



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115652347 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 31

(21) 申请号 202211400547.1

G25B 15/021 (2021.01)

(22) 申请日 2022.11.09

G25B 15/08 (2006.01)

G25B 1/04 (2021.01)

(71) 申请人 北京化工大学

地址 100029 北京市朝阳区北三环东路15号

申请人 四川亚联高科技股份有限公司

(72) 发明人 周俊波 武禹桐 王业勤 严莎 徐航程

(74) 专利代理机构 北京正和明知识产权代理事务所(普通合伙) 11845

专利代理师 李建刚

(51) Int. Cl.

G25B 9/00 (2021.01)

G25B 9/60 (2021.01)

G25B 9/67 (2021.01)

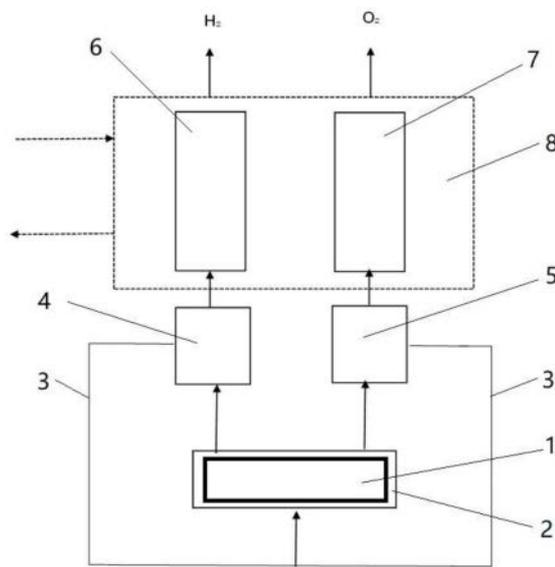
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种自热平衡电解水制氢系统及制氢方法

(57) 摘要

本发明提供一种自热平衡电解水制氢系统及制氢方法,属于电解水制氢领域。该系统包括相互连接的电解装置和气体后处理装置,所述气体后处理装置设有液体回路,所述液体回路与所述电解装置通过泵连通。该方法为所述电解装置在小室电压1-3V的直流电作用下电解制得氢气和氧气,通过利用自身工作中产生的热量,保持所述电解装置中电解液的温度为100-160℃;工作压力为1.0-3.5MPa;本发明通过对整体工艺的优化,在取消了碱液冷却系统的前提下,回收利用电解槽散热和碱液冷却器的换热,实现了电解系统的自热平衡,减少能量损失,提高电解槽工作温度,可有效降低电解电压,提高电解槽电流密度,缩小电解槽体积,减少电解槽运行过程中的整体能耗。



1. 一种自热平衡电解水制氢系统,包括相互连接的电解装置和气体后处理装置,其特征在于:所述气体后处理装置设有液体回路,所述液体回路与所述电解装置通过泵连通,所述液体回路不设置冷却系统。

2. 根据权利要求1所述的自热平衡电解水制氢系统,其特征在于,所述气体后处理装置包括分别连接于所述电解装置的氢气分离器和氧气分离器。

3. 根据权利要求2所述的自热平衡电解水制氢系统,其特征在于,所述氢气分离器和氧气分离器分别通过所述液体回路连接所述电解装置。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的自热平衡电解水制氢系统,其特征在于,所述电解装置外周包裹有保温层。

5. 根据权利要求4所述的自热平衡电解水制氢系统,其特征在于,所述氢气分离器下游连接有氢气冷却器,所述氧气分离器下游连接有氧气冷却器。

6. 根据权利要求5所述的自热平衡电解水制氢系统,其特征在于,所述氢气冷却器和氧气冷却器外周设有循环冷却装置。

7. 根据权利要求1所述的自热平衡电解水制氢系统,其特征在于,所述电解装置上游还连接有电解液供应装置,所述液体回路与所述电解液供应装置并联接入所述电解装置。

8. 一种用权利要求1-9任一项所述的自热平衡电解水制氢系统制氢的方法,其特征在于,所述电解装置在小室电压为1-3V的直流电作用下电解制得氢气和氧气,所述电解得到气液混合物进入所述氢气分离器和氧气分离器,分离出氢气和氧气,其余的液体经所述液体回路进入所述电解装置中循环使用。

9. 根据权利要求8所述的制氢方法,其特征在于,所述电解产生的热量在保温层维持下加热所述液体回路中流入所述电解装置中的循环回流液体。

10. 根据权利要求8或9所述的制氢方法,其特征在于,所述电解装置中电解液的工作温度为100-160℃,工作压力为1.0-3.5MPa。

## 一种自热平衡电解水制氢系统及制氢方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电解水制氢领域,尤其涉及一种自热平衡电解水制氢系统及制氢方法。

### 背景技术

[0002] 随着人类面临的环境问题不断加剧,化石能源不得不快速转向“清洁、低碳、安全、高效”的可再生能源,氢能是目前为止最理想的清洁能源,目前工业上常用的制氢方式有甲醇转化制氢、天然气转化制氢、煤气化制氢、氨裂解制氢等,均为非可再生过程,存在着化石资源的消耗和CO<sub>2</sub>的排放,不符合低碳产业的理念。利用水电解制氢是一种清洁、可再生的过程,不消耗化石资源,产物为氢气和氧气,对环境不造成负担。

[0003] 就目前技术而言,根据使用的电解质类型,电解水制氢可以分为碱性电解水制氢(AWE)、质子交换膜电解水制氢(PEM)、固体氧化物电解水制氢(SOEC)和阴离子交换膜电解水制氢(AEM)四类。其中AWE是最早工业化的水电解技术,已有数十年的应用经验,是目前最为成熟的工业化电解水制氢技术;质子交换膜电解水技术电解效率较高,电解槽体积小,可适应动态操作,但因贵金属的使用,设备成本较高,目前无法达到大规模工业化;固体氧化物电解水制氢反应温度高,对材料耐温性能要求苛刻,目前仍处于实验室研究阶段;阴离子交换膜电解水制氢应用过渡金属代替贵金属催化剂,降低成本,性能稳定,发展前景广阔,目前处于实验室研究阶段。

[0004] 现有的工业化碱性水电解制氢系统一般由电解槽和后处理框架组成,工业上电解槽的工作温度一般为85℃-95℃,多用聚苯硫醚隔膜,可满足工业化生产需求,但其耐高温性能差,工作温度不能超过100℃,高温下工作容易击穿破裂,造成氢氧串气发生危险。

[0005] 另外,工业化电解槽运行过程中放出的热量包括水蒸气带走的热量 $Q_1$ 、补充水吸收的热量 $Q_2$ 、被氢气氧气带走的热量 $Q_3$ 、被冷却水带走的热量 $Q_4$ 以及电解设备的散热损失 $Q_5$ ,运行过程中被冷却水带走的热量 $Q_4$ 主要包括氢氧冷却器的换热和碱液循环系统的换热,电解槽中碱液温度主要靠冷却水调节,通过控制冷却水的流量,来控制碱液温度。如果提高电解槽的工作温度就有可能合理利用这些被浪费掉的热量。现有技术中,对隔膜进行了改性处理制作出一种碱性水电解用耐高温的复合隔膜,以聚苯硫醚、聚砜、聚醚醚酮、聚丙烯、苯乙烯-CO-丙烯腈等为支撑结构,通过加入SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Mg(OH)<sub>2</sub>、二甲亚砜、氢氧化锆、五氧化二磷、钛酸钾等改善其亲水性和耐高温性能,改性后的复合隔膜可在220℃高温条件下稳定工作,保证气体纯度。这样就使得提高电解槽工作温度成为现实可能。

[0006] 理想条件下,如果 $Q_4=Q_5=0$ ,此时热效率达到最大,考虑到后处理系统运行稳定,必须保证氢氧冷却器的换热量,如何通过整体工艺调整,合理回收利用 $Q_4$ 中用于碱液系统换热的热量及电解设备的散热,提高电解温度进而有效降低电解电压,降低电解过程中的整体能耗,是一个还需解决的技术问题。

[0007] 有鉴于此,特提出本申请。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种自热平衡电解水制氢系统及制氢方法,能够在不改变现有工业化电解液和电极体系的情况下,实现热量的合理利用,提高能量转化效率,同时降低电解电压。

[0009] 为实现以上目的,本发明的技术方案如下:

[0010] 一种自热平衡电解水制氢系统,包括相互连接的电解装置和气体后处理装置,所述气体后处理装置设有液体回路,所述液体回路与所述电解装置通过泵连通,所述液体回路不设置冷却系统。

[0011] 可选地,所述电解装置上游还连接有电解液供应装置,所述液体回路与所述电解液供应装置并联接入所述电解装置。所述电解液供应装置在液体回路无法满足电解过程需要时,补充电解液进入所述电解装置。

