

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03802272.9

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1309111C

[22] 申请日 2003.1.15 [21] 申请号 03802272.9

[30] 优先权

[32] 2002.1.15 [33] DE [31] 10201276.8

[86] 国际申请 PCT/EP2003/000356 2003.1.15

[87] 国际公布 WO2003/061044 德 2003.7.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.7.15

[73] 专利权人 巴斯福股份公司

地址 德国路德维希港

[72] 发明人 C·武尔夫 S·比特利希

H·福斯

[56] 参考文献

WO9944249A 1999.9.2

JP2001-164244A 2001.6.19

WO0123495A 2001.4.5

审查员 钟 毓

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 林柏楠 刘金辉

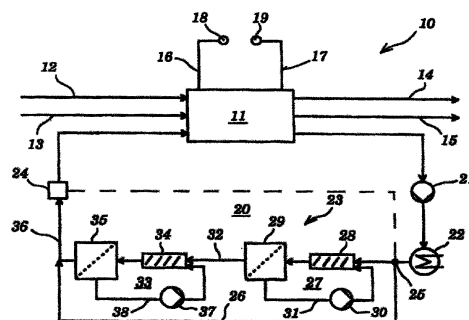
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称

燃料电池使用的冷却介质的去离子化方法和设备

[57] 摘要

本发明涉及去除在冷却回路中循环的燃料电池冷却介质中离子的方法和设备。发明的特征在于，使液体去离子剂至少间歇性地对冷却介质发生作用，从而使去离子剂能够从冷却介质中吸收离子。为达到这一目标，本发明燃料电池装置(10)含有至少一个燃料电池(11)和至少一个用于燃料电池的冷却回路(20)，在冷却回路(20)中有至少一个在其中液体去离子剂对冷却介质起作用的去离子装置(23)。去离子设备可以含有静态混合器(28, 34)，其下游安装有膜分离器(29、35)。



1、去除在冷却回路循环的燃料电池冷却介质中离子的方法，该方法包含：使来自燃料电池的冷却介质至少间歇性地与液体去离子剂接触，从而使去离子剂能够从冷却介质中获取离子，然后又使冷却介质与去离子剂分离，并将去离子剂再循环到燃料电池中。

2、根据权利要求1的方法，其中冷却介质被连续地除去离子。

3、根据权利要求1或2的方法，其中去离子剂和冷却介质相混合，而且去离子剂随后与冷却介质分离。

4、根据权利要求3的方法，其中使用相分离器分离去离子剂和冷却介质。

5、根据权利要求3的方法，其中使用膜组件分离去离子剂和冷却介质。

6、根据权利要求1或2的方法，其中使去离子剂和冷却介质直接或通过薄膜相互接触。

7、根据权利要求6的方法，其中去离子剂和冷却介质具有不同的pH值。

8、根据权利要求1或2的方法，其中使用能够络合离子的物质的溶液作为去离子剂。

9、根据权利要求1或2的方法，其中使用液态胺、溶解的胺或溶解的季胺化的胺作为去离子剂。

10、含有至少一个燃料电池(11)和至少一个用于燃料电池的冷却回路(20)的燃料电池设备(10)，其中在冷却回路(20)中装有至少一个在其中液体去离子剂可以暂时对冷却介质起作用的去离子装置(23)。

11、根据权利要求10的燃料电池设备，其中去离子装置(23)包括至少一个混合器(28、34)和至少一个薄膜分离器(29、35)。

12、根据权利要求10的燃料电池设备，其中去离子装置(23)含有至少一个混合器(28)和相分离器(49)。

13、根据权利要求10的燃料电池设备，其中去离子装置(23)含有至

少一个接触器（39、40）。

14、根据权利要求13的燃料电池设备，其中接触器（39、40）具有将冷却介质与液体去离子剂互相分离的离子可渗透膜（41、42）。

燃料电池使用的冷却介质的去离子化方法和设备

技术领域

本发明涉及的是去除燃料电池使用的冷却介质中离子的方法，及实现该方法的设备。

背景技术

燃料电池是燃料，例如甲醇、乙醇、氢或相应的混合物与燃烧剂，例如纯氧、空气、氯气或溴气以受控的方式在其中燃烧的设备，释放的反应能不仅转化为热能，而且转化为电能。数十年来，这种燃料电池被用以产生电能，并特别用于航天飞行中。由于其在使用中的高效率、低或完全没有污染物排放及低噪音水平，近年来在其它领域使用燃料电池的兴趣也大大增长。可以提及的特别示例是发动机和发电站方面。

