



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115772427 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 10

(21) 申请号 202211667956.8

(22) 申请日 2022.12.23

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72) 发明人 郭烈锦 欧国标 陈渝楠 葛志伟
吕友军 金辉

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

专利代理师 高博

(51) Int. