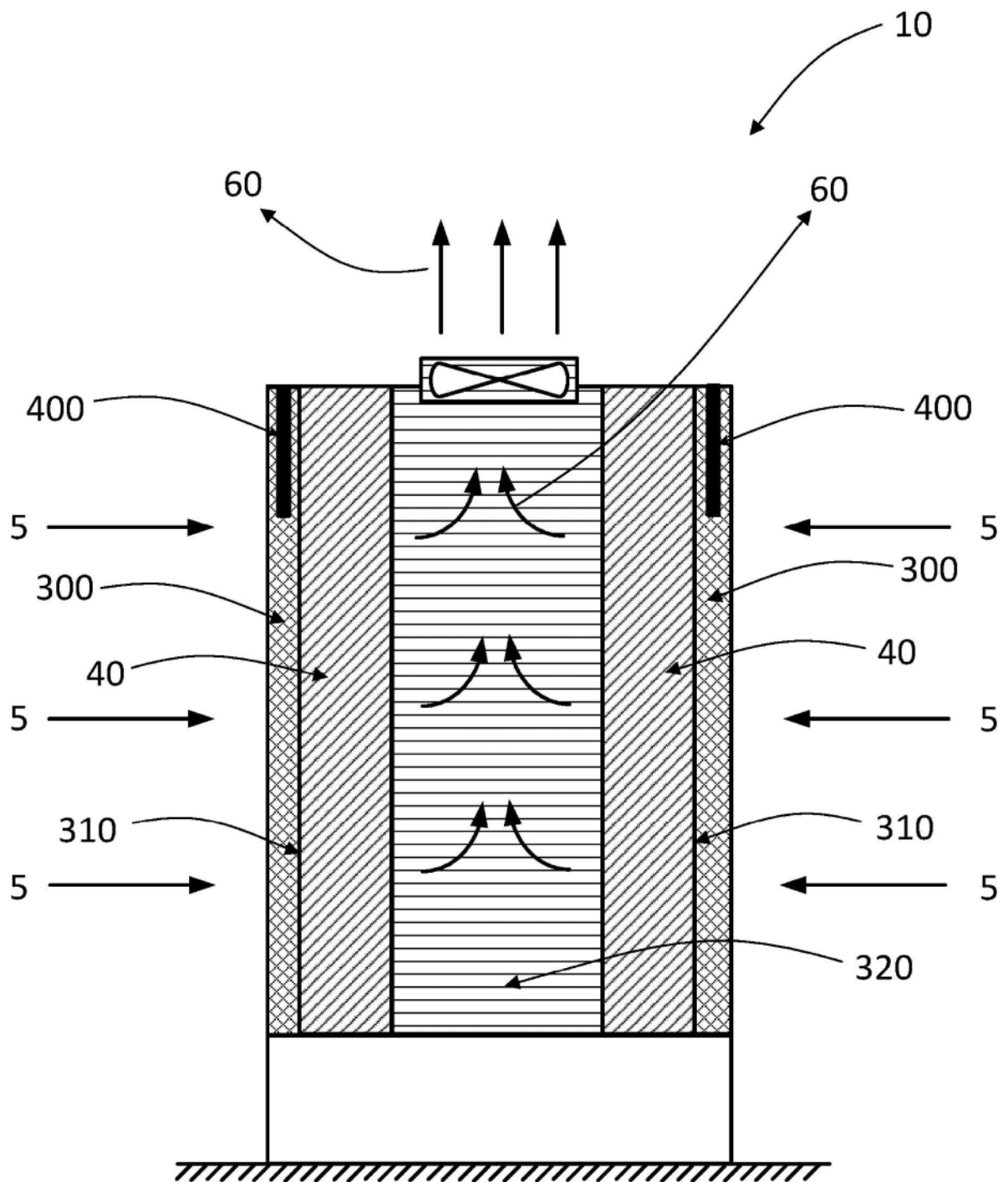


图3

侧视图

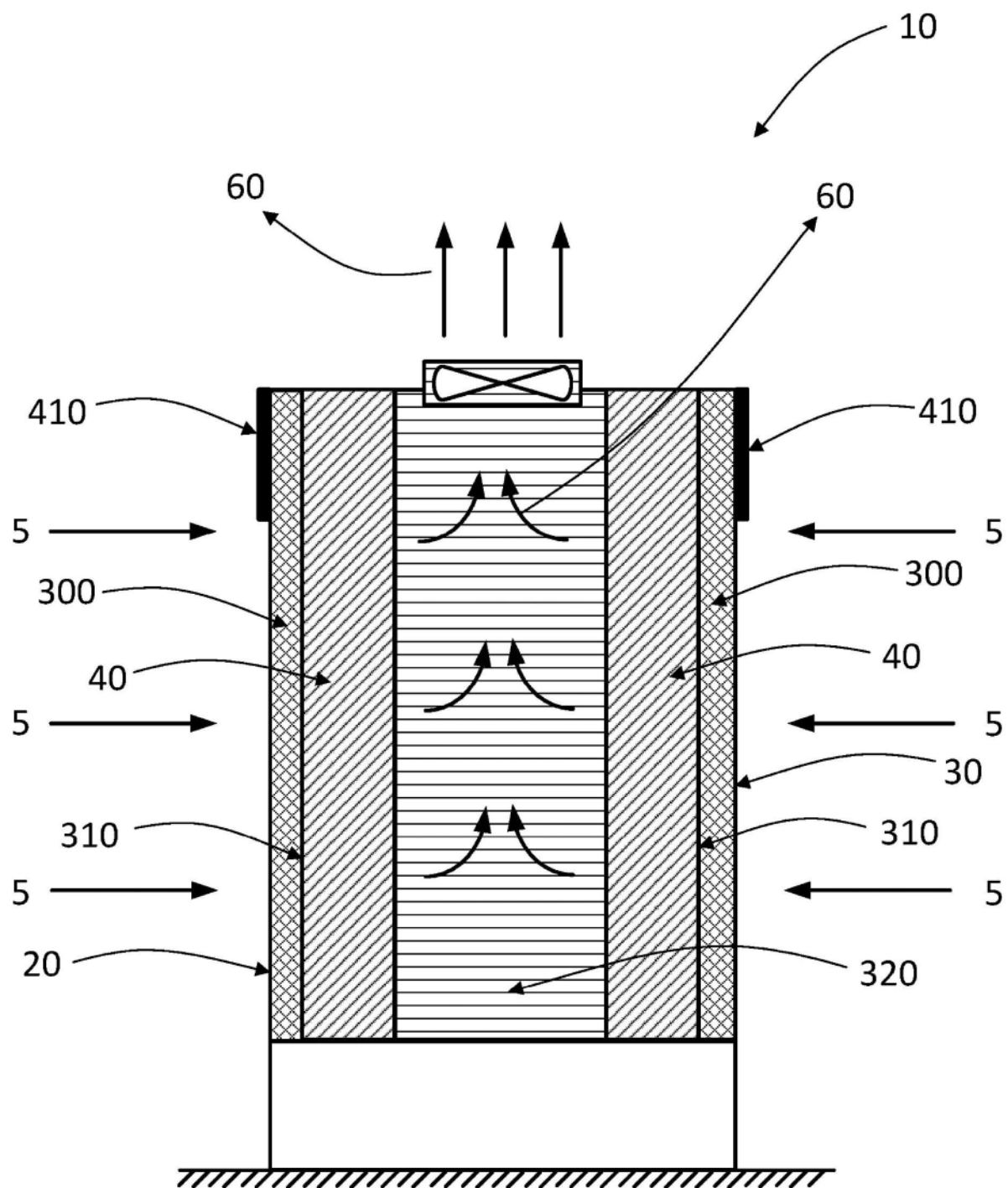


图4

