(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117837000 A
(43)申请公布日 2024.04.05

(21)申请号 202280052714.X
(22)申请日 2022.07.26
(30)优先权数据
21188163.6 2021.07.28 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.01.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2022/070909 2022.07.26
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/006725 EN 2023.02.02
(71)申请人 巴斯夫欧洲公司
地址 德国
申请人 日本碍子株式会社
(72)发明人 P·赫德布里彻 P·托米
W·亚布茨尼斯基 D·马尔科
滨田秀幸 斗野纲士
(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
专利代理师 黄丽娜 吴鹏
(51)Int.Cl.
H01M 10/617(2006.01)
H01M 10/39(2006.01)
H01M 50/233(2006.01)
H01M 10/6563(2006.01)
H01M 10/6557(2006.01)
H01M 10/6555(2006.01)

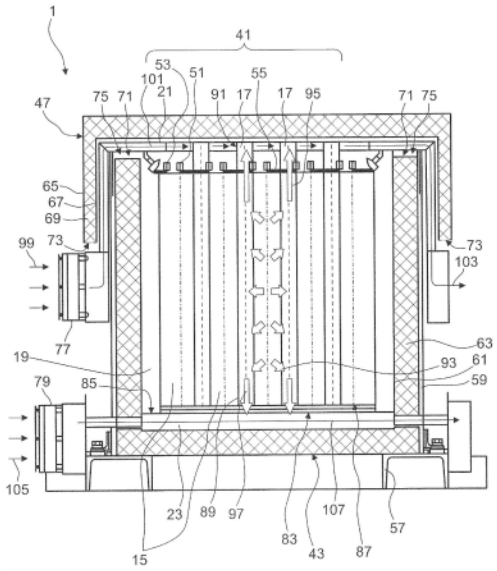
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54)发明名称

电化学能量储存装置

(57)摘要

一种电化学能量储存装置。本发明涉及一种电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置包括在外壳(43,47)中的容纳空间内的多个电化学电芯(15),其中,电化学能量储存装置(1)包括平行于外壳(43,47)的顶部或底部延伸的第一管道和布置在电化学电芯(15)之间的空间中的一个或多个传热构件(17),其中,传热构件(17)中的至少一个突出到第一管道(21)中。



CN 117837000 A

1.一种电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置包括在外壳(3)中的容纳空间内的多个电化学电芯(15),其中,该电化学能量储存装置(1)包括平行于该外壳(3)的顶部或底部延伸的第一管道和布置在这些电化学电芯(15)之间的空间(19)中的一个或多个传热构件(17),其中,这些传热构件(17)中的至少一个突出到该第一管道(21)中。

2.根据权利要求1所述的电化学能量储存装置,其中,这些电化学电芯(15)和这些传热构件(17)周围的这些空间(19)填充有液体材料或固体材料。

3.根据权利要求2所述的电化学能量储存装置,其中,该固体材料是颗粒材料,该颗粒材料优选地选自砂、金属、陶瓷或玻璃。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,这些传热构件(17)是板、具有任何截面形状的实心杆或具有任何截面形状的管。

5.根据权利要求1至3中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,这些传热构件(17)是具有任何截面形状的管或杆,并且这些电化学电芯(15)的数量与这些传热构件(17)的数量的比率在1:4至10:1的范围内。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,更靠近该外壳(3)的壁布置的外部传热构件(17)的表面积小于布置在该外壳(3)的中间的内部传热构件(17)的表面积。

7.根据权利要求6所述的电化学能量储存装置,其中,这些外部传热构件(17)的表面积与这些内部传热构件(17)的表面积的比率在0.1至1的范围内。

8.根据权利要求1至7中任一项所述的电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置进一步包括第二管道,该第二管道设置在该外壳的顶部或底部处。

9.根据权利要求8所述的电化学能量储存装置,其中,该电化学能量储存装置包括在该底部处的该第二管道,并且底部加热器设置在该第二管道上。

10.根据权利要求1至9中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,该外壳包括箱,该箱具有绝缘性能,该箱具有开口,该开口由具有绝缘性能的盖封闭。

11.根据权利要求1至10所述的电化学能量储存装置,其中,该第一管道设置在该箱与该盖之间、在这些电化学电芯上方。

12.根据权利要求1至11中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,突出到该第一管道中的这些传热构件与该第一管道的沿这些传热构件的延伸方向与该容纳空间相对的表面接触。

13.根据权利要求1至12中任一项所述的电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置进一步包括第一进气风扇,该第一进气风扇能够将空气从外部供应至该第一管道,其中,该第一管道包括:第一进气口,空气从该第一进气风扇被供应至该第一进气口;第一内部空间,以允许热量从这些传热构件传递至从该第一进气口供应的空气;以及第一排气口,已穿过该第一内部空间的空气从该第一排气口被排放至外部。

14.根据权利要求1至13中任一项所述的电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置进一步包括第二进气风扇,该第二进气风扇能够将空气从外部供应至该第二管道,其中,该第二管道包括:第二进气口,空气从该第二进气风扇被供应至该第二进气口;第二内部空间,空气从该第二进气口被供应至该第二内部空间,该第二内部空间被定位为使得该底部加热器被插置在该第二内部空间与这些传热构件在该容纳空间中的布置范围之间;以及第

二排气口,已穿过该第二内部空间的空气从该第二排气口被排放至外部。

15.根据权利要求1至14中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,这些传热构件由选自由铝、铜、钢以及包括这些金属中的至少一种的合金构成的组中的一种或多种金属制成。

16.根据权利要求1至15中任一项所述的电化学能量储存装置,其中,这些电化学电芯布置为在平面视图中形成方形点阵,并且这些传热构件各自设置在该方形点阵的单位点阵的中心位置处。

17.根据权利要求16所述的电化学能量储存装置,其中,这些传热构件各自均与该多个电芯中构成该单位点阵的四个电芯接触。

电化学能量储存装置

[0001] 本发明涉及一种电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置包括在外壳内的多个电化学电芯,每个电化学电芯包括由固体电解质隔开的阳极空间和阴极空间。

[0002] 电化学储存装置一般也被称为电池或蓄电池。特别是可再充电电池或蓄电池使得得以储存和使用电能。为了储存大量电能,需要相应强大的可再充电电池。为此目的,例如可以使用基于熔融钠硫的电池。为了实现相应的容量,在电化学能量储存装置中在此通常使用电互连的多个电化学电芯。例如在WO-A 2017/102697中描述了这种电化学电芯,它们基于作为阳极的熔融碱金属和阴极反应物(通常为硫)来操作。在此,熔融碱金属和阴极反应物由允许阳离子穿过的固体电解质隔开。在阴极处,碱金属和阴极反应物之间发生反应。例如,在将钠用作碱金属并将硫用作阴极反应物的情况下,钠与硫反应形成多硫化钠。为了给电化学能量储存装置充电,通过施加电能而在电极处再次将多硫化钠分解成钠和硫。

[0003] 各个电化学电芯通常堆叠成“电池组”或作为替代方案彼此平行地放置在外壳中。然而,这种布置具有的缺点在于,难以实现对各个电芯的均匀温度控制。由于传热介质从各个电芯吸收热量,因此随着流动的传热介质行进距离的增加,传热介质的流通(特别是如果传热介质垂直于电化学电芯的取向流动)会导致所述传热介质的温度升高,从而导致对电化学电芯的冷却效果较差以及使其加速老化。然而,这对于电化学能量储存装置的操作而言是不利的。特别是存在如果温度升高过大则会造成各个电化学电芯损坏的风险。如果这导致固体电解质损坏,则可能引起不受控制的反应,这可能导致难以在电化学能量储存装置中控制的火灾。

[0004] 例如在JP-A 2000-297989或US-B 7,955,725中描述了相应的具有钠硫电池的能量储存装置。

[0005] 已知电化学能量储存装置的问题在于提供均匀温度控制。为了实现均匀温度控制,WO-A 2019/206864提出了一种电化学能量储存装置,在该电化学能量储存装置中,至少一个电化学电芯以悬挂的方式被容纳在支撑结构中。然而,在WO-A 2019/206864中描述的以悬挂的方式布置电化学电芯需要复杂的设计。进一步地,以悬挂的方式容纳电化学电芯具有的缺点在于,电化学电芯能够包装成的密度受限。

[0006] 为了控制钠硫电池中的温度,例如从EP-A 0 044 753或US 5,158,841的示例中已知,在电池中设置管,这些管平行于电池电芯延伸并且传热介质流动穿过这些管。US-A 2018/0062225和US-A 2021/0075076各自描述了使用冷却翅片,这些冷却翅片与单个电芯接触以控制温度。由于必要的分配器和收集器,因此实现对传热介质(例如空气)流动所穿过的管进行冷却在技术上是复杂的。

[0007] 本发明的目的是提供一种电化学能量储存装置,该电化学能量储存装置允许以较小的技术努力控制电化学电芯的温度并允许充分的热传递。

[0008] 该目的通过一种电化学能量储存装置来实现,该电化学能量储存装置包括在外壳中的容纳空间内的多个电化学电芯,其中,该电化学能量储存装置包括平行于该外壳的顶部或底部延伸的第一管道和布置在这些电化学电芯之间的空间中的一个或多个传热构件,其中,这些传热构件中的至少一个突出到该第一管道中。

[0009] 电化学电芯和传热构件优选地布置为使得它们平行延伸,从而使得可以减小电化学电芯与传热构件之间的距离并优化热传递。进一步地,这种布置允许在整个电化学能量储存装置中设定均匀温度。

[0010] 传热构件可以是任何类型的传热构件,例如像珀尔帖元件或电加热元件的电气元件。然而,特别优选地,使用具有板形状、实心杆状形状或中空管形状的传热构件。在这种情况下,热量从电化学电芯传递至传热构件,并且在传热构件中通过热传导传递至传热构件的至少一个端部,在该至少一个端部处热量传递至第一管道,传热介质(特别是空气)可以流动穿过该第一管道。除了空气之外,传热介质也可以例如是导热油或氮气。然而,特别优选地,传热介质是空气。

[0011] 传热构件可以具有任何形状。优选地,传热构件是板、具有任何截面形状的实心杆或管,截面形状例如是圆形、椭圆形或具有任何数量的边(优选3个至8个边)的多边形。特别优选地,传热构件是板、具有圆形截面形状的实心杆或管。

[0012] 为了实现对电化学电芯的充分加热或冷却,如果传热构件呈管的形式,则电化学电芯的数量与传热构件的数量的比率在4:1至1:10的范围内,更优选地,电化学电芯的数量与传热构件的数量的比率在2:1至1:1的范围内,特别是1:1。电化学电芯的数量与传热构件的数量的比率因而取决于电化学电芯的尺寸和形状以及传热构件的尺寸和形状。

[0013] 优选地,电化学电芯布置为在平面视图中形成方形点阵,并且传热构件各自设置在该方形点阵的单位点阵的中心位置处。特别优选地,传热构件各自均与多个电芯中构成该单位点阵的四个电芯接触。

[0014] 与电化学电芯和传热构件的布置独立,每个传热构件可以布置为使得传热构件与相邻于该电化学电芯的每个电化学电芯之间的距离相同。在这种情况下,传热构件在电化学电芯之间的空间的中心。如果电化学电芯不与传热构件接触,传热构件与相邻的电化学电芯之间的距离也可以不同。如果传热构件与相邻的电化学电芯之间的距离不同,则传热构件可以偏心布置。然而,优选地,传热构件布置在中心。

[0015] 如果传热构件呈板的形式,则优选地,电化学电芯成行布置并且传热构件放置在成行的电化学电芯之间。

[0016] 除了使用呈管的形式的传热构件或呈板的形式的传热构件,还可以使用不同形状的传热构件,例如在电化学能量储存装置的内部部分中的传热构件呈管的形式,而靠近外壳的壁布置并且平行于外壳的壁延伸的传热构件呈板的形式。如果呈板的形式的传热构件平行于外壳的壁放置,则还可以将传热构件放置在最外侧的电化学电芯与外壳的壁之间的空间中。

[0017] 电化学电芯优选地各自包括用于阳极材料的隔室以及用于阴极材料的隔室,用于阳极材料的隔室和用于阴极材料的隔室由固体电解质隔开。

[0018] 在电化学电芯中使用的阳极材料优选地是反应物,该反应物在电化学电芯的操作温度下为液体并且在放电期间该反应物被供应至阳极侧。阳极材料优选地是导电的。优选的阳极材料是碱金属,比如锂、钠或钾。特别优选地,阳极材料是钠或钾,特别是钠。

[0019] 阴极材料是反应物,该反应物在电化学电芯的操作温度下也是液体并且该反应物与阳极材料发生电化学反应。常规地,阴极材料通过与阳极材料进行化学反应形成盐。合适的阴极材料例如是硫或多硫化物。氯化钠和第8过渡族金属(例如铁、镍或钴)的混合物结合

液体熔融电解质(比如$NaAlCl_4$)也合适用作阴极材料。

[0020] 与作为阳极材料的碱金属结合的其他合适的阴极材料例如是氮的氧化物(NO或NO_2)、卤素(例如氯、碘或溴)、金属卤化物(例如$NiCl_2$或$FeCl_3$)、类金属卤化物(例如$SiCl_4$或Si_2Cl_6)。也可以使用能改变其氧化还原电势的固体盐。这种盐的示例是$NaFePO_4$。

[0021] 然而,特别优选地,阴极材料是硫或多硫化物。

[0022] 电化学能量储存装置优选地容纳电化学电芯,这些电化学电芯的直径与长度的比率在1:2至1:100的范围内,更优选地在1:3至1:70的范围内,特别是在1:4至1:50的范围内。

[0023] 电化学电芯的截面区域可以具有任何形状,然而,特别优选地,截面区域形状是圆柱形。

[0024] 在本发明的上下文中,如果将术语“直径”用于非圆柱形形状,则该术语是指水力直径,其由下式定义:

[0025] $$d_h = 4\frac{A}{U}$$

[0026] 其中d_h是水力直径,A是截面面积,U是周长。

[0027] 在电化学能量储存装置中使用的电芯的数量取决于电化学电芯的尺寸。特别优选地,在电化学能量储存装置中使用的电化学电芯是钠硫电芯。这种钠硫电芯通常是圆柱形的并且具有在6cm至20cm范围内的直径和在50cm至200cm范围内的长度。相应的钠硫电芯对于本领域技术人员是已知的并且例如在WO-A 2017/102697中描述。

[0028] 为了实现从电化学电芯至传热构件的充分的热传递,传热构件和电化学电芯可以接触。替代性地,在电化学电芯与传热构件之间也可以不接触,或者仅部分电化学电芯和传热构件接触。

[0029] 与电化学电芯是否与传热构件接触独立,优选地,传热构件与电化学电芯之间的空间填充有液体材料或固体材料。如果空间填充有固体材料,则特别优选地,固体材料是颗粒材料、特别是粉状材料。颗粒材料的颗粒的平均颗粒直径优选地在0.1mm至2mm的范围内、更优选地在0.5mm至1mm的范围内。用于填充电化学电芯与传热构件之间的空间的固体材料优选地是在操作温度下稳定的任何无机固体材料,比如砂、玻璃、金属或陶瓷。特别优选的材料是砂。进一步有利的是,通过填充电化学电芯与传热构件之间的空间,改善了从电化学电芯至传热构件的热传递。

[0030] 使用固体材料填充电化学电芯与传热构件之间的空间的额外效果在于,电化学电芯的位置稳定并且电化学电芯得以固定。即使电化学能量储存装置移动,电化学电芯仍保持在其位置并且不能彼此弹动,彼此弹动可能对电化学电芯造成损坏。因此,特别优选地,使用固体材料填充电化学电芯与传热构件之间的空间。使用砂作为固体材料填充电化学电芯之间的空间的额外优点在于,在电化学电芯损坏的情况下,固体材料作为灭火器起作用。

[0031] 通常,电化学电芯在操作期间生成热量。该热量通过传热构件耗散,在这种情况下这些传热构件作为冷却元件操作。另外,部分热量经由电化学储存装置的外壁被耗散至周围环境。由于向周围环境的这种额外的热耗散,通过对所有电化学电芯进行均匀冷却,靠近电化学能量储存装置的壁的电化学电芯比更靠近电化学储存装置的中心放置的电化学电芯更冷。为了实现所有电化学电芯的均匀温度,因此相比于更靠近壁放置的电化学电芯,有必要从靠近电化学能量储存装置的中心放置的电化学电芯耗散更多的热量。这可以例如通

过以下方式来实现:将传热构件设计为使得更靠近外壳的壁布置的外部传热构件的表面积小于布置在外壳的中间的内部传热构件的表面积,或者使得穿过更靠近外壳的壁布置的传热构件的传热介质的体积流量小于穿过布置在外壳的中间的传热构件的传热介质的体积流量。优选地,将传热构件设计为使得外部传热构件的表面积与内部传热构件的表面积的比率在0.1至1的范围内。

[0032] 如果传热构件是从外壳的一个壁延伸至外壳的相对壁的板,则板的壁厚度可以变化,以在相邻的电化学电芯中实现均匀温度。为了使电化学电芯中的温度均匀,特别优选地,靠近外壳的壁的板的壁更厚。进一步地,为了实现电化学电芯的均匀温度,还可以在电化学能量储存装置的外壳的中心区域中设置在板的相对壁之间具有更大距离的板,以及在靠近外壳的壁处设置在壁之间具有更小距离的单独的板。

[0033] 除了仅两种不同尺寸的传热构件之外,还可以设置多于两种不同尺寸的传热构件,例如三种或四种或甚至更多种不同尺寸的传热构件。不同尺寸的数量取决于电化学电芯的数量和电芯的布置。多于两种不同尺寸例如可以有利于不能在外壳内实现基本均匀的温度的情况。

[0034] 根据本发明,该电化学能量储存装置包括第一管道,该第一管道平行于外壳的顶部或底部延伸,并且传热构件突出到该第一管道中。通过这种设计,增强了从传热构件至流动穿过第一管道的传热介质(优选空气)的热传递。

[0035] 另外,该电化学能量装置还可以包括第二管道,如果第一管道位于外壳的顶部处,则第二管道位于外壳的底部处,或者如果第一管道位于外壳的底部处,则第二管道位于外壳的顶部处。

[0036] 如果电化学能量装置包括额外的第二管道,则传热构件优选地与第二管道相连接或者延伸到第二管道中。

[0037] 特别是对于启动电化学能量装置的充电和放电,可以有必要加热电化学能量装置,优选地,加热器设置在电芯下方的底部处、设置为靠近外壳的壁、设置在电芯上方或它们的组合。如果使用底部加热器,则进一步优选地,传热构件的下端部终止于底部加热器的上方。

[0038] 为了有助于电化学能量装置的安装,优选地,外壳包括具有开口的箱和用于封闭开口的盖。为了降低传递至环境的热量,特别是在加热电化学电芯期间,进一步优选地,箱和盖具有绝缘性能。为此目的,箱和盖可以配备有绝缘材料,该绝缘材料安装在箱的外侧或箱的壁的内侧上。绝缘材料可以是本领域技术人员已知的任何绝缘材料,例如矿棉、玻璃棉或其他无机、微孔的绝缘材料。

[0039] 优选地,第一管道设置在箱与盖之间、在电化学电芯上方。这种布置使得易于组装电化学电芯并且还易于触及第一管道,例如以进行维护。

[0040] 为了将热量传递至流动穿过第一管道的介质,至少一个传热构件突出到第一管道中。特别优选地,所有传热构件具有相同的长度,使得所有传热构件突出到第一管道中。

[0041] 如果传热构件突出到第一管道中,则突出到该第一管道中的传热构件可以与第一管道的沿这些传热构件的延伸方向与容纳空间相对的表面接触。

[0042] 为了改善热传递,优选地,电化学能量储存装置进一步包括第一进气风扇,该第一进气风扇能够将空气从外部供应至该第一管道,其中,该第一管道包括:第一进气口,空气

从该第一进气风扇被供应至该第一进气口;第一内部空间,以允许热量从这些传热构件传递至从该第一进气口供应的空气;以及第一排气口,已穿过该第一内部空间的空气从该第一排气口被排放至外部。

[0043] 特别地,如果在电化学能量储存装置的底部处设置第二管道,则进一步优选地,电化学能量储存装置进一步包括第二进气风扇,该第二进气风扇能够将空气从外部供应至该第二管道,其中,该第二管道包括:第二进气口,空气从该第二进气风扇被供应至该第二进气口;第二内部空间,空气从该第二进气口被供应至该第二内部空间,该第二内部空间被定位为使得该底部加热器被插置在该第二内部空间与这些传热构件在该容纳空间中的布置范围之间;以及第二排气口,已穿过该第二内部空间的空气从该第二排气口被排放至外部。流动穿过第二管道的空气在这种情况下也改善了对电化学电芯的冷却,因为热量被传递至第二管道,并且通过流动穿过第二管道的空气,该热量通过离开第二管道的空气被耗散至环境。

[0044] 因为通常热量通过电化学能量储存装置的外壳的壁被耗散至周围环境并且出于这个原因,靠近外壳的壁的电化学电芯比外壳中心的电化学电芯需要更少的冷却,更靠近外壳中心的内部传热构件和更靠近外壳的壁的外部传热构件可以突出到第一管道中的不同流体回路。

[0045] 除了仅设置两个流体回路之外,还可以设置多于两个流体回路。增加流体回路的数量允许更具体地设定电化学能量储存装置中的热传递参数,因为每条流体回路可以以不同的参数操作。

[0046] 如果第一管道和/或第二管道包括多于一个闭合的流体回路以控制温度,则每个流体回路可以包括至少一个外部热交换器,该外部热交换器连接至进入第一管道和/或第二管道的子管道的入口。如果流动回路是开放的流动回路,则第一管道和/或第二管道各自可以与至少一个鼓风机连接,并且如果需要额外加热,也可以在传热构件之间和/或在传热构件、第一管道和/或进入第一管道的进入口中设置加热元件。

[0047] 为了实现充分的热传递,优选地,传热构件由具有良好导热性质的材料制成。可以制成传热构件的合适材料是选自由铝、铜、钢以及包括这些金属中的至少一种的合金构成的组中的一种或多种金属。

[0048] 在图中示出并且在以下说明中更详细地阐述本发明的示例性实施例。

[0049] 在这些图中:

[0050] 图1示出了具有示意性图示的温度控制回路的电化学能量储存装置;

[0051] 图2示出了电化学能量储存器的示意性剖视图;

[0052] 图3示出了根据图2的电化学能量储存器的平面视图;

[0053] 图4至图6示出了传热构件的上端部的不同布置;

[0054] 图7示出了电化学能量储存装置的电化学电芯和传热构件的俯视图,传热构件是板;

[0055] 图8示出了电化学能量储存装置的电化学电芯和传热构件的俯视图,传热构件是第一实施例的管;

[0056] 图9示出了电化学能量储存装置的电化学电芯和传热构件的俯视图,传热构件是第二实施例的管;

[0057] 图10示出了电化学电芯布置成三角形点阵;

[0058] 图11示出了仿真计算获得的温度分布。

[0059] 图1示出了具有示意性图示的温度控制回路的电化学能量储存装置。

[0060] 电化学能量储存装置1包括外壳3,该外壳包封电化学电芯和传热构件。为了提高电化学能量储存装置1的能量效率,优选地,外壳3以热绝缘的方式实施。在此,热绝缘可以施加于内侧或各个外壳壁或外侧。替代性地,也可以由热绝缘材料制造外壳3。例如,外壳3可以由金属片、特别是钢片制造而成,这些金属片在内侧或外侧上是经热绝缘的。在此背景下,本领域技术人员已知的任何期望的绝缘材料都可以用于热绝缘。作为替代方案,也可以由矿物材料(例如砖石)制造外壳。然而,由金属片构成的外壳3的优势在于,在这种情况下,可以提供可运输的电能储存装置1,而处于固定位置的电化学能量储存装置1也可以用砖制外壳3来包封。

[0061] 外壳具有用于传热介质的入口5和出口7。传热介质可以从上到下流动(如图所示)或者作为替代方案,从下到上流动。入口优选地连接至分配器,传热介质通过该分配器被分配至传热构件,这些传热构件在外壳3中平行于电化学电芯延伸。为了从电化学能量储存装置1收回传热介质,传热构件连接至收集器,该收集器连接至出口7。作为图1所示的实施例(其中分配器位于电化学电芯上方,收集器位于电化学电芯下方)的替代方案,还可以将分配器和收集器两者均布置在电化学电芯上方或电化学电芯下方,优选地布置在电化学电芯上方。

[0062] 如果意在为传热介质提供至少两个流体回路,则每个流体回路均包括入口5和出口7,入口和出口连接至相应流体回路的传热构件。

[0063] 为了控制温度,经由出口7从外壳3排出的传热介质随后经过热交换器9、加热装置11和输送装置13,然后经由入口5被重新导入到外壳3中。在这种情况下,热交换器9、加热装置11和输送装置13优选地布置在通道中,其中该通道可以被实施为管或具有任何其他截面的通道(例如矩形通道)。

[0064] 热交换器9特别是用于在必要时(例如在碱金属硫电芯的情况下在充电和放电过程期间)将传热介质用于冷却电化学电芯时冷却传热介质。在这个过程期间,传热介质在热交换器9中将热量释放到另一传热介质,其中例如水或任何其他期望的常规传热介质(例如导热油)可以用作这里的传热介质。

[0065] 如果必须提供热量以用于电化学电芯操作或电化学电芯启动,则设置加热装置11。在加热装置11中,传热介质被加热。在此,加热可以以直接或间接的方式完成,其中间接加热例如通过使用加热介质(其将热量释放到用来控制电化学电芯的温度的传热介质)来完成。然而,在此仅能使用以下加热介质:这些加热介质在用于加热电化学电芯的传热介质要被加热到的温度之上的温度下是稳定的。合适的加热介质例如是熔融盐。因此,优选使用以下加热装置:在该加热装置中,以电力或感应或替代性地通过燃烧燃料的方式加热传热介质。

[0066] 作为在此图示的实施例(其具有用于冷却的热交换器9和单独的加热装置11)的替代方案,还可以只使用一个热交换器,该热交换器用于加热和冷却两者。为此目的,传热介质的温度可以发生变化(用于加热或冷却),或者使用组合单元,该组合单元通过传热介质进行冷却并且另外还包含电加热元件以进行加热,通过这些电加热元件可以在需要控制电

化学电芯的温度时加热传热介质。

[0067] 根据传热介质使用输送装置13。对于优选使用的流体,输送装置13例如是泵。输送装置13的尺寸被确定为使得足以控制电化学电芯温度的传热介质的量可以穿过传热构件。

[0068] 除了图1所示的具有用于传热介质的闭合的流体回路的实施例之外,还可以设置开放的回路。如果传热介质是空气,则优选地使用这种开放的回路。在这种情况下,周围环境空气通过入口5被供给到外壳3中并且通过出口7从外壳中排出。与在此所示的实施例不同,空气从出口吹向周围环境。为了将空气供给穿过电化学能量储存装置,输送装置13(优选鼓风机)连接至入口5和/或出口7。如果意在进行额外加热,可以在入口中设置加热装置11以加热通过鼓风机吸入的空气。替代性地,可以将加热器布置在分配器中或布置在空气流动穿过的传热构件中。进一步地,还可以将加热装置布置在电化学电芯与传热构件之间。

[0069] 图2和图3示出了电化学能量储存装置的剖视图以及相应能量储存装置的平面视图,该能量储存装置具有传热构件,由这些传热构件通过热传导传递热量。

[0070] 电化学能量储存装置1包括电池组41,该电池组由多个单个电化学电芯15构成。电化学电芯15放置在外壳3中,该外壳包括箱43,该箱优选地具有长方体形状并且包封空间19,电化学电芯15放置在该空间中。箱24具有开口45,该开口被盖47封闭。如在图2中可见,盖47优选地包括边沿49,该边沿向下延伸并且包围箱43的上部部分。盖47的尺寸使得在箱43与盖47之间形成第一管道。

[0071] 除了电池组41之外,箱43还包括在电化学电芯15下方的第二管道23、以及传热构件17,这些传热构件布置在电化学电芯15之间。未被电化学电芯15和传热构件17填充的空间19优选地用固体或液体的介质,特别是固体颗粒介质、例如砂状蛭石或硅砂来填充。液体介质或固体介质特别是用于在故障(比如破裂、异常加热或单个电化学电芯15中的活性材料泄露)的情况下降低对周围环境的影响。

[0072] 为了连接电化学电芯15以形成电池组41,每个电化学电芯均包括负电极端子51和正电极端子53,该负电极端子从处于安装在外壳3中的状态下的电化学电芯15的上端部的中心突出,该正电极端子从电化学电芯15的外周边缘突出。在电池组41中,彼此相邻地布置的一个正电极端子53和一个负电极端子51通过连接端子55电连接,从而形成多个电化学电芯15串联连接的串。在图3中示出了部分连接端子55。在电池组41中,多个串并联连接以形成块,并且多个块串联连接。

[0073] 箱43安装并固定在基座57上,该基座在下方支撑箱43。箱43优选地由面向外侧的金属外板59、面向内侧的金属内板61以及热绝缘材料63构成,该热绝缘材料具有电绝缘特性并且填充在外板59与内板61之间。

[0074] 盖47优选地可拆卸地附接至箱43,并且在电化学能量储存装置1使用时放置在箱43上以及在置入和取出电池组41时从箱43移除。

[0075] 盖3优选地由面向外侧的金属外板65、面向内侧的金属内板67以及热绝缘材料69构成,该热绝缘材料填充在外板65与内板67之间。

[0076] 优选地,热绝缘材料63、69在大气气氛中使用,并且箱43和盖47具有大气热绝缘结构。更优选地,外板59和内板61的形状和布置被设置为使得它们通过热绝缘材料63而彼此不接触,并且外板65和内板67的形状和布置也被设置为使得它们通过热绝缘材料69而彼此不接触。例如,采用如下配置:在该配置中,外板59和内板61之间、以及外板65和内板67之间

包括空间,通过该空间除了热绝缘之外还确保了电绝缘。

[0077] 通过如上所述配置箱43和盖57,在外板59与内板61之间形成间隙71并且在外板65与内板67之间形成间隙73。如果在箱43和盖47内部存在空气并且在使用期间空气被加热并膨胀,则空气通过间隙71、73流出到外部。因此抑制了由于空气的热膨胀而引起的箱43和盖47的变形。

[0078] 替代性地,通过采用真空热绝缘板作为热绝缘材料63、69,箱43和/或盖47可以具有真空热绝缘结构。在这种情况下,内板61、67和外板59、65紧密连接。

[0079] 为了在箱43与盖47之间形成第一管道21,绝缘缓冲材料75优选地设置在箱43的其中形成有间隙71的开口端部分上。第一管道21形成在缓冲材料75上并且在箱43的外板59与盖47的内板67之间延伸。

[0080] 第一管道21和第二管道23分别设置有第一风扇77和第二风扇79,这些风扇可以是电动进气风扇。第一风扇77和第二风扇79被设置用于将外部空气分别供应至第一管道21和第二管道23。第一风扇和第二风扇77、79的操作可以通过风扇控制单元来控制。

[0081] 另外,可以在箱43的每个侧面的内板61的表面上设置侧面加热器81。进一步地,底部加热器83可以设置在第二管道23的顶表面85上。

[0082] 底部加热器83的上表面是水平的,并且电池组41布置在底部加热器83的上表面上。更具体地,由例如云母制成的板状或片状的绝缘器87模式被插置在底部加热器83与电池组41之间,从而确保底部加热器83与电池组41之间的绝缘。

[0083] 侧面加热器81和底部加热器83优选是用于加热箱43的内部的电加热器。典型地,侧面加热器81和底部加热器83用于将箱43的内部维持在操作温度,使得当电化学能量储存装置1处于电池组41不充电或不放电的备用状态下时保持电池组41的每个电化学电芯15的活性材料处于熔融态。侧面加热器81和底部加热器83的操作由加热器控制单元控制。

[0084] 为了将在操作期间于单个电化学电芯15中生成的热量释放到空间19之外,设置有杆形的传热构件17。在图2和图3所示的实施例(其具有用于通过热传导传递热量的传热构件)中,传热构件17由具有高导热性的材料、典型地具有高导热性的金属制成。优选地,将铝用作传热构件17的材料。然而,可以使用铝、钢、铜或这些金属中的一些的合金。

[0085] 如在图3中可见,电化学电芯15在平面视图中是圆形的。如果传热构件通过在传热构件的材料中的热传导来操作,则进一步优选地,每个电化学电芯15与相邻的电化学电芯15接触。电化学电芯优选地布置成矩形点阵,并且传热构件17布置在由四个电化学电芯15包围的空间中。由于相邻的电化学电芯15接触,因此两个相邻的电化学电芯15的中心到中心的距离对应于一个电化学电芯15的直径。传热构件位于矩形点阵的对角线的交叉点处。

[0086] 传热构件17还优选地具有圆形截面区域并且设置在由电化学电芯15包围的空间中,使得电化学电芯15和传热构件17的纵向轴线平行地并且以传热构件17与包围相应传热构件17的所有电化学电芯15接触的方式延伸。

[0087] 然而,如果传热构件被设计为如图3所示,则传热构件15仅与包围的电化学电芯15线接触(在图3所示的截面视图中为点接触)。从提高热传递性能的视角来看,可以将垂直于传热构件17的纵向方向的截面形状确定为使得传热构件17和电化学电芯15面接触。例如,电化学电芯15之间的所有空间或大部分空间可以是要设置传热构件17的区域,并且传热构件17具有与该区域的截面形状相对应的截面形状。在这种情况下,传热构件17的侧表面与

电化学电芯15的侧表面广泛接触,从而获得高热传递性能。

[0088] 如果可以以其他方式获得合适的热传递,则传热构件17和电化学电芯15还可以不接触。在这种情况下,热量通过介质的热传导从电化学电芯15被传递至传热构件17,该介质位于电化学电芯15与传热构件17之间的空间中。

[0089] 除了具有圆形截面区域,传热构件17还可以具有任何其他形状,例如矩形柱、三角形柱的形状或甚至在侧表面上沿着纵向方向具有不规则形的形状以便增大表面积,只要传热构件17可以设置在电化学电芯15之间的空间中即可。进一步地,在电化学电芯15之间的每个空间中还可以布置有多个传热构件17。

[0090] 传热构件17可以具有中空管形状或实心杆形状,只要确保良好的热传递性能即可。中空管形状是有利的,不仅仅在于成本方面,而且还在于可以在内部填充砂。更具体地,从箱43的内部减少一定数量的电化学电芯15的视角来看,用预定量或更多的砂材料填充箱43的内部是必要的。要在空间19中填充的砂材料的类型可以与要在管状传热构件17中填充的砂材料的类型相同或不同。进一步地,在一个电化学能量储存装置1中,管形传热构件17和杆形传热构件17可以共存。

[0091] 当传热构件17具有管形状时,传热构件17的两个端部可以独立地封闭或敞开。替代性地,两个端部可以各自独立地设有可移除的盖。

[0092] 除了如图3所示设置在由电化学电芯15包围的所有空间中,传热构件17还可以仅布置在靠近电池组41的中心的电化学电芯15之间的空间中,而在靠近箱43的壁处的电化学电芯15之间的空间中可以省略传热构件17的布置。这是可能的,因为热量在箱43的壁附近比在箱43的中心附近更有可能被释放到外部。

[0093] 如在图2中可见,每个传热构件17的下端部89与绝缘器87接触。另一方面,传热构件17的上端部91被设置为至少部分地突出到第一管道21中。优选地,传热构件17的上端部91被设置为靠近盖47的形成第一管道21的上表面的内板67,特别地被设置为与第一管道21的上表面接触。

[0094] 为了控制电化学电芯,优选地,设置用于控制每个部件的操作的控制器。控制器可以由具有CPU、ROM、RAM等的通用或专用计算机构成,并且通过执行存储在预定存储介质(其被包含在计算机中或在外部连接至计算机)中的操作程序来作为控制器起作用。控制器主要包括电池操作控制单元和温度控制单元作为虚拟组件,这些虚拟组件通过执行操作程序来实现。

[0095] 电池操作控制单元控制电化学能量储存装置1在电池组41中的充电和放电操作、电化学能量储存装置1与外部之间的电力供应和接收操作、等等。

[0096] 温度控制单元在电化学能量储存装置1的操作(充电和放电)以及备用期间基于来自设置在箱43的预定位置处的温度传感器的输出信号(温度信号)控制电化学能量储存装置1内部的温度(特别是空间19的温度)。温度控制单元包括用于控制第一风扇77和第二风扇79的操作的风扇控制单元、以及用于控制侧面加热器81和底部加热器83的操作的加热器控制单元。

[0097] 在电化学能量储存装置1的操作期间,在电池组41中的充电和放电操作、电池组41与外部之间的电力供应和接收操作在电池操作控制单元的控制下执行,而且此时,风扇控制单元使第一风扇77和第二风扇79适当地操作,以将低温空气从外部吹到第一管道21和第

二管道23中,从而维持电化学能量储存装置1中的操作温度。因此,在维持操作温度的同时执行充电/放电操作和电力供应/接收操作。

[0098] 另一方面,在备用期间,电化学能量储存装置主要通过基于来自温度传感器的输出信号由加热器控制单元打开/关闭侧面加热器81和底部加热器83的通电状态来维持在操作温度。

[0099] 在操作期间,在每个电化学电芯15中生成反应热。反应热被传递至相应电化学电芯15的周缘,随后被传递至传热构件17,该传热构件的导热性比空间19中填充的介质的导热性高。在图2中由箭头93指示了热量从电化学电芯15传递至传热构件17。

[0100] 如箭头95、97所示,传递至传热构件17的热量快速移动至传热构件17的上端部91和下端部89。

[0101] 在电化学能量储存装置的操作期间,温度低于箱43内部温度的外部空气99通过启动第一风扇77被引入到第一管道21中。空气流动穿过第一管道21,如箭头101所示。流动穿过第一管道21的空气通过冷却第一管道21的下表面吸收电化学电芯15生成的热量。另外,传热构件17的上端部91被流动穿过第一管道21的空气冷却。如此加热的空气随后释放至环境,如箭头103所示。

[0102] 如果存在,那么第二风扇79在电化学能量储存装置1的操作期间也操作,以将外部空气105引入到第二通道23中。空气流动穿过第二通道23(如箭头107指示),从而冷却第二管道23的上表面以及因此容纳电池组41的空间19以及还有传热构件17的下端部89。即使在电化学电芯15与传热构件17之间设置有绝缘器87和底部加热器83(该底部加热器在电化学能量储存装置1的正常操作期间不操作),由于操作中的电化学电芯与外部空气之间的高温差,从空间19至流动穿过第二管道23的空气的热传递仍是可能的。

[0103] 为了进一步改善从传热构件17至流动穿过第二管道23的空气的热传递,可以将传热构件17设计为使得传热构件17的下端部89突出到第二管道21中。

[0104] 传热构件17的另一优点在于,在电化学能量储存装置1的备用期间,当电池组41被侧面加热器81和底部加热器83加热时,热量同样通过传热构件17的热传递从底部加热器83被传递至电化学电芯15,从而更有效地维持电化学电芯15中的温度。

[0105] 根据本发明,至少一个传热构件突出到第一管道中。另外的传热构件可以如图4至图6所示布置。

[0106] 在图4所示的布置对应于图2的布置,其中所有传热构件17突出到第一管道21中,并且传热构件17被流过传热构件17的突出到第一管道21中的上端部91的空气冷却,从而确保操作期间的热耗散。

[0107] 然而,即使传热构件17中的至少一个不突出到第一管道21中,通过传热构件17仍可以实现充分的热耗散。传热构件可以具有如图5所示的长度,其中传热构件17的上端部与第一管道21的下表面接触。在这种情况下,第一管道21的下表面不需要传热构件17被引导穿过的任何通孔。在该实施例中,热量从传热构件17的上端部被传递至第一管道21的下表面,并且从第一管道21的下表面被传递至流动穿过第一管道的空气。

[0108] 甚至在以下情况下可能就足够了:如图6所示,至少一个传热构件17的上端部终止于第一管道21的下表面下方的距离d处。在这种情况下,热量通过传热构件17的上端部与第一管道21的下表面之间的介质被传递至第一管道21的下表面,随后从第一管道21的下表面

被传递至流动穿过第一管道21的空气。如果传热构件17具有如图5和图6所示的长度,则可以将上管道21制造为没有用于传热构件17的通孔。

[0109] 例如,考虑到电化学能量储存装置1的中心附近的温度往往比外周缘部分的温度更高,电化学能量储存装置的中心附近的传热构件17可以突出到第一管道21中,并且在外周缘部分中的传热构件可以不突出到第一管道21中。

[0110] 作为替代方案或附加地,也可以在电化学能量储存装置1的中心附近设置实心的传热构件17,并且在外周缘部分中设置管形传热构件17,和/或在更靠近电化学能量储存装置的中心设置具有更大截面面积的传热构件17,并且如果位于外周缘部分中则设置具有更小截面面积的传热构件。

[0111] 以这种方式,通过根据与所需的冷却性能相关的位置选择性地使用具有不同几何尺寸并因此具有不同冷却能力的传热构件17,电化学能量储存装置1的温度分布整体上可以是均匀的。

[0112] 当传热构件17贯穿第一管道21时,至少一个热辐射翅片可以附接传热构件17的突出到第一管道21中的部分。在这种情况下,进一步增强了在第一管道21中的传热构件17的热耗散。

[0113] 在电化学能量储存装置中使用的传热构件17可以具有任何合适的截面形状。在图7至图9中示出了可能的形状的示例。

[0114] 图7示出了电化学能量储存装置的电化学电芯和传热构件的俯视图,传热构件是板。

[0115] 如果传热构件17呈如图7所示的板的形式,则电化学电芯15成行布置并且传热构件17布置在成行的电化学电芯15之间。

[0116] 在图8和图9中示出了传热构件17是管或杆的实施例。为了实现从电化学电芯15至传热构件17的充分的热传递,电化学电芯15围绕传热构件17布置。除了围绕一个传热构件17布置四个电化学电芯15之外,还可以围绕一个传热构件17布置任何其他数量的电化学电芯15,例如3个、5个、6个或8个电化学电芯15。围绕一个传热构件17布置的电化学电芯15的数量特别地取决于传热构件17和电化学电芯15的直径。电化学电芯15的直径越大且传热构件17的直径越小,可以围绕传热构件17布置而不形成对于令人满意的热传递过大的空间的电化学电芯15的数量就越少。

[0117] 在图8和图9所示的实施例在传热构件17的截面形状方面有所不同。在图8所示的实施例中,传热构件17具有圆形截面形状,而在图9所示的实施例中,传热构件17具有方形截面形状。

[0118] 除了在图8和图9所示的形状之外,传热构件17可以具有任何其他形状,例如椭圆形或具有任何数量的边的多边形。然而,特别优选地,传热构件17具有如图8所示的圆形截面形状。

[0119] 如果传热构件17是管,则在一个电化学能量储存装置中可以使用具有不同截面形状和/或不同直径的管。然而,特别优选地,所有传热构件17都具有相同的形状。在要通过传热构件耗散或要通过传热构件供应的热量在电化学能量储存装置1的不同位置处不同的情况下,不同的直径可以是优选的。在这种情况下,为了去除更大量的热量,优选在电化学能量储存装置的出现更大量的热量的区域中直径更大。相应地,为了供应更大量的热量,优选

在需要更大量的热量的区域中直径更大。

[0120] 在上面所示的实施例中,电化学电芯15彼此相邻地布置成矩形点阵。然而,电化学电芯15的布置并不限于此。

[0121] 例如,电化学电芯可以以最紧密的包装方式布置。这在图10中以平面视图示出。在这种情况下,具有圆形截面形状的电化学电芯布置成等边三角形点阵。传热构件17于是设置为使得它们接触三个电化学电芯15。

[0122] 然而,除了在此所示的矩形点阵和三角形点阵之外,电化学电芯可以布置成任何其他点阵形状。

[0123] 实例

[0124] 执行了仿真实验以评估具有或不具有传热构件17(其通过在实心材料中的热传导传递热量)以及传热构件17与第一管道21的位置关系对电化学能量储存装置放电时温度特征的影响。

[0125] 对于实例1至实例3,25个单个电化学电芯15(每个的直径为约100mm且长度为500mm)在由盖47封闭的箱43的储存空间19中彼此相邻地布置成5乘以5的网格(如图2和图3所示),每个电化学电芯由不锈钢(SUH409L,导热性为27W/m*K)制成。在由此形成的16个空间中布置了中空管形传热构件17,其外半径为38mm且内半径为32mm。剩余的储存空间19填充了砂材料。在实例1至实例3中,仅传热构件17的布置彼此不同。应注意,每个电化学电芯15可以以280W/DC的输出连续放电持续四个小时。

[0126] 在实例1中,传热构件17贯穿到第一管道21中,并且上端部91与第一管道21的上表面接触,如图4所示。

[0127] 在实例2中,传热构件15不进入第一管道21中,并且传热构件17的上端部91与第一管道21的下表面接触,如图5所示。

[0128] 根据实例3,传热构件17的上端部91与第一管道21的下表面隔开距离d=5mm,如图6所示。

[0129] 为了进行比较,使用电化学电芯以与在实例1至实例3中相同的方式布置并且不包含传热构件的电化学能量储存装置。

[0130] 关于这些实例和对照实例,在电化学电芯15的三个不同的高度位置(即,“上部部分”、“中间部分”和“下部部分”)处的温度分布是在目标温度为305℃下执行放电的情况下仿真的。“上部部分”、“中间部分”和“下部部分”分别被设定为距电化学电芯15的底表面400mm、250mm、20mm的位置。

[0131] 图11是示出了通过仿真获得的针对实例1至实例3以及对照实例的“上部部分”、“中间部分”和“下部部分”中的温度分布、以及温度分布中的最大温度的视图。如图的下部部分所示,在每个温度分布中,由25个电化学电芯15构成的电池组41布置在由箱43包围的储存空间19中。然而省略了传热构件17的图示。

[0132] 另外,在电池组41的占据储存空间19的中心部分的部分中,随着颜色变深,温度变高。白圆圈指示最大温度位置。

[0133] 从图11可以看出,温度在近似任何电化学电芯的中心和任何高度位置处趋于最高。

[0134] 进一步地,在未设置传热构件17的对照实例中,不论高度位置如何,最大温度均超

过400℃,而在设置了传热构件17的第一实施例至第三实施例中,温度最大保持在340℃或更小。这些结果表明,设置传热构件17对于电化学能量储存装置的放电期间的热耗散是有效的。

[0135] 特别地,关于传热构件17贯穿到第一管道21中的实例1,虽然在“中间部分”处的最大温度略超过300℃,但无论高度位置如何,温度几乎为300℃或更小且低于305℃的目标温度。此外,在平面中的温差较小。这说明第一实施例的配置对于电化学能量储存装置的放电期间的热耗散是极其有效的。

[0136] 另一方面,在实例2和实例3中,虽然最大温度高于实例1中的最大温度且超过305℃的目标温度,但温差相对于对照实例的温差是有意义的。在实例2和实例3中,“下部部分”中的温度趋于比“上部部分”和“中间部分”中的温度更低,并且在“上部部分”和“中间部分”中,中心部分与周缘部分之间的温差相对显著。这些结果表明,实例2和实例3的配置在一定程度上对于模块电池的放电期间的热耗散也是有效的。

[0137] 附图标记清单

[0138] 1 电化学能量储存装置

[0139] 3 外壳

[0140] 5 用于温度控制介质的入口

[0141] 7 用于温度控制介质的出口

[0142] 9 热交换器

[0143] 11 加热装置

[0144] 13 输送装置

[0145] 15 电化学电芯

[0146] 17 传热构件

19 空间(填充有固体介质或液体介质)

[0147]

[0148] 21 第一管道

[0149] 23 第二管道

[0150] 25 盲孔

[0151] 27 内管

29 外管

[0152] 31 封闭的端部

33 间隙

[0153] 35 第一壁

37 第二壁

39 空间

[0154] 41 电池组

[0155] 43 箱

45 开口

47 盖

49 边沿

57 基座

59 外板

61 内板

63 热绝缘材料

65 外板

67 内板

69 热绝缘材料

71 间隙

73 间隙

75 绝缘缓冲材料

77 第一风扇

79 第二风扇

81 侧面加热器

83 底部加热器

85 第二管道23的顶表面

87 绝缘器

89 传热构件17的下端部

91 传热构件17的上端部

93 热量从电化学电芯传递至传热构件

95 热量传递至上端部91

97 热量传递至下端部89

99 外部空气

101 空气流动穿过第一管道21

103 空气释放至环境

105 外部空气

51 负电极端子

53 正电极端子

[0156] 55 连接端子

107 空气流动穿过第二管道23

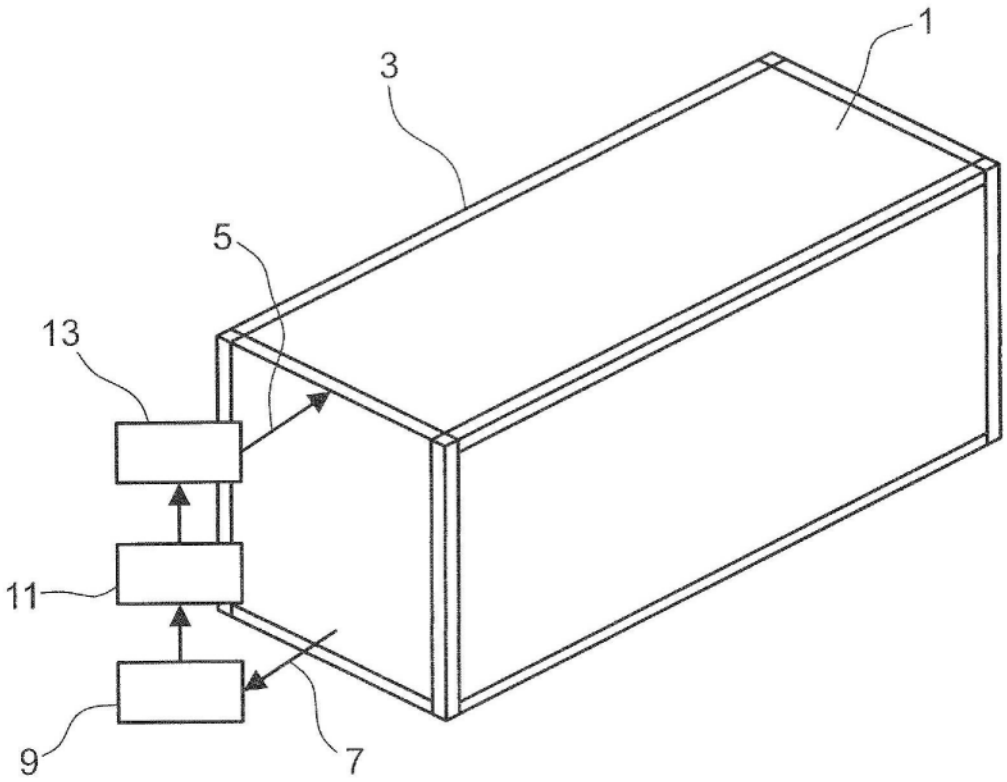


图1

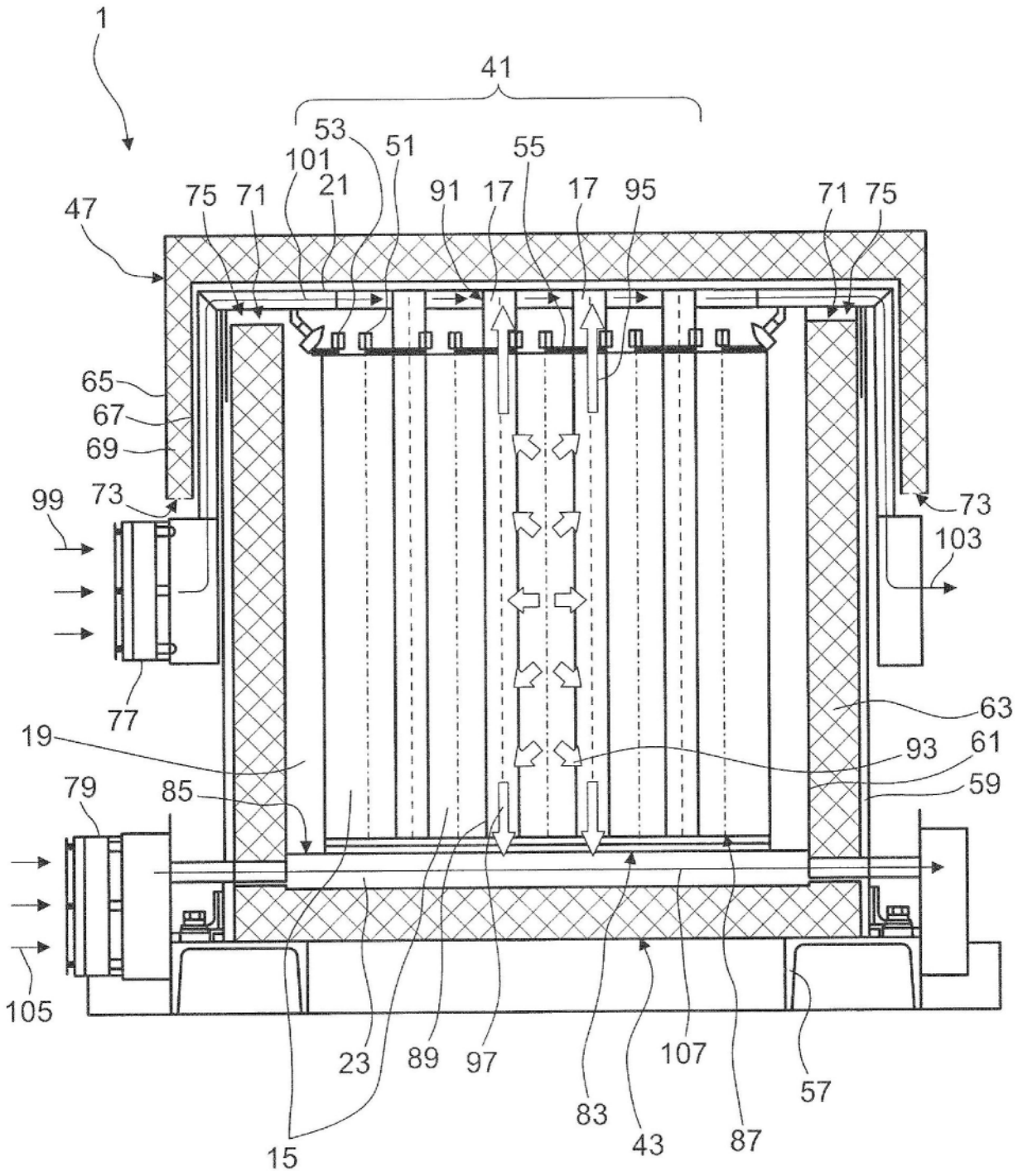

1
41
53
101
51
55
21
91
17
17
95
75
71
71
75
47
65
67
69
99
73
73
103
77
63
19
93
61
79
85
59
105
23
89
97
107
57
83
43
87
15

图2

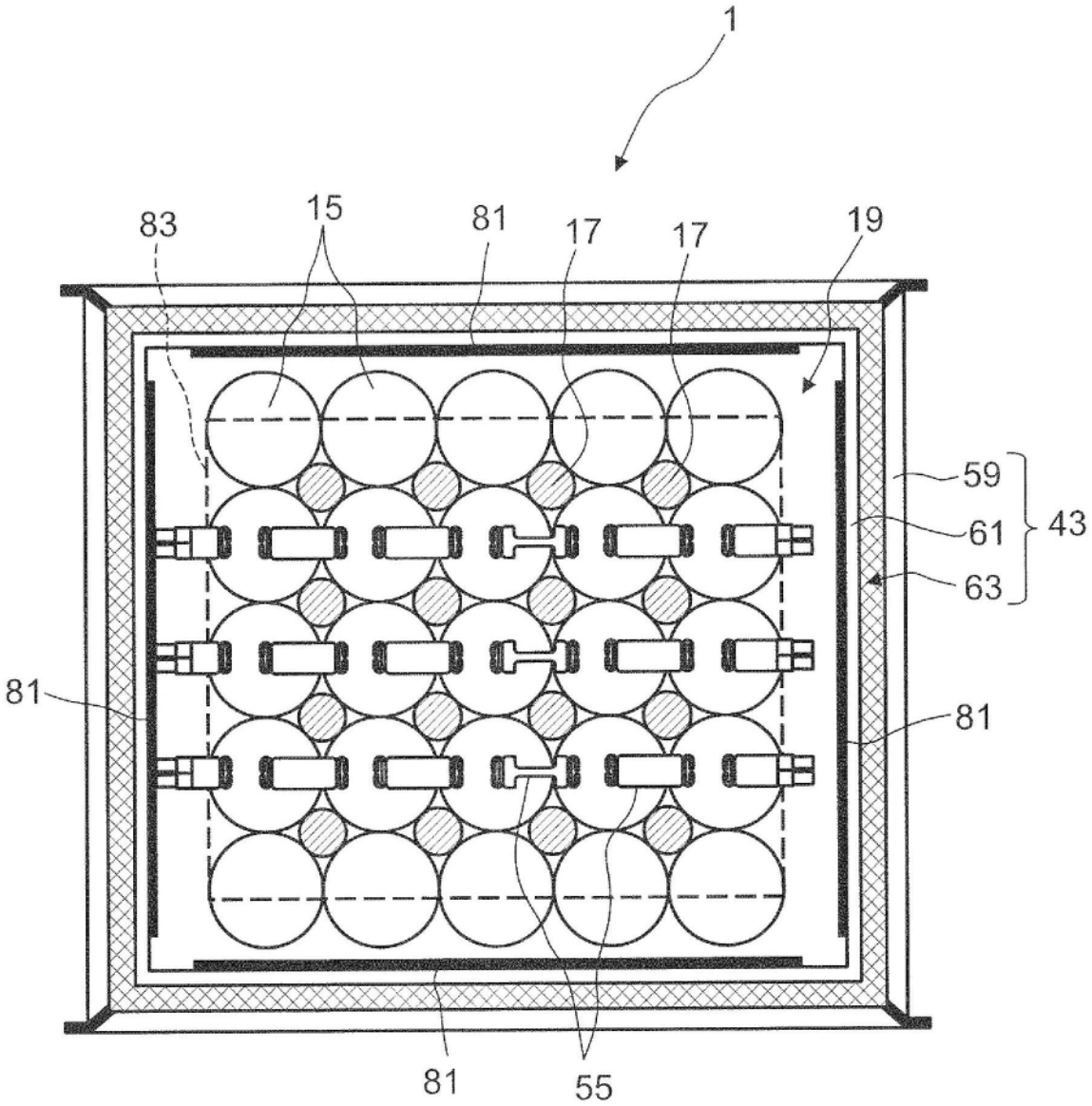


图3

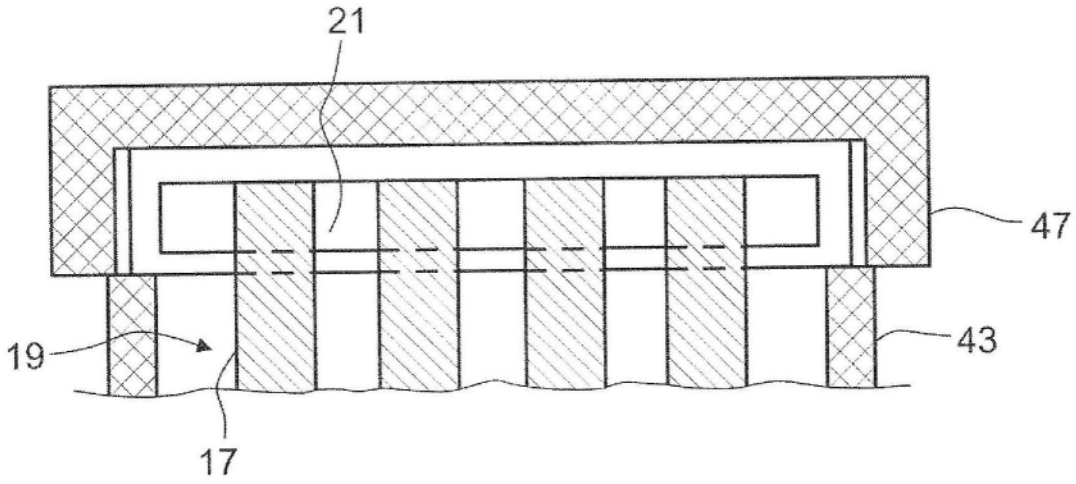


图4

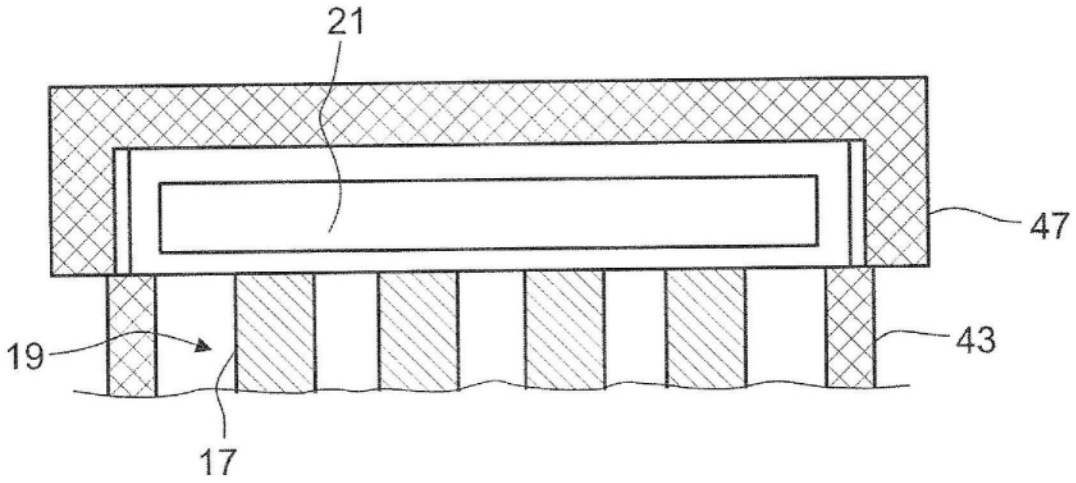


图5

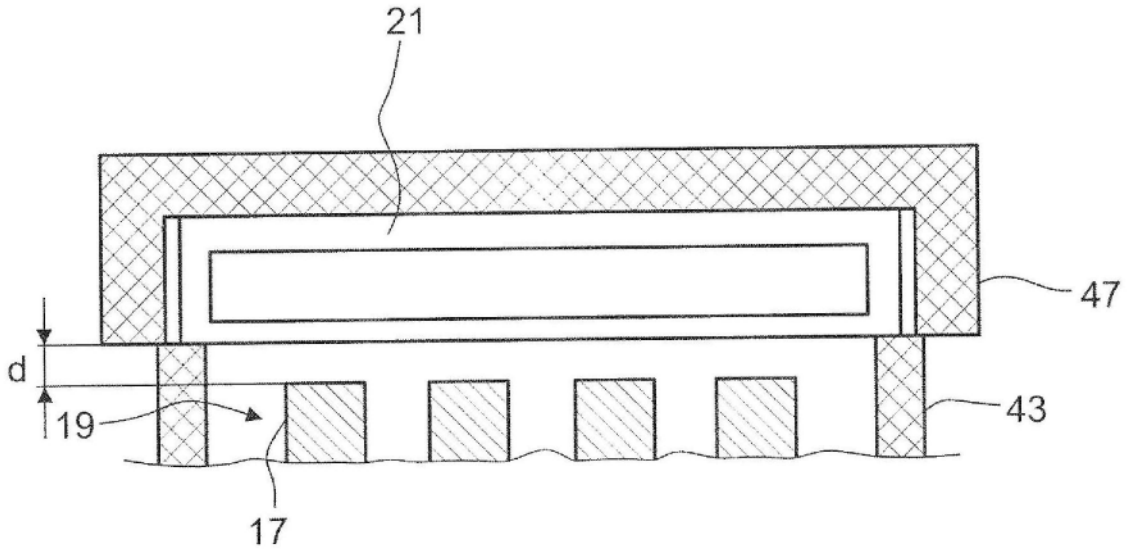


图6

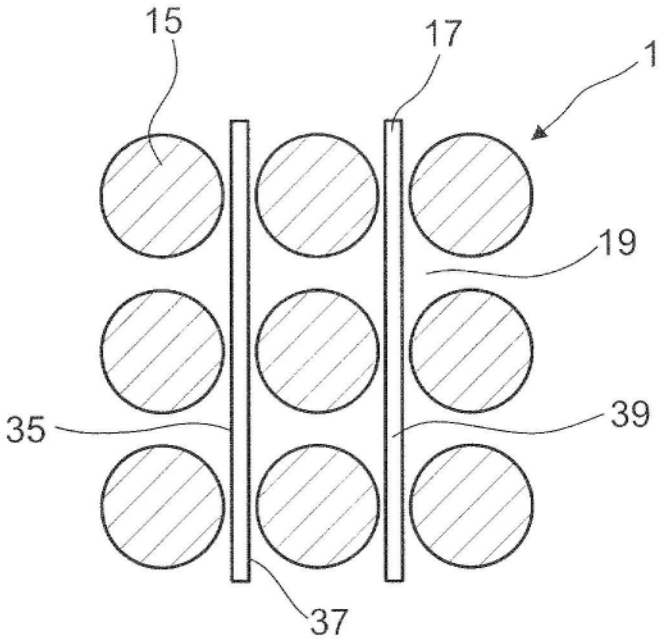


图7

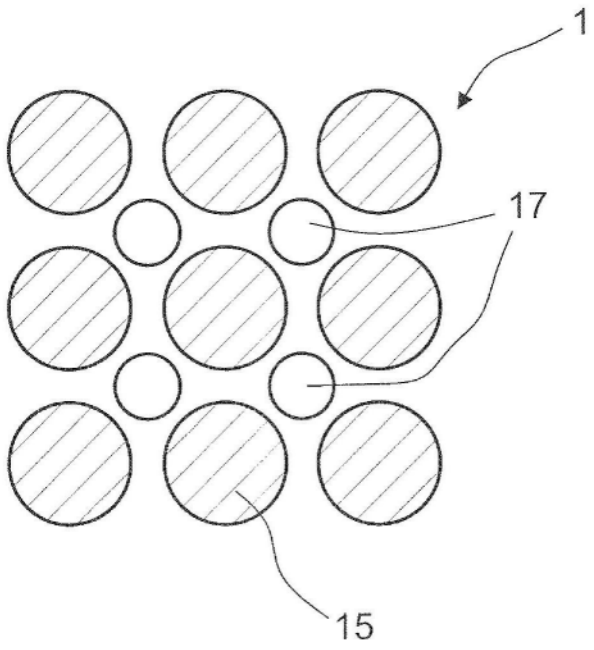


图8

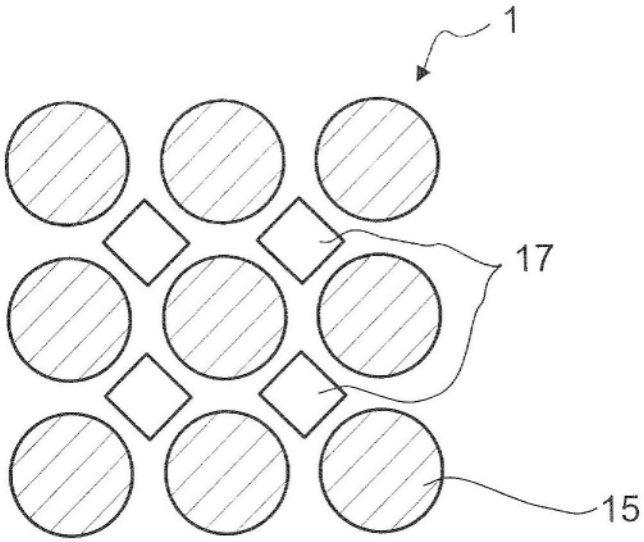


图9

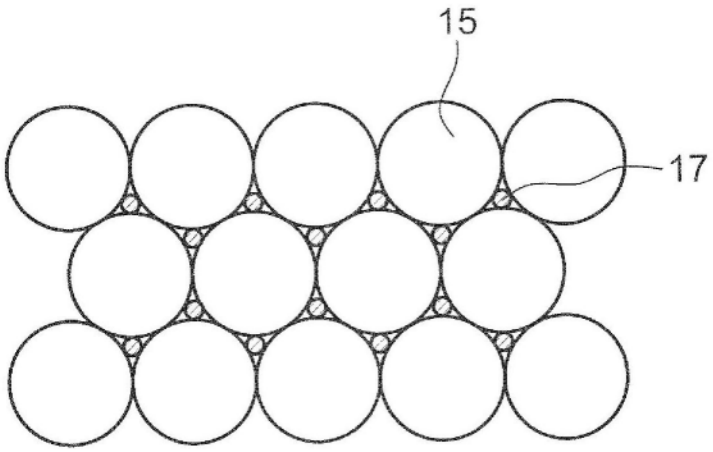
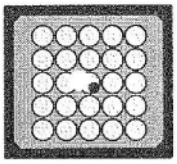
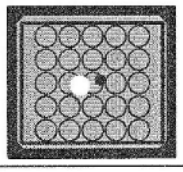
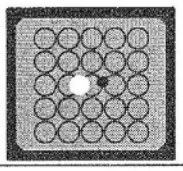
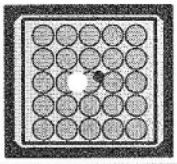
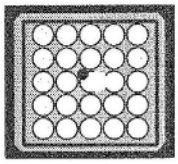
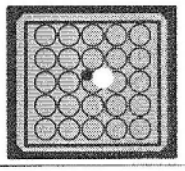
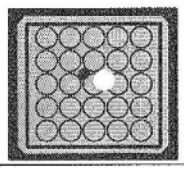
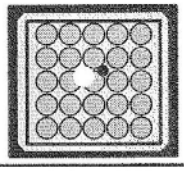
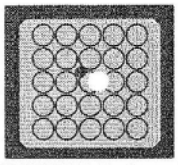
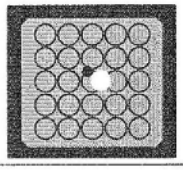
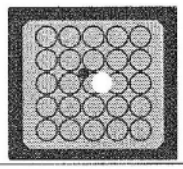
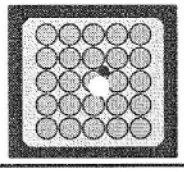


图10

	实例1	实例2	实例3	对照实例
上部部分	 289.1°C	 337.1°C	 338.6°C	 403.7°C
中间部部分	 300.1°C	 337.9°C	 339.1°C	 414.3°C
下部部分	 286.1°C	 317.3°C	 314.7°C	 410.6°C

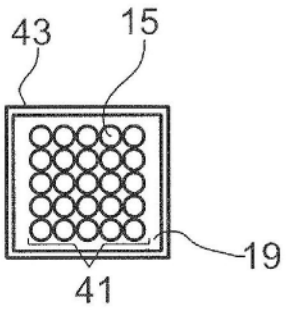


图11