燃料电池典型地根据将阳极室和阴极室互相分隔的电解质的类型进行分类。一种特别有趣的尤其适合较小发电站中使用和移动使用（如为车辆提供动力）的燃料电池类型是聚合物电解质燃料电池。在这种类型的燃料电池中，使用离子传导膜作电解质。固体聚合物燃料电池通常含有一个传导膜/电极单元（传导膜电极组件，MEA），其中离子传导膜位于阴极和阳极之间。离子传导膜同时充当隔离壁和电解质。能够加速燃料电池中反应的催化剂颗粒位于电极和传导膜之间的界面上。典型地，电极与多孔流体收集器相接触，该收集器另外还可使电极结构稳定并使燃料和燃烧剂的引入成为可能。由于单个电池的工作电压通常小于1伏，所以大多数燃料电池由一叠电池组成，其中数量足以产生较高电压的许多单个电池一个叠着一个地叠放，并连接成一串。聚合物电解质燃料电池的典型工作温度在100℃范围内。较高的温度虽然有利于电化学反应，但会导致传导膜的损坏。

因为燃料与燃烧剂之间的电化学反应是放热反应，因此燃料电池通常必须冷却，从而保持所需的工作温度并避免传导膜的损坏。由于必须在工作温度和环境温度之间很小的温度差别下移走相对大量的热量，所以典型

地使用热容量足够高的液体冷却剂。因此，含水冷却剂尤为适用。

但是含水冷却剂的缺点是，它们会引起冷却回路和燃料电池中金属组件的锈蚀。此外，由于燃料电池堆在相对较高，如在约 50 伏的电压下运行，具有一定导电性能的冷却介质会带来燃料电池堆中的安全问题。

如果使用去离子水作冷却剂，这同时可用于湿润流入燃料电池的反应剂，从而确保聚合物膜充分的水合作用。根据运行条件，可能需要向冷却水加入防冻剂，例如乙二醇，或其它的添加剂。但是，这些添加剂会分解为离子成分，这更增加了锈蚀的可能。另外，这些分解产物会使催化剂颗粒中毒。

由于随着离子浓度的下降含水冷却介质的导电性能降低，因此，有人建议使用去离子剂除去燃料电池所用冷却介质中的离子。例如，US 5, 200, 278 和 WO 00/17951 披露，在冷却回路中安装含有固态离子交换树脂的过滤器，从而可在含水冷却剂回输进燃料电池堆前实质性地去除其中的离子。

但已知系统的不足是，运行一定时间后树脂类离子交换剂就失去功能，不得不进行更换。这就需要不断进行维护并增加成本。

发明内容

本发明的一个目的是简化燃料电池中冷却介质的去离子过程，从而，第一，延长维护时间间隔；第二，在必须进行维护时，去离子剂的更换或更新可以得到简化并且费用低廉。

我们发现，使用液体去离子剂可以达到这一目的。因此，本发明最一般的形式提供了液体去离子剂用于燃料电池中冷却介质去离子作用的用途。

本发明还提供了去除循环运行在燃料电池冷却回路中的冷却介质的离子的方法，该方法含有：使液体去离子剂至少能够间歇性地对冷却介质起作用，以使去离子剂能够从冷却介质中吸收离子。溶解于冷却介质中的离子浓度因此得以减小，离子转而积累在去离子剂中。液体去离子剂一个特别的优势是，它可以在一个专用的回路中传送，因而去离子剂的再生或用新鲜的去离子剂更换失去功能去离子剂在燃料电池的运行期间也能够进行，而对冷却介质回路没有不利影响。

在第一个实施方案中，去离子作用可间歇进行。例如只要冷却回路中的导电性能传感器记录到冷却介质导电性的升高（这对应的是离子浓度的增大），去离子剂就能够例如通过冷却回路中的可切换阀门与冷却介质相互作用，从而移除冷却回路中部分离子。

在第二个实施方案中，连续性地去除冷却介质中的离子。在这种情况下，优先使用与冷却回路整合的去离子装置。

为使溶于冷却介质中的离子能够有效地被液体去离子剂吸取，宜使去离子剂与冷却介质相接触。在本文中，引入接触不仅包括这两种液体介质的混合或物理接触，即液体去离子剂与液体冷却介质有共同界面的情形，还包括两种液体被另外一种可渗透离子的介质，如薄膜，分隔的情形。

在第一种变例中，去离子剂与冷却介质首先混合在一起，以确保这两种介质的紧密接触，而且随后去离子剂再与冷却介质分开。这可以通过例如相分离，如使用相分离器，或通过使用膜组件中的薄膜单元来实现。这可以使维护工作之间的间隔非常长。

在本发明方法的一个优选实施方案中，冷却介质的去离子作用是在燃料电池运行中连续进行的。冷却介质与去离子剂的分离同样优选连续进行。

用于连续或分批相分离的合适装置对本领域中的技术人员来说是熟知的，并用于例如化学工艺工程或工厂建筑中（参见，例如：《化学技术》（Chemietechnik），Dr. Eckhard Ignatowitz, Verlag Europa-Lehrmittel; 《化学工艺操作基础》（Grundlagenoperationen chemischer Verfahrenstechnik），Wilhelm R. A. Vauck, Hermann A. Müller, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart 2000）。

膜组件广泛地应用于医药、食品和化学技术中。已知的应用示例有采用反渗透的血液透析、海水脱盐或利用纳米过滤的染料脱盐。聚合物膜和陶瓷材料制成的膜都可使用。它们可使用平板形、管状、毛细管状或螺旋盘绕形模块（参见，例如：R.Rautenbach, 《模块和设备设计的膜制作基础》（Membranverfahren-Grundlagen der Modul-und Anlagenauslegung），Springer Verlag Berlin Heidelberg 1997）。

如果液体去离子剂是以不与循环冷却介质相混合的方式使用, 根据第二种变例, 可以使其直接地或通过薄膜, 特别是离子可渗透膜, 与冷却介质接触。如果去离子剂与冷却介质基本上是不互溶的, 这两种液体可在装有去离子剂并有形成第二相的冷却介质流过的容器中相接触。如果去离子剂的密度高于冷却介质, 后者就从底部向上流过去离子剂, 反之亦然。为保证在这两种液体之间获得大的界面面积(这有利于高效率的去离子作用), 冷却介质优选通过液体分布器进入容器中。优选使容器存在一个平静区, 以避免在冷却介质中夹带去离子剂。容器也可以装配有诸如筛板、无规装填物或有规装填物之类的内部部件, 这在萃取领域的技术人员是熟知的(参见, 例如: K.Sattler,《热分离方法》(Thermische Trennverfahren), 2nd Edition 1995, VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim)。

但是接触也可在薄膜接触器中进行, 在薄膜接触器中用多孔膜稳定液体相的界面。薄膜接触器在移动领域中的运用尤其具有优势, 因为此时分离效率不受设备倾斜角度、机械振动和撞击的影响。

在液体去离子剂和冷却介质可互溶时也可使用薄膜接触器。在这种情况下, 薄膜应有选择性地对需要从冷却介质除去的离子是可渗透的, 而对去离子剂是不可渗透的。这可以通过例如使用具有微孔的薄膜来实现, 这些微孔比要从冷却介质中除去的离子大, 但比去离子剂中的颗粒小。可以通过例如使用一种或多种分子量大于 200 g/mol、优选大于 500 g/mol 的聚合去离子剂来实现。但是通过第一, 使用带有多余正电或负电的薄膜并且, 第二, 使用带有同性电荷的去离子剂, 也可以取得或增强所需的薄膜选择性。

在另一种变例中, 去离子作用可以使用双 Donnan 透析来实现。这里, 使用至少两种各自 pH 值都与冷却介质不同的去离子剂。这种 pH 值的差别成为扩散过程的驱动力, 因而需要从冷却介质中除去的离子甚至可以在与它们各自浓度梯度相反的方向上从冷却介质中移除。在一个实施方案中, 冷却介质在阴离子交换膜和阳离子交换膜之间流过。在阴离子交换膜的后面, 有一种高 pH 值的水溶液, 如 NaOH 溶液, 作第一种去离子剂。OH⁻

离子从其中扩散到冷却介质中，代换从冷却介质扩散到位于阴离子交换剂后面的第一种去离子剂中的阴离子。相应地，一种低 pH 值的水溶液，例如 H_2SO_4 溶液位于阳离子交换膜后面作第二种去离子剂。 H_3O^+ 离子从此第二种去离子剂中扩散到冷却介质中，代换从冷却介质扩散到位于阳离子交换膜后面的第二种去离子剂中的阳离子。

在所有上述冷却介质被引入与去离子剂直接或间接接触而不是与其相混合的变例中，去离子剂可以保持运动以改善传质。这可以通过使用安装在上述容器或膜组件中的搅拌设备，或者通过去离子剂借助泵在外部回路的循环来实现。

在冷却回路中通常安装一个或多个热交换器。在本发明的一个变例中，只提供了一个冷却回路，而且一个或多个热交换器是与例如空气或水或其它合适的冷却介质相接触的。但是，也可提供与第二个回路（次回路）有着热接触的第一个冷却回路（主回路）。

如果使用薄膜单元，为使与去离子剂接触的溶液和任一薄膜保持低温，冷却介质在去离子作用之前先行冷却是有益的。为了这一目的，可以，例如，把用于去离子作用的模块安装在第一个冷却回路的冷却器或热交换器的下游（根据第一或唯一的冷却回路中冷却介质的流动方向）。

因而，优选采用这样的设计，即从燃料电池出来的被加热的冷却介质首先流过一热交换器并在那里冷却。冷却介质随后如上所述与去离子剂混合（如在静态混合器中），或使之与去离子剂接触，并且去离子剂和除去离子的冷却介质接着在相同或其后的模块中分离。两个步骤可在一个阶段或多个阶段中实现。

至于液体去离子剂，可以使用已知的能够结合离子的液体。可以通过络合作用，例如使用已知络合剂的情形，来结合离子。这种化合物的示例有糖酸、柠檬酸、酒石酸、次氨基三乙酸（NTA）、甲基甘氨酸基二乙酸（MGDA）（Methylglycinediessigsäure）、乙二胺四乙酸（EDTA）及多氨基多羧酸和多氨基多磷酸。如果起络合作用的化合物是固态，那么液体去离子剂就是这些化合物溶于可以与冷却介质互溶或不互溶的液体中形成

的溶液。离子也可以通过离子间的相互作用而结合。这可以使用例如胺、季胺化的胺或聚胺，如聚乙烯亚胺或聚乙烯胺。也可以使用络合剂与依靠离子间相互作用的化合物的混合物，例如络合剂溶于这些化合物形成的溶液。

为实现本发明的目的，聚合物膜和含有陶瓷材料的膜都可用作膜组件或薄膜分离器中的膜。既可以使用整体膜，即由单一材料构成的膜，也可以使用复合膜，即真正具有所需分离性质的膜被用在由一种不同于薄膜的材料构成的一层或多层大孔型载体层上。正如例如 R.Rautenbach, 《模块和设备设计的膜制作基础》，Springer Verlag Berlin Heidelberg 1997 所述，薄膜可用平板形、管状、毛细管状或螺旋盘绕形模块。

在冷却介质与去离子剂基本不混溶的变例中，使用微孔尺寸优选大于 50nm 并具有高孔隙率，优选大于 30 % 的大孔型膜是有利的。合适的薄膜材料特别有聚合物，如聚丙烯、聚砒、聚醚砒、聚醚酮。适合将不同的相引入相互接触的膜组件在市场上有售，例如 Celgard 提供的名为 Liqui-Cel[®] 的模块。这些是含有中空聚丙烯纤维的模块。

在冷却介质与去离子剂可互溶的变例中，使用如上所述有选择性地可渗透需要从冷却介质中除去的离子但不能渗透各种去离子剂的薄膜是有利的。可以使用本领域技术人员熟知的透析、超滤或纳米过滤膜，例如用聚酰胺、聚砒、聚醚砒或聚醚酮制成的膜，这些膜可以是不对称整体膜也可以是复合膜。后者可通过涂覆载体层或采用界面聚合作用制成。

在本方法的一个变例中，从冷却介质中除去阴离子和阳离子是在两个分开的模块中进行的。分开的模块中去离子剂与冷却介质的分离可通过同一工序或不同工序进行。也可以把多个用于去除阳离子的模块和多个用于去除阴离子的模块结合起来。一个示例是如下设计的：冷却介质首先在主冷却回路的流动方向上经过一个热交换器并因而得到冷却。然后（根据流动方向），部分冷却介质被送入一个模块中，在其中与含 MGDA 的溶液混合。在这里，所有阳离子都以 MGDA 络合物的形式结合。接着，此溶液用膜组件分离。渗透物是脱完离子的冷却介质；含有去离子剂的渗余物

进行再循环，并再次与流入的冷却剂混合。下一步，渗透物与液体聚胺混合，以通过离子间相互作用从冷却介质中除去阴离子。聚胺从冷却介质中的分离可用如描述的用于络合剂的方法进行。结果，阳离子和阴离子都可以一种简单的方式从冷却介质中除去。

由于活性功能物的浓度很高，大量的离子可结合在这些去离子剂中。相对于含有大比例不具功能的聚合物的固态离子交换树脂，这是一个巨大的优势。另外，当这里描述的液体的容量耗尽时，它们甚至可以由非技术人员通过简单的排放程序从系统中移走。除了维护间隔得到延长以外，结果维护本身也得以简化并降低了费用。

所述方法仅从冷却介质中除去离子成分。因此，例如，可加入乙二醇作防冻剂。冷却介质还可以含有附加的腐蚀抑制剂，如 DE-A 100 63 951 中描述的原硅酸酯。原硅酸酯优选含有四个同样的烷氧基取代基，形式为四（烷氧基）硅烷。合适的硅酸酯的典型例子是纯四烷氧基硅烷，例如四甲氧基硅烷、四乙氧基硅烷、四（正丙氧基）硅烷、四（异丙氧基）硅烷、四（正丁氧基）硅烷、四（叔丁氧基）硅烷、四（2-乙基丁氧基）硅烷、四（2-乙基己氧基）硅烷或四〔2-〔2-（2-甲氧基乙氧基）乙氧基〕乙氧基〕硅烷。所述物质可从市场上购得，也可以通过 1 当量四甲氧基硅烷与 4 当量相应长链醇或酚的简单酯交换制备，生成的甲醇被蒸馏掉。

此外，如果需要与原硅酸酯结合使用，燃料电池动力可使用含有一种或多种五元杂环化合物（吡咯衍生物）的冷却剂。该杂环化合物有两或三个选自氮和硫的杂原子（不含或至多含一个硫原子），并且可含有一个芳香族或饱和六元稠环。这些冷却剂在 DE-A 101 28530 中有更为详细的描述。

最后，本发明还提供了一种燃料电池设备，其中含有至少一个燃料电池和至少一个用于燃料电池的冷却回路，在冷却回路中提供有液体去离子剂可在其中对冷却介质起作用的至少一个去离子设备。

去离子设备含有至少一个混合器，例如一个静态混合器，和一个薄膜分离器是有利的。去离子设备也可含有至少一个混合器和一个相分离器。

可以使用多种已知的相分离器,正如在例如《化学技术》,Dr. Eckhard Ignatowitz, Verlag Europa-Lehrmittel;《化学工艺操作基础》,Wilhelm R. A. Vauck, Hermann A. Müller, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart 2000 中描述的。合适的薄膜单元在例如 R. Rautenbach,《模块和设备设计的膜制作基础》,Springer Verlag Berlin Heidelberg 1997 中有描述。

在另一实施方案中,本发明的燃料电池设备含有至少一个接触器,该接触器保证去离子剂与冷却介质直接或间接接触。接触器可以有一种将冷却介质与液体去离子剂互相分离的离子可渗透膜。

采用本发明的方法和本发明的设备,依赖于初始电导率,在除去离子的液流中可达到的离子电导率为小于 $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。

以下参考附图所示的说明性实施方案,对本发明进行解释。

附图的简要说明

在图中:

图 1 示意性地显示了根据本发明含有一个冷却回路的燃料电池设备的第一种实施方案,冷却回路中安装有两个去离子介质和冷却介质在其中混合的去离子设备。

图 2 显示了图 1 中燃料电池设备的一个变例,其中冷却介质和去离子介质是间接接触而不是相混合;而且最后

图 3 显示了图 1 中实施方案的一个变例,其中采用相分离器分离去离子剂和冷却介质。

具体实施方式

图 1 示意性地显示了根据本发明的燃料电池设备 10。燃料电池设备 10 含有燃料电池堆 11,燃料电池堆 11 有用于燃料,如氢气的进料线路 12 和用于燃烧剂,如空气或氧气的进料线路 13。当送入气态物质时,至少对其中一种送入的气体在引入燃料电池堆 11 之前进行湿润,以免燃料电池中的聚合物膜变得干燥。反应产物可经过输出线路 14、15 离开燃料电池堆 11。如果燃料电池是使用纯氢和纯氧运行的,生成的反应产物就是水,并且部分水可用于湿润经线路 12 和 13 流入的气体。燃料电池堆 11 产生的电流可经收集线路 16、17 送至正极终端和负极终端 18、19。

燃料电池设备 10 有至少一个冷却回路。以参考数字 20 表示该回路的整体。至于冷却介质，可使用例如水，根据使用的场合，水中还可含有辅助成分，如防冻剂或腐蚀抑制剂。起运送冷却介质作用的循环泵 21 安装在冷却回路 20 中。冷却介质流经与例如周围空气进行热接触的热交换器 22。但与第二个冷却回路进行热接触（未显示出来）也是可以的。冷却回路 20 中热交换器 22 的下游有一去离子设备 23，至少部分冷却介质流可流经该去离子设备 23。流入去离子设备 23 的冷却介质流的比例可以改变。在描绘的实施例中，冷却回路 20 中安装有控制着阀门设施 25 的导电性传感器 24。当冷却介质的导电性上升时，较多的冷却介质被引入去离子设备 23 中，而当导电性下降时，引入去离子设备 23 的冷却介质较少，或根本没有。不需要去除离子的部分冷却介质可经过旁路线路 26 绕开去离子设备 23。

在图 1 所示的一个变例中，去离子设备 23 包括第一种去离子剂循环流经的回路 27、安装在回路 27 中的静态混合器 28 及膜组件 29。在静态混合器 28 中，冷却介质和去离子剂被引入相互紧密接触，从而使离子可以从冷却介质迁移到去离子剂中。这样形成的液体混合物被引入膜组件 29 中并在那里分离为渗余物和渗透物。基本上含有第一种去离子剂及其富集的离子的渗余物，经过装有泵 30 的线路 31 送回到静态混合器 28 中。在所介绍的情形中，第一种去离子剂用于脱除冷却介质中的阳离子。第一种去离子剂一个合适的例子是络合剂柠檬酸或甲基甘氨酸基二乙酸的溶液。渗透物经过线路 32 送入回路 33 中，回路 33 中有第二种去离子剂循环并还装有静态混合器 34 和膜组件 35。第二种去离子剂用于从冷却介质中除去阴离子并可含有，例如，液态聚胺。液体紧密接触后，混合物从静态混合器 34 送入膜组件 35 中，并在那里再次分离为渗透物和渗余物。基本含有除去离子后的冷却介质的渗透物通过线路 36 送回燃料电池堆 11 中，同时渗余物通过装有泵 37 的线路 38 送回静态混合器 34 中。

图 2 显示了图 1 所示实施方案的一个变例，其中冷却介质和去离子剂不是相混合，而是被引入相互进行间接接触。对应于在图 1 中相关描述的部件的设备部件，用同样的参考数字代表。在图 2 的变例中，流过热交换

器 22 的冷却介质被相继送入两个接触器 39 和 40 中,接触器 39 和 40 可以例如装配成薄膜接触器。在它们中,去离子剂和冷却介质通过离子可渗透膜 41、42 互相分离。在接触器 39、40 中,阴离子和阳离子被分离掉(并分别被 OH^- 和 H^+ 代替)。去离子剂分别用泵 43 和 44 经储罐 47 和 48 绕回路 45 和 46 抽吸。至于去离子剂,可以例如在回路 45 中使用 NaOH 溶液,在回路 46 中使用 H_2SO_4 溶液。