侧视图

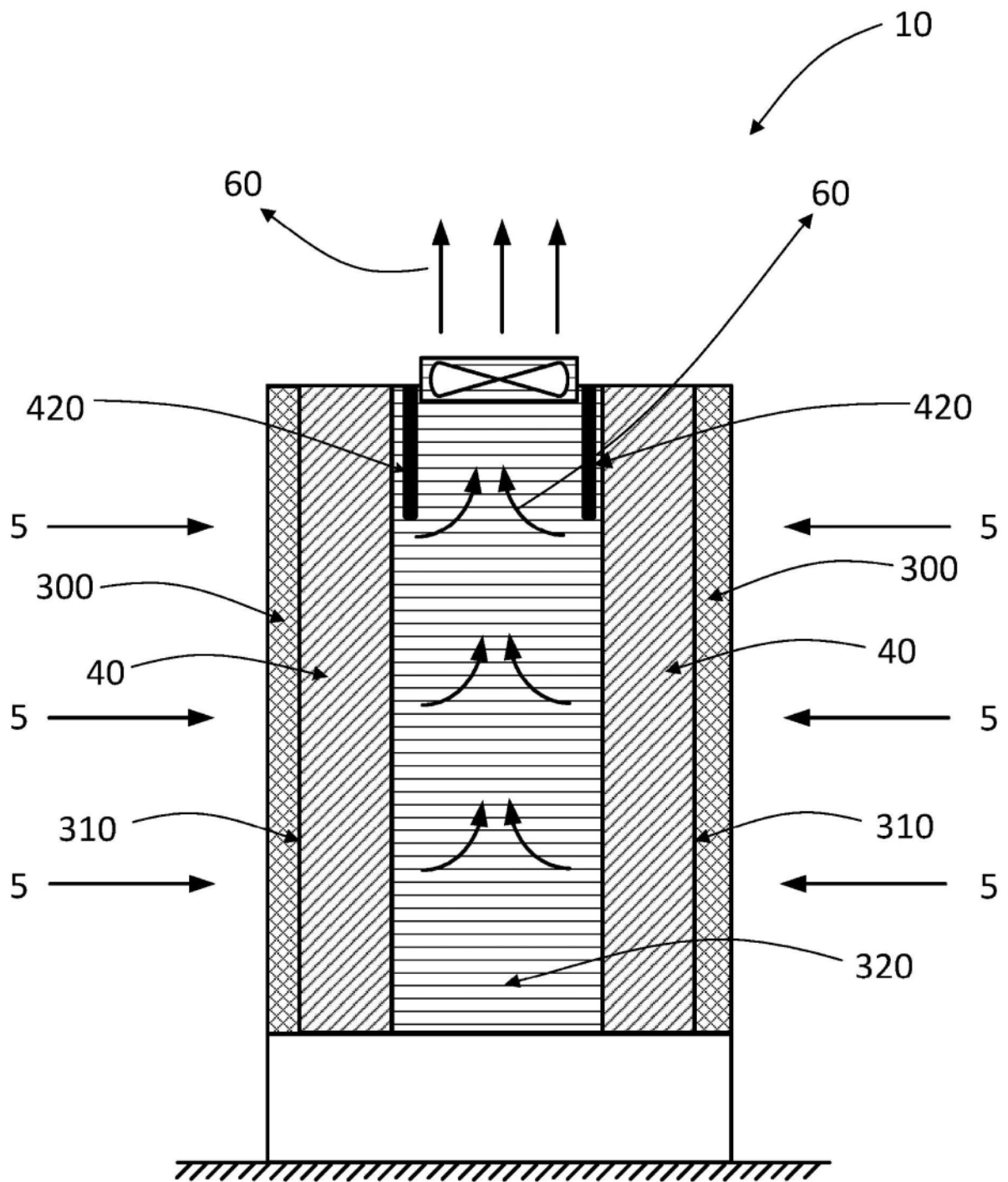


图5

侧视图

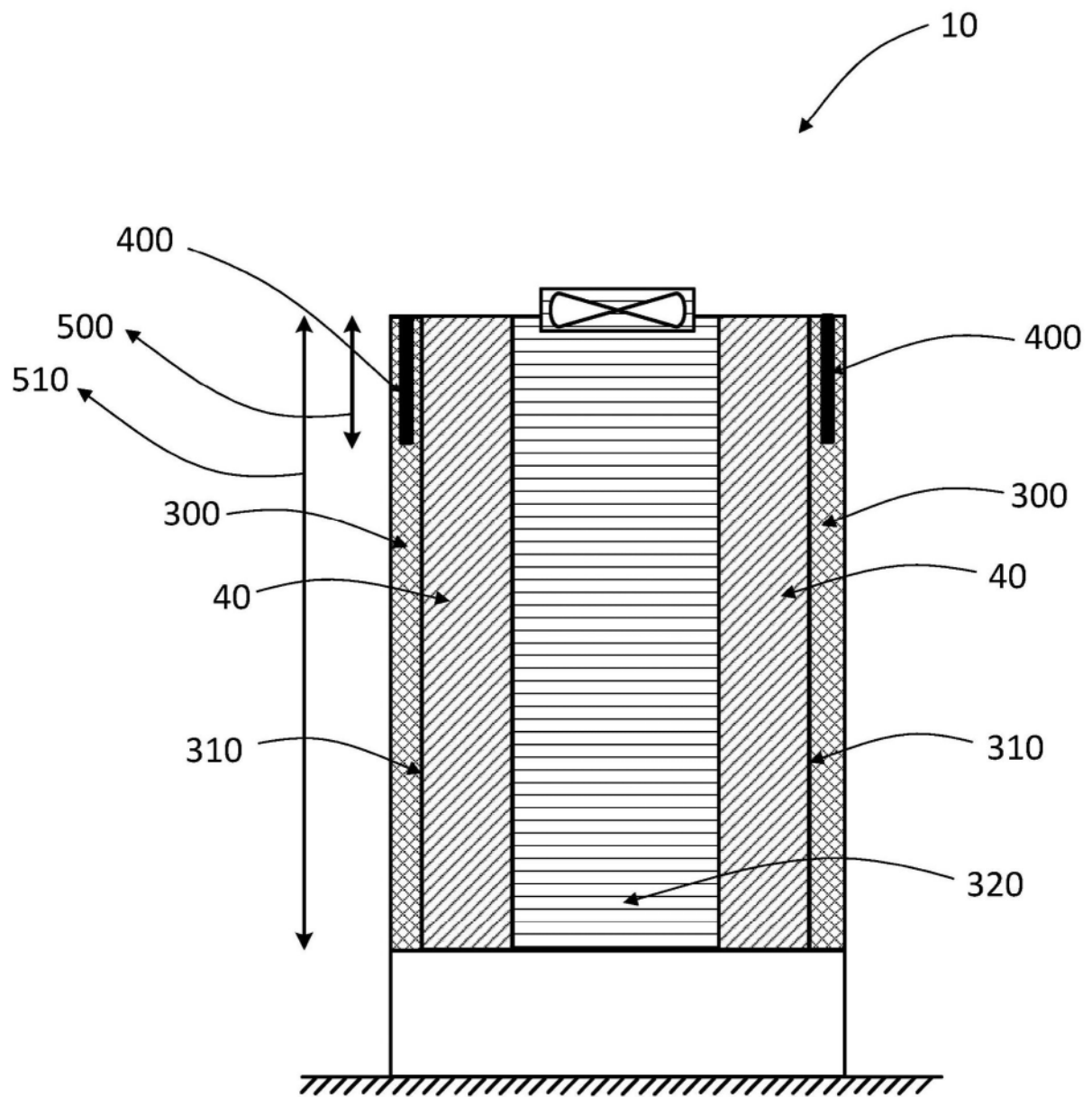


图6

