



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110114921 B

(45) 授权公告日 2022.06.21

(21) 申请号 201780081279.2

(22) 申请日 2017.12.01

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110114921 A

(43) 申请公布日 2019.08.09

(30) 优先权数据  
A51197/2016 2016.12.30 AT

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.06.28

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/081122 2017.12.01

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/121957 DE 2018.07.05

(73) 专利权人 AVL李斯特有限公司  
地址 奥地利格拉茨

(72) 发明人 J·坎萨尔 C·库格勒  
S·亚库贝克

(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 俞海舟

(51) Int.Cl.  
H01M 8/04119 (2006.01)  
H01M 8/1018 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2007214721 A1, 2007.09.20  
US 2007214721 A1, 2007.09.20  
CN 104681831 A, 2015.06.03  
JP 2002216820 A, 2002.08.02  
US 4581105 A, 1986.04.08

审查员 贾小丽

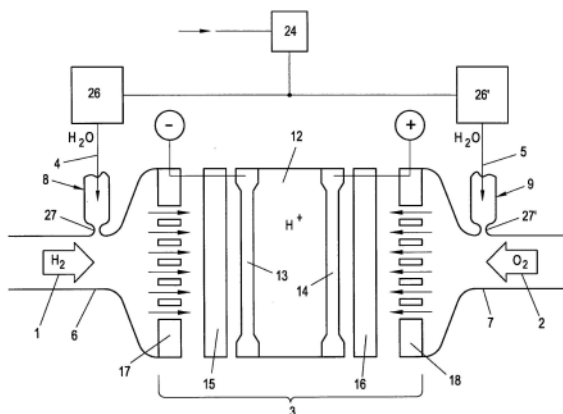
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

质子交换膜燃料电池

(57) 摘要

本发明涉及一种用于调节至少一种工艺气体(1、2)的设备,该工艺气体通过至少一个工艺气体供应装置(6、7)被供应给至少一个电化学转换器、尤其是燃料电池(3)。工艺气体供应装置(6、7)具有润湿单元(8、9),借助该润湿单元可将湿润剂(4、5)引入工艺气体(1、2)中。处于超临界状态的水可作为润湿剂(4、5)被引入工艺气体(1、2)中。



1. 一种用于调节至少一种工艺气体 (1、2) 的方法, 该工艺气体被供应给至少一个电化学转换器, 该工艺气体 (1、2) 借助润湿剂 (4、5) 润湿, 其特征在于, 作为润湿剂 (4、5) 使用处于超临界状态的水。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 作为润湿剂 (4、5) 被引入工艺气体 (1、2) 中的超临界水具有高于2800kJ/kg的比焓。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其特征在于, 通过至少一个润湿单元 (8、9) 将所述润湿剂 (4、5) 引入工艺气体供应装置 (6、7) 中, 所述润湿单元具有基本上等焓的节流阀 (27、27')。

4. 根据权利要求1或2所述的方法, 其特征在于, 所述电化学转换器是燃料电池 (3)。

5. 根据权利要求3所述的方法, 其特征在于, 该节流阀构造为喷射器 (22、23)。

6. 一种用于调节至少一种工艺气体 (1、2) 的设备, 该工艺气体通过至少一个工艺气体供应装置 (6、7) 被供应给至少一个电化学转换器, 所述至少一个工艺气体供应装置 (6、7) 具有润湿单元 (8、9), 借助该润湿单元能将湿润剂 (4、5) 引入工艺气体 (1、2) 中, 其特征在于, 处于超临界状态的水能作为润湿剂 (4、5) 被引入工艺气体 (1、2) 中。

7. 根据权利要求6所述的设备, 其特征在于, 所述润湿单元 (8、9) 具有通入工艺气体供应装置 (6、7) 中的喷射器。

8. 根据权利要求6或7所述的设备, 其特征在于, 所述电化学转换器是燃料电池 (3)。

9. 一种用于在至少一个燃料电池 (3) 中从含氢的第一工艺气体 (1) 和含氧的第二工艺气体 (2) 产生电能的能量转换单元 (10), 第一工艺气体 (1) 通过第一工艺气体供应装置 (6) 并且第二工艺气体 (2) 通过第二工艺气体供应装置 (7) 被供应给所述至少一个燃料电池 (3), 其特征在于, 所述能量转换单元 (10) 包括根据权利要求6至8中任一项所述的设备。