[0012] 进一步地,所述气体后处理装置包括分别连接于所述电解装置的氢气分离器和氧气分离器。

[0013] 进一步地,所述氢气分离器和氧气分离器分别通过所述液体回路连接所述电解装置。

[0014] 优选地,所述电解装置外周包裹有保温层,避免电解过程中的热量流失。

[0015] 优选地,所述氢气分离器下游连接有氢气冷却器,所述氧气分离器下游连接有氧气冷却器。更优选地,所述氢气冷却器和氧气冷却器外周设有循环冷却装置。

[0016] 进一步地,所述氢气冷却器下游连接氢气储罐,所述氧气冷却器下游连接氧气储罐。

[0017] 本发明还提供一种用所述的自热平衡电解水制氢系统制氢的方法:所述电解装置在电压为1-3V的直流电作用下电解制得氢气和氧气,所述电解得到气液混合物进入所述氢气分离器和氧气分离器,分离出氢气和氧气,其余的液体经所述液体回路进入所述电解装置中循环使用。

[0018] 优选地,所述电解自身产生的热量在保温层维持下加热所述液体回路中流入所述电解装置中的循环回流液体,且由于电解装置和隔膜材料的耐高温性能,无须设置冷却系统。

[0019] 进一步地,所述电解装置中电解液的工作温度为100-160℃,工作压力为1.0-3.5MPa。

[0020] 与现有技术相比,本发明的自热平衡电解水制氢系统减少了电解液冷却系统,并设置了电解装置的保温层,实现了电解反应本身热量的合理利用,在不改变现有工业化电解液和电极体系的情况下,提高了能量转化效率,同时还降低了电解电压。

[0021] 本系统中的电极、隔膜等材料均采用现有商品化产品,未有特殊改性材料,仅通过对整体工艺系统的优化,实现了自热平衡,减少了能量损失,提高了工作温度,有效降低了电解电压,从而提高了电流密度,减少电解过程的整体能耗,缩小了电解槽体积;同时减少了冷却系统的设备投入,降低了设备成本。

## 附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附

图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对本发明范围的限定。

[0023] 图1为本发明的自热平衡电解水制氢系统的结构示意图。

[0024] 附图标记说明:

[0025] 1-电解槽;2-保温层;3-液体回路;4-氢气分离器;5-氧气分离器;6-氢气冷却器;7-氧气冷却器;8-循环冷却水系统。

### 具体实施方式

[0026] 如本文所用之术语:

[0027] “由……制备”与“包含”同义。本文中所述的术语“包含”、“包括”、“具有”、“含有”或其任何其它变形,意在覆盖非排它性的包括。例如,包含所列要素的组合物、步骤、方法、制品或装置不必仅限于那些要素,而是可以包括未明确列出的其它要素或此种组合物、步骤、方法、制品或装置所固有的要素。

[0028] 当量、浓度、或者其它值或参数以范围、优选范围、或一系列上限优选值和下限优选值限定的范围表示时,这应当被理解为具体公开了由任何范围上限或优选值与任何范围下限或优选值的任一配对所形成的所有范围,而不论该范围是否单独公开了。例如,当公开了范围“1~5”时,所描述的范围应被解释为包括范围“1~4”、“1~3”、“1~2”、“1~2和4~5”、“1~3和5”等。当数值范围在本文中被描述时,除非另外说明,否则该范围意图包括其端值和在该范围内的所有整数和分数。

[0029] “和/或”用于表示所说明的情况的一者或两者均可能发生,例如,A和/或B包括(A和B)和(A或B)。

[0030] 下面将结合具体实施例对本发明的技术方案进行详细描述,但是本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本发明,而不应视为限制本发明的范围。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0031] 实施例1

[0032] 一种自热平衡电解水制氢系统,如图1所示,包括相互连接的电解槽1和气体后处理装置,所述气体后处理装置设有液体回路3,液体回路3与电解槽1通过泵连通且液体回路3上不设置冷却系统。所述气体后处理装置包括分别连接于所述电解装置的氢气分离器4和氧气分离器5。氢气分离器4和氧气分离器5分别通过液体回路3连接电解槽1。电解槽1外周包裹有保温层2,避免电解过程中的热量流失。

[0033] 氢气分离器4下游连接有氢气冷却器6,氧气分离器5下游连接有氧气冷却器7。氢气冷却器6和氧气冷却器7外周设有循环冷却装置8,用于对氢气和氧气进行冷却。

[0034] 在优选的实施例中,电解槽1上游还可以连接有电解液供应装置,液体回路3与所述电解液供应装置并联接入电解槽1。所述电解液供应装置在液体回路3无法满足电解过程需要时,补充电解液进入电解槽1。

[0035] 在其他实施例中,氢气冷却器6下游可以连接氢气储罐,氧气冷却器7下游可以连接氧气储罐。

[0036] 制氢过程为:向电解槽1通入30%的氢氧化钾溶液,接通直流电源开始电解。在直

流电作用下,电解制得氢气和氧气。氢气分离器4和氧气分离器5中分离出的液体经液体回路3进入电解槽1循环利用。通过保温层2保温作用下,电解反应自身产生的热量加热进入电解槽1的电解液,达到自身热平衡,电解槽1内的温度为110℃;工作压力为1.95MPa。经测得,小室电压1.9V,电流密度为7273A/m<sup>2</sup>,能耗为4.6kWh/Nm<sup>3</sup>。