侧视图

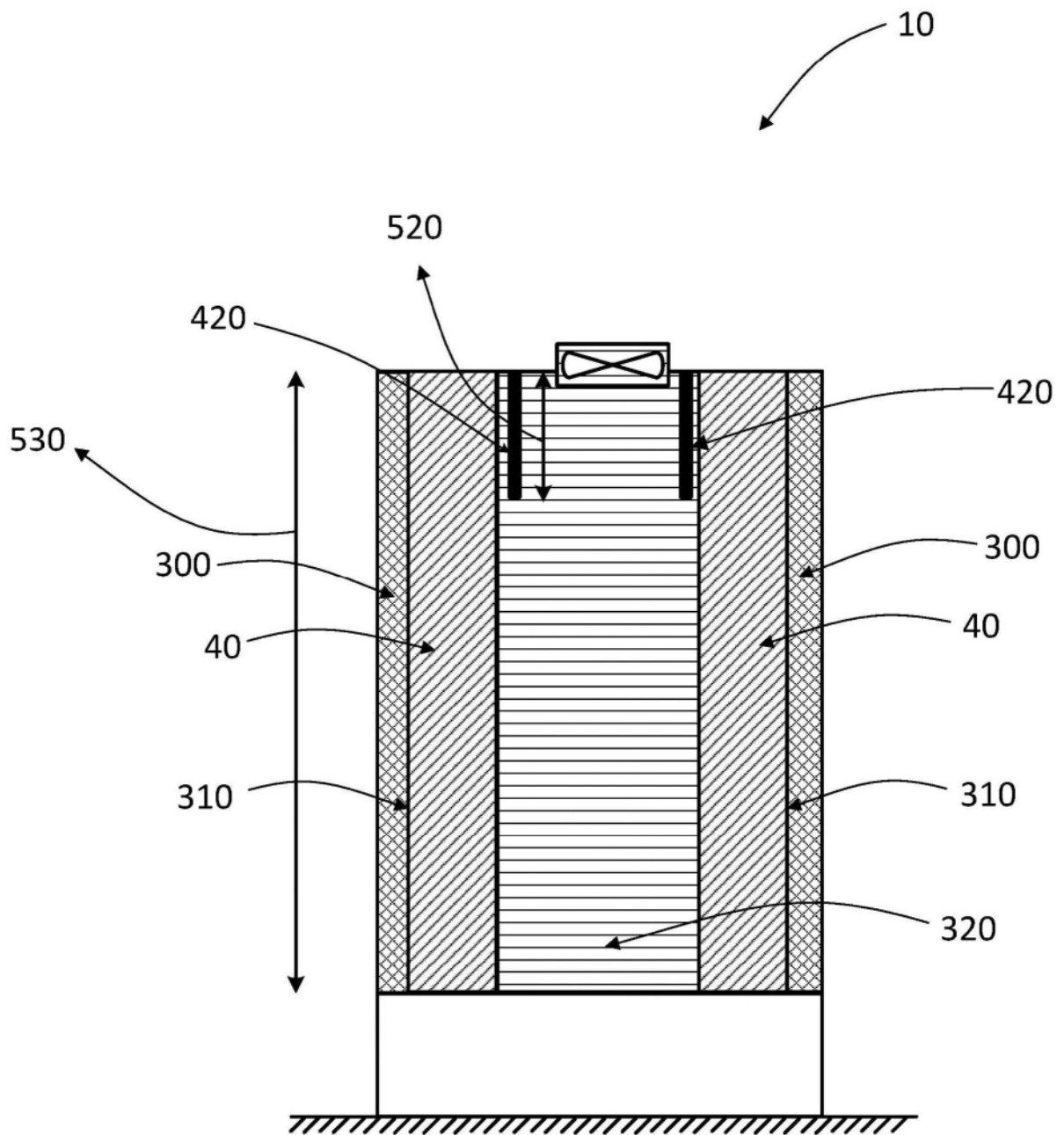


图7