10. 根据权利要求9所述的能量转换单元 (10), 其特征在于, 多个燃料电池 (3) 设置在至少一个电池块 (11) 中, 第一工艺气体供应装置 (6) 和/或第二工艺气体供应装置 (7) 分别配置给电池块 (11) 的多个燃料电池 (3)。

## 质子交换膜燃料电池

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于调节至少一种工艺气体的方法,该工艺气体被供应给至少一个电化学转换器、尤其是燃料电池,该工艺气体借助润湿剂润湿。

[0002] 此外,本发明涉及一种用于调节至少一种工艺气体的设备,该设备通过至少一个工艺气体供应装置被供应给至少一个电化学转换器、尤其是燃料电池,所述至少一个工艺气体供应装置具有润湿单元,借助该润湿单元可将润湿剂引入工艺气体中。

[0003] 本发明还涉及一种用于在至少一个燃料电池中从含氢的第一工艺气体和含氧的第二工艺气体产生电能的能量转换单元,第一工艺气体通过第一工艺气体供应装置并且第二工艺气体通过第二工艺气体供应装置被供应给所述至少一个燃料电池。

### 背景技术

[0004] 为了确保燃料电池、尤其是低温PEM(质子交换膜)燃料电池(LT PEMFC)的功能、性能和耐用性,必须确保工艺气体(氢气和空气)被调节。除温度、压力和质量流量外,也根据工作点调节湿度。湿度在此具有至关重要的作用,因为只有含水的膜才对于氢阳离子是可渗透的。为了特别有效,需要高水分含量。但气体中的水滴会阻塞燃料电池中的细气体通道,这导致反应物供应不足并由此导致可逆和不可逆的性能损失(后者也称为“退化”)。此外,膜在吸收水时膨胀,在释放时该过程反转,这与机械应力相关。由于工艺气体的相对湿度波动很大,因此膜的周期性膨胀和收缩可能使膜损坏,这又引起不可逆的性能损失和因此退化。

[0005] 根据应用——在运行中(在燃料电池系统中)或在测试台上——有不同方法用于润湿反应物。在燃料电池系统中通常使用具有磺化四氟乙烯聚合物的气体-气体膜润湿器。在此燃料电池的废气通过特氟隆膜分离地从工艺气体旁经过。通过膜调节两种气体的温度和湿度。该方法具有较慢的响应时间和较差的可控性,因而不适合用于例如测试台。

[0006] 另一种主要在固定的研究测试台上使用的方法是利用所谓的“起泡器”。在此气体从下方被吹过含有水的容器,以便润湿气体。该方法特别适合于产生非常恒定的湿度条件,但动态变化几乎是不可能的。

[0007] 其它具有更好响应特性和更好可控性的方法——它们大多用于测试台——是直接汽化、喷水和直接引入水蒸汽。在前者中通过质量流量控制器将水喷射到加热板上。水汽化并且随后被添加到工艺气体中。这样做的优点在于水的良好的可计量性,因为它以液体形式添加。但加热板是迟滞的并且必须根据水量或多或少地被加热。如果水量增加过快,则板可过度冷却并且水开始在腔室中积聚。此外,在喷水和向工艺气体供应蒸汽之间存在停顿时间,因为液态水必须首先汽化。

[0008] 在喷水时,水通过单组分或双组分喷嘴尽可能精细地雾化并且直接被供应给工艺气体。优点仍在于良好的可计量性,但必须从工艺气体本身获取汽化焓。也就是说气体必须过热,以便在高的相对湿度下携带足够的热量。另外颗粒蒸发取决于颗粒表面的饱和分压与气体中的水蒸汽分压之比。在平衡时停止蒸发。在此不能或只能很难地避免水滴形成。

[0009] 在另一种方法中,在锅炉中产生蒸汽并且随后经由阀将蒸汽添加到工艺气体中。优点是高动态性和短的响应时间,但水蒸汽却难以计量。

[0010] 先前描述的方法的变型方案也是已知的。但尤其是在动态运行条件下所有这些方法都具有缺点,其中水滴形成或湿度的不良的控制质量(超调或欠调)可能导致燃料电池的不利或损坏性的运行条件。

## 发明内容

[0011] 本发明的任务在于克服现有技术的这些和其它缺点。

[0012] 根据本发明,所述任务通过开头所提类型的方法解决,其中作为润湿剂使用处于超临界状态的水。借助该方法能够以高控制质量和快速响应时间调节工艺气体的相对湿度。该方法可用于所有电化学转换器,在其中需要润湿工艺气体并且应避免液滴形成。本发明尤其有利于燃料电池、如PEMFC(质子交换膜燃料电池)、DMFC(直接甲醇燃料电池)、PAFC(磷酸燃料电池)、AFC(碱性燃料电池)、DMFC、SOFC(固体氧化物燃料电池)或类似物。根据本发明的方法特别适合用于低温聚合物电解质膜燃料电池(LT PEMFC)类型的燃料电池。

[0013] 在一种优选实施方式中,作为润湿剂被引入工艺气体中的超临界水具有高于2800kJ/kg的比焓。在等焓膨胀中由此不形成任何液态水,因为相应等焓线完全在湿蒸汽区域之外延伸。

[0014] 有利的是,润湿剂可通过至少一个润湿单元被引入工艺气体供应装置中,所述润湿单元具有基本上等焓的节流阀,可选地节流阀可构造为喷射器。这能够实现快速且精确可控的喷射,通过节流阀引入的润湿剂量可借助质量流量控制器非常精确地确定和控制。

[0015] “节流阀”在本申请的范围内是指流动通道中的截面收缩部。节流阀例如可构造为孔口、喷嘴或喷射器。孔口是具有非圆形入口和大致锥形出口的孔。喷嘴在流动路径上具有变化的横截面,并且喷射器是节流阀、孔口或喷嘴,其构造成可关闭的并且其横截面可选地可调节。

[0016] 开头提到的、用于调节至少一种工艺气体的设备以下述方式解决根据本发明的任务,即处于超临界状态的水可作为润湿剂被引入工艺气体中。水例如可经由节流阀连续地流入,流入的水量可通过压力来调节。

[0017] 有利的是,润湿单元可具有通入工艺气体供应装置的喷射器。由此可精确计量喷射量。计量能够以与在具有共轨系统的内燃机中类似的方式实现。喷射量例如可通过以打开频率断续的打开和关闭时间来计量。但为了确保连续供应润湿剂,也可设置多个喷射器,其分别通入同一工艺气体供应装置中。控制可在时间上错开地进行,使得总是相同量的润湿剂流入。

[0018] 根据本发明的能量转换单元具有上述设备。

[0019] 有利的是,在能量转换单元中多个燃料电池可设置在至少一个电池块中,第一工艺气体供应装置和/或第二工艺气体供应装置可分别配置给电池块的多个燃料电池。

## 附图说明

[0020] 下面参考图1至3详细阐述本发明,附图示例性、示意性且非限制性地示出本发明的有利实施方式。附图如下:

[0021] 图1示出具有根据本发明的设备的燃料电池的示意图；

[0022] 图2示出包括多个堆叠的燃料电池并具有根据本发明的设备的电池块11的示意图；并且

[0023] 图3示出水的T-s图。

### 具体实施方式

[0024] 参考图1一方面概括地并且另一方面具体结合本发明说明燃料电池3的特性和结构。

[0025] 图1中示意性示出的燃料电池3是PEM燃料电池(英语:“Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell-PEMFC”),其也被称为“固体聚合物燃料电池-SPFC”或“聚合物电解质燃料电池-PEFC”。燃料电池3根据所使用的电解质在从室温至约80°C的温度范围内工作,短期温度峰值可达到95°C(低温PEMFC或LT-PEMFC)或130°C至200°C(高温PEMFC或HT-PEMFC)。在HT-PEMFC和LT-PEMFC之间还有MT-PEMFC(中温PEMFC)。它们在100°C至130°C的温度范围内工作。但这些燃料电池类型之间的过渡是连续的(即边界是模糊的),因此并不总是能进行清晰的区分。

[0026] 燃料电池3主要包括中央质子传导膜12,在其第一侧面(这是氢侧——在图1左侧示出)设置阳极13,并且在相对置的第二侧面设置阴极14。

[0027] 在阳极13侧,第一工艺气体1通过第一工艺气体供应装置6经由第一分配单元17和第一气体扩散层15被供应到阳极13。第一工艺气体1(反应物)例如是氢气或含氢气体。也可供应烃化合物(乙醇、甲醇、甲烷/天然气等)。为此需要对烃进行内部(在燃料电池内)或外部(作为单独的单元)重整。

[0028] 在阴极14侧,第二工艺气体2通过第二工艺气体供应装置7经由第二分配单元18和第二气体扩散层16被供应到阴极14。第二工艺气体2是氧气或含有氧气。作为第二工艺气体2例如可使用空气。

[0029] 为了润湿第一工艺气体1,在第一工艺气体供应装置6上设置第一润湿单元8,通过该第一润湿单元可将第一润湿剂4计量加入第一工艺气体1流中。同样为了润湿第二工艺气体2,在第二工艺气体供应装置7上设置第二润湿单元9,通过该第二润湿单元可将润湿剂5计量加入第二工艺气体2流中。

[0030] 作为第一润湿剂4和/或第二润湿剂5根据本发明使用超临界水,其可由至少一个水处理单元24提供给润湿单元8、9。水处理单元24使水达到超临界状态并将其提供给润湿单元8、9。优选使用高纯度水来防止杂质损坏燃料电池或水处理单元。由润湿单元8、9输出的超临界水量可借助测量装置26、26'来确定。代替这种中央水处理,也可为每个润湿单元分散地使水达到超临界状态。

[0031] 湿润剂经由节流阀27、27'流入相应的工艺气体供应装置6、7中,在此节流阀27、27'的形式可根据需要进行优化,如以孔口、喷嘴或喷射器的形式。经由节流阀27、27'的流入过程可被称为基本上等焓的。

[0032] 在本申请公开内容的背景下,包括质子传导膜12、第一气体扩散层15、第二气体扩散层16、第一分配单元17和第二分配单元18的单元被称为燃料电池3。如技术人员所知,多个燃料电池3可组成一个电池块11,且包括多个燃料电池3的电池块11可具有一个共同的第

一工艺气体供应装置6和一个共同的第二工艺气体供应装置7。

[0033] 在图2中示意性示出这种包括多个燃料电池3的电池块11。两个相互贴靠的燃料电池3之间的相应分配单元17、18以已知方式构造为双极板19,其在两侧具有流动槽,在这些流动槽中相应工艺气体1、2被导向设置在旁边的气体扩散层15、16。可选地在双极板19中也可延伸有冷却剂通道,但为了清楚起见,它们并未在图2中示出。第一工艺气体1被引入图2中从上向下延伸的流动槽20中,第二工艺气体2被引入图2中水平延伸的流动槽21中,中水平延伸的流动槽在每个双极板19上位于与竖直流动槽20相对置的一侧上。由电池块11连同在其上设置的工艺气体供应装置6、7和润湿单元8、9构成的单元构成能量转换单元10。

[0034] 根据本发明由两个润湿单元8、9将超临界水作为第一和第二润湿剂4、5喷射到相应工艺气体流中。润湿单元8、9的节流阀构造为喷射器22、23,因此引入的润湿剂5的量可快速控制和缩放。

[0035] 在润湿工艺气体1、2时通常应考虑下述条件:

[0036] • 液体可比气体更好地计量。

[0037] • 在从液态到气态的相变过程中(被称为汽化),从环境吸收能量(吸热反应)。

[0038] • 汽化焓是温度的函数并且随温度升高而降低。

[0039] • 在临界点汽化焓=0。

[0040] • 汽化可通过沸腾或蒸发进行。

[0041] • 在周围气体中物质的与温度相关的饱和蒸汽压高于气体中该物质的实际分压时,发生液体蒸发。

[0042] • 沸腾发生在液体的与温度相关的饱和蒸汽压高于周围气相的压力时。

[0043] • 在湿蒸汽区域中液态和气态水共存。

[0044] 在本方法中,直接通过喷射器22、23向燃料电池的工艺气体添加超临界水(英语: Super Critical Water-SCW)。其在此直接(即不需要焓变)转化为气态,而不形成例如水滴形式的液态水。

[0045] 在此利用两个事实:首先,超临界水的密度可简单地确定,因此超临界水的可计量性与液态水的可计量性相当。超临界水的密度大约介于液态水和气态水的密度之间,因此可使用例如确定质量流量的科里奥利(Corioli)原理的测量方法,其在更高的介质密度下实现更好的测量结果并且因此在更高密度时具有优势。

[0046] 其次,用于蒸发水的焓增加已经“储存”在超临界水的内能中。在超临界水进入工艺气体的等焓膨胀(isenthalpic relaxation)时,超临界水直接进入气相,避免了湿蒸汽区域。

[0047] 这种等焓膨胀在图3中示出,该图示出水的T-s图。从水的超临界状态(SCW)开始,膨胀沿等焓线25进行。当焓超过约2800kJ/kg时该等焓线25完全在湿蒸汽区域之外延伸,因而在水膨胀时、即在从超临界状态转变为气态聚集态时不形成液态水。

[0048] 超临界状态通常是指临界点(在T-s图中位于湿蒸汽区域上顶点处)以上的水区域。根据一般定义,当水的温度超过647K并且压力超过22.1MPa时,水处于超临界状态。

[0049] 喷射量的调节可以常规方式进行。例如喷射量的调节可在特性曲线族的基础上借助线性控制器和/或通过基于非线性模型的控制方法来进行。

[0050] 附图标记列表

[0051]	1	第一工艺气体
[0052]	2	第二工艺气体
[0053]	3	燃料电池
[0054]	4	第一润湿剂
[0055]	5	第二润湿剂
[0056]	6	第一工艺气体供应装置
[0057]	7	第二工艺气体供应装置
[0058]	8	第一润湿单元
[0059]	9	第二润湿单元
[0060]	10	能量转换单元
[0061]	11	电池块
[0062]	12	质子传导膜
[0063]	13	阳极
[0064]	14	阴极
[0065]	15	第一气体扩散层
[0066]	16	第二气体扩散层
[0067]	17	第一分配单元
[0068]	18	第二分配单元
[0069]	19	双极板
[0070]	20、21	流动槽
[0071]	22、23	喷射器
[0072]	24	水处理单元
[0073]	25	等焓线
[0074]	26、26'	测量装置
[0075]	27、27'	节流阀

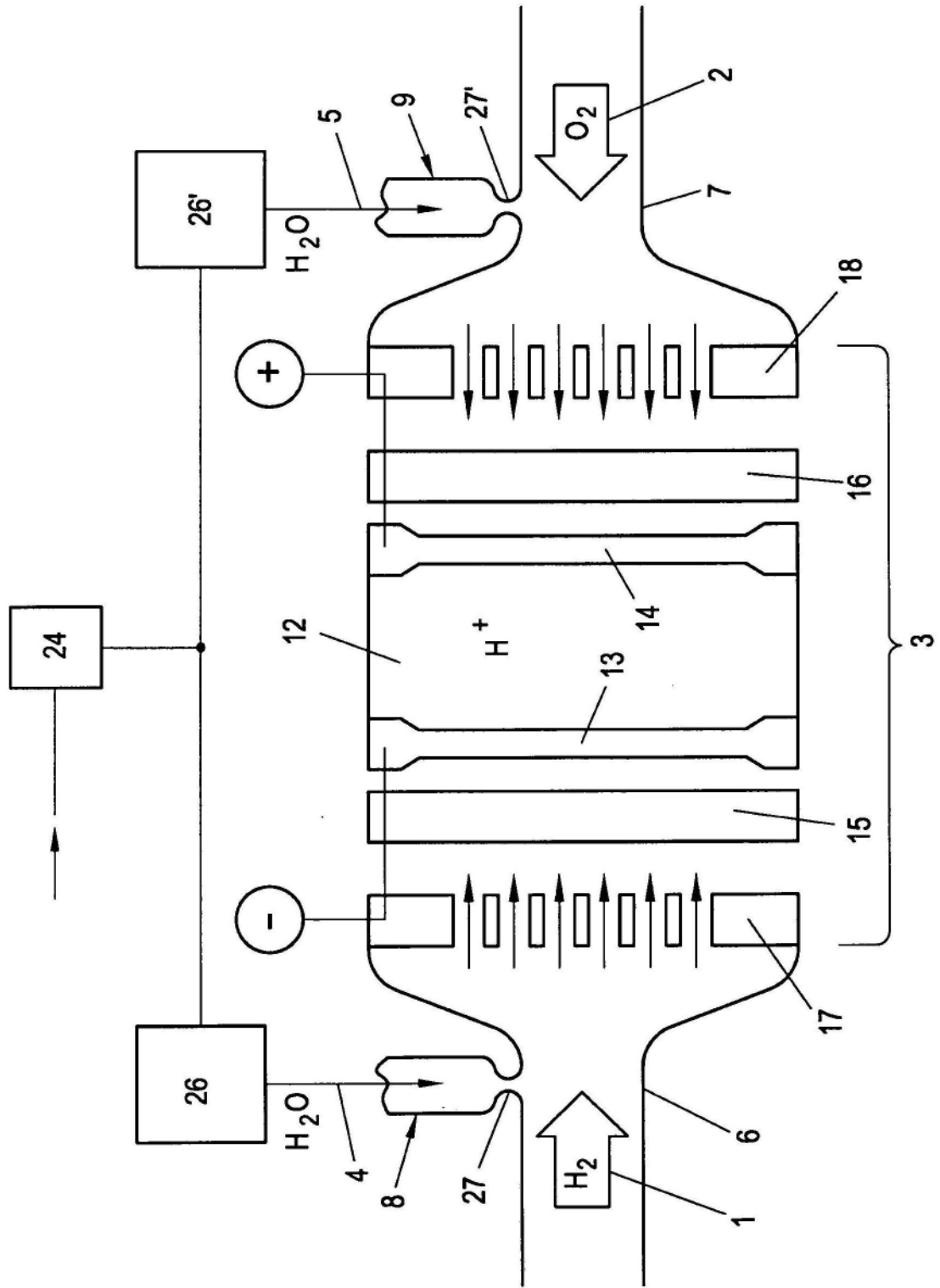


图1



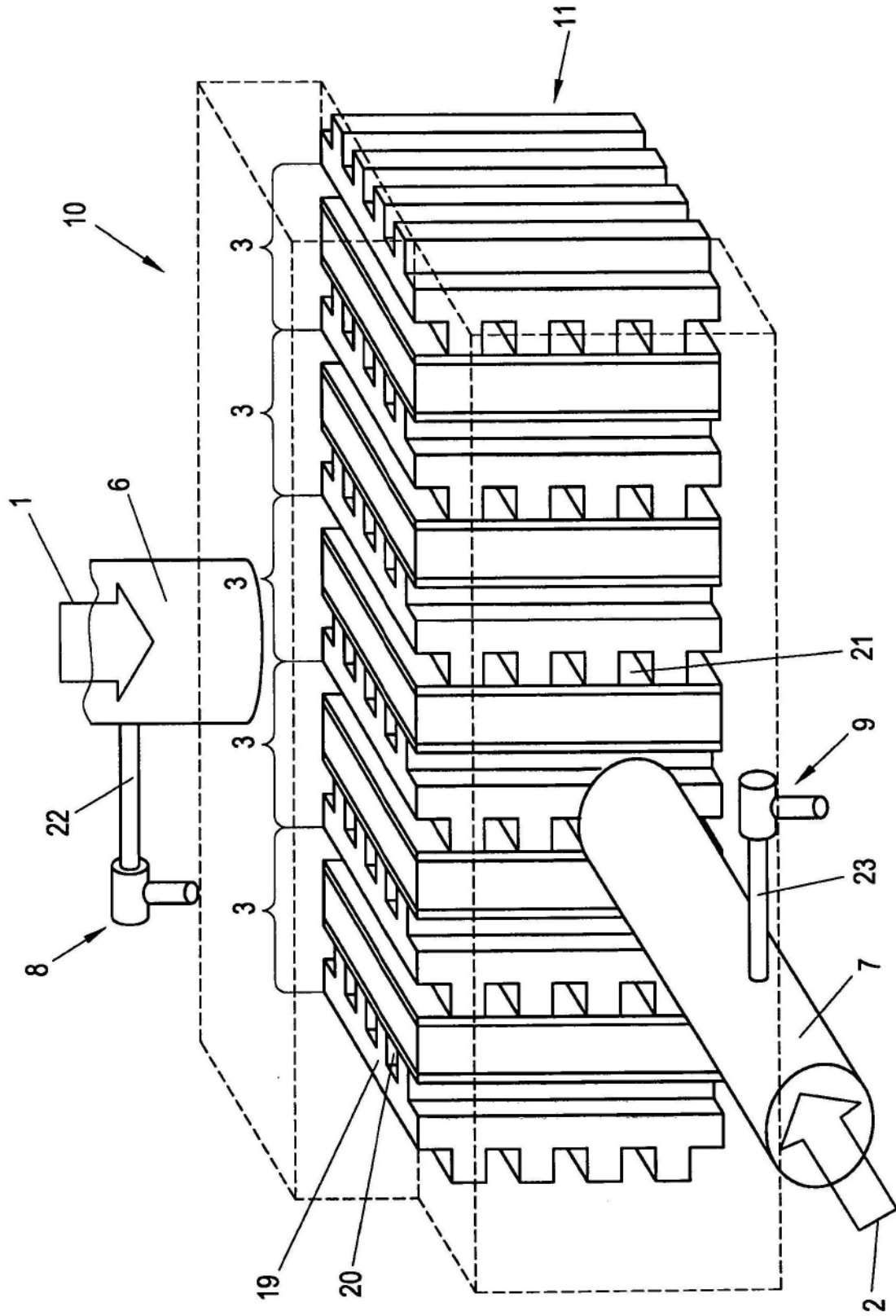


图2

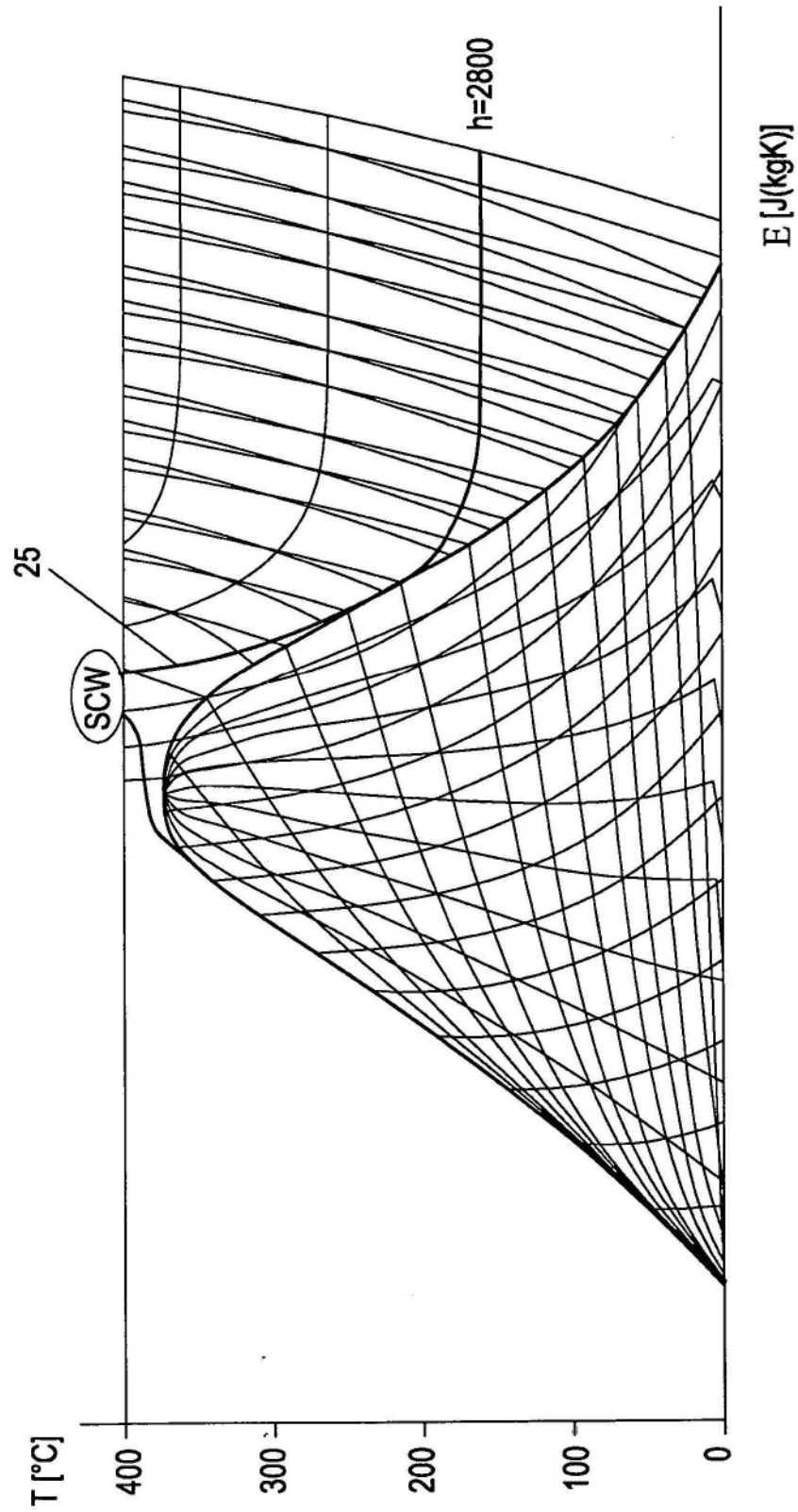


图3