[0037] 氢气分离器4和氧气分离器5中分离出氢气和氧气分别进入氢气冷却器6和氧气冷却器7,经过循环冷却装置8冷却后待用。

[0038] 实施例2

[0039] 电解系统与实施例1相同。制氢过程为:向电解槽1通入30%的氢氧化钾溶液,接通直流电源开始电解。在直流电作用下,电解制得氢气和氧气。氢气分离器4和氧气分离器5中分离出的液体经液体回路3进入电解槽1循环利用。通过保温层2保温作用下,电解反应自身产生的热量加热进入电解槽1的电解液,达到自身热平衡,电解槽1内的温度为120℃;工作压力为2.5MPa。经测得,小室电压1.9V,电流密度为8333A/m<sup>2</sup>,能耗为4.5kWh/Nm<sup>3</sup>。其余过程同实施例1。

[0040] 实施例3

[0041] 电解系统与实施例1相同。制氢过程为:向电解槽1通入30%的氢氧化钾溶液,接通直流电源开始电解。在直流电作用下,电解制得氢气和氧气。氢气分离器4和氧气分离器5中分离出的液体经液体回路3进入电解槽1循环利用。通过保温层2保温作用下,电解反应自身产生的热量加热进入电解槽1的电解液,达到自身热平衡,电解槽1内的温度为140℃;工作压力为2.97MPa。经测得,小室电压1.88V,电流密度为9045A/m<sup>2</sup>,能耗为4.5kWh/Nm<sup>3</sup>。

[0042] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

[0043] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如,在上面的权利要求书中,所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。公开于该背景技术部分的信息仅仅旨在加深对本发明的总体背景技术的理解,而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域技术人员所公知的现有技术。

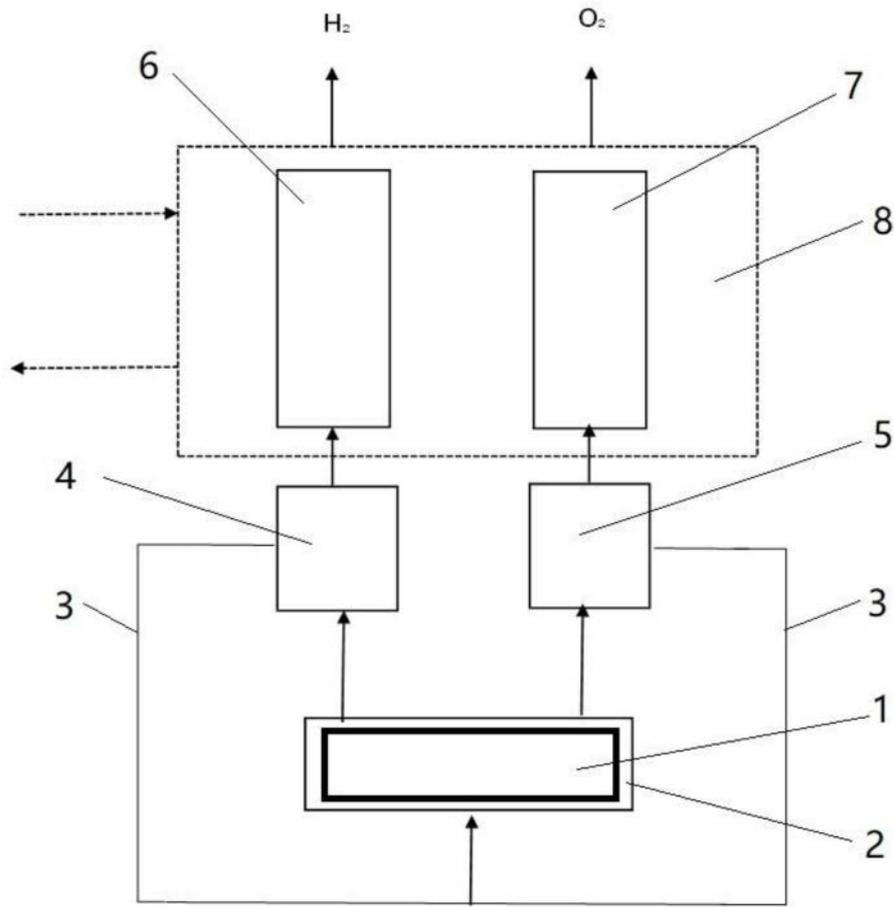


图1