最后,图 3 显示了图 1 中燃料电池设备 10 的去离子设备的单阶段变例,其中通过相分离把去离子剂与冷却介质分开。与图 1 的变例相比,其它步骤没变。含有冷却介质和去离子剂的液体混合物从静态混合器 28 中送入相分离器 49。下面的相含有除去了离子的冷却剂,通过线路 50 送回燃料电池堆 11。上面的相含有去离子剂,通过线路 51 循环到静态混合器 28 中。

当然,以上画出的实施方案中,回路 27、33、45、46 及线路 51 可含有连接口(未显示出),通过此连接口,可以取出失去功能的去离子剂或注入新鲜的去离子剂。

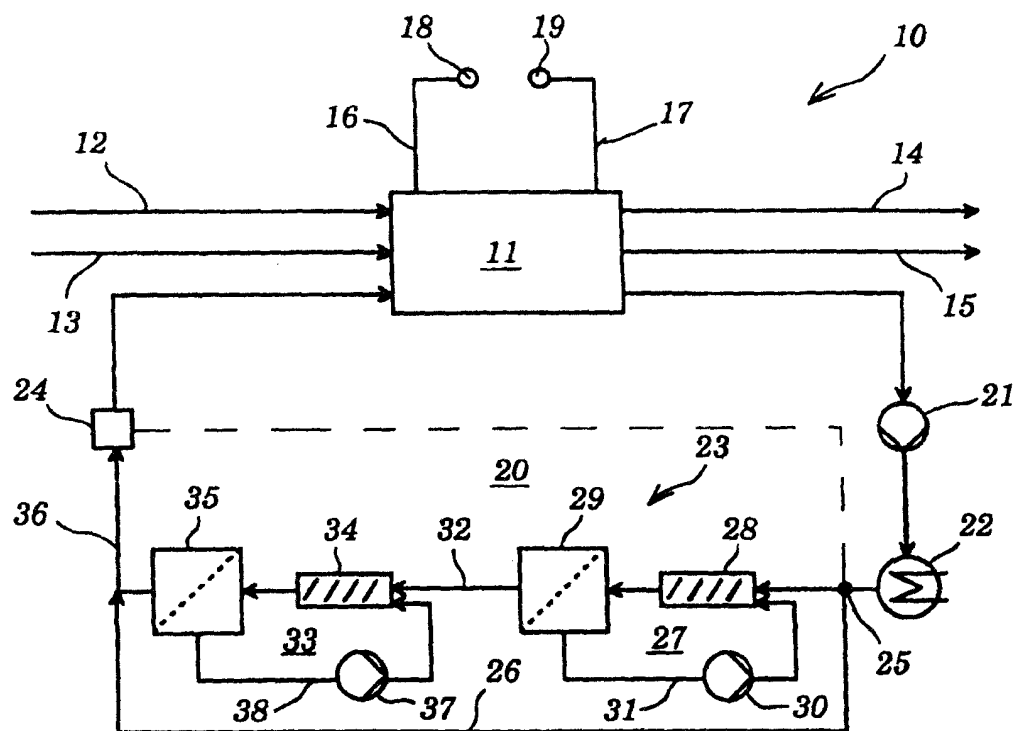


图 1

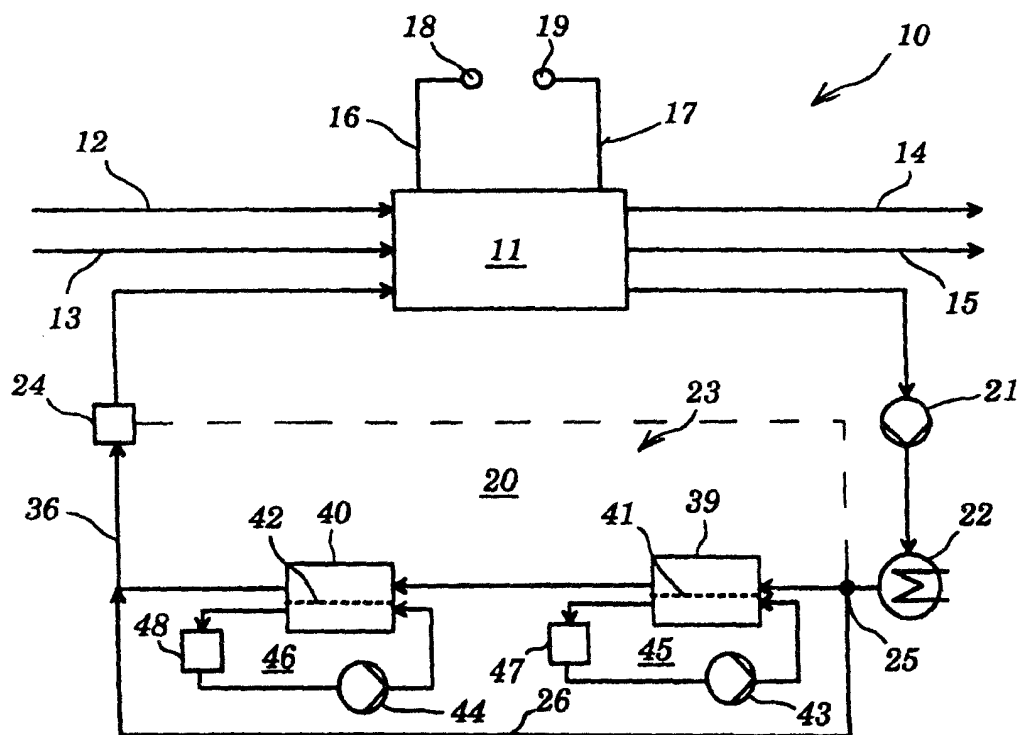


图 2

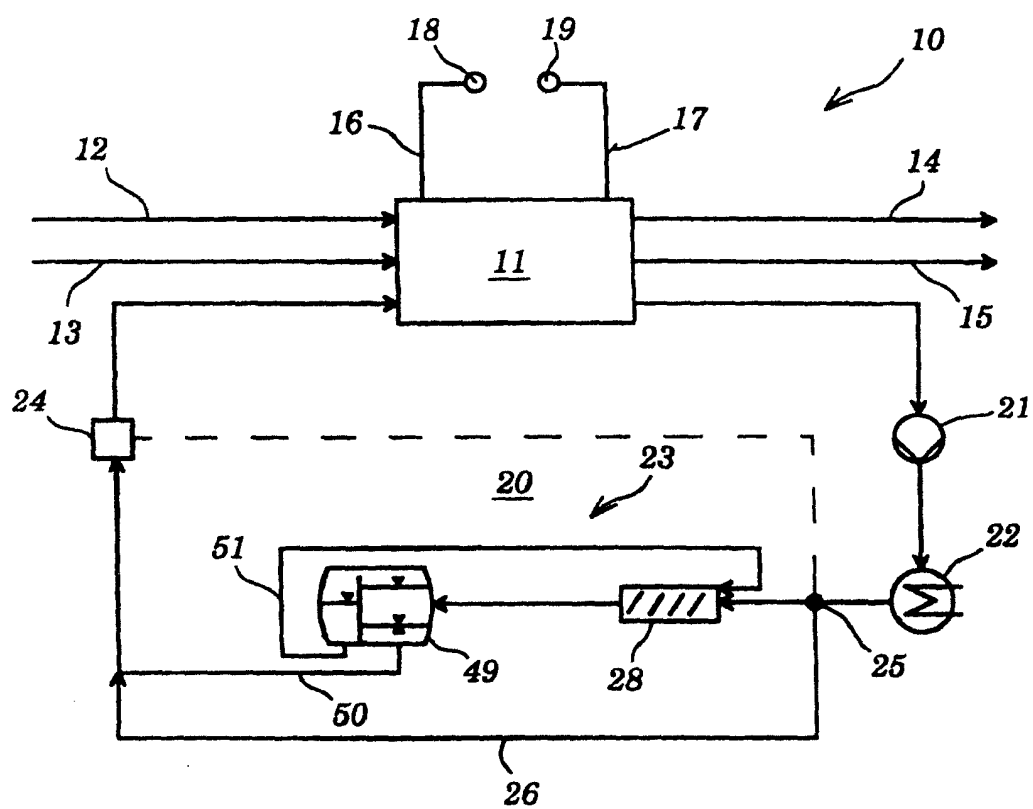


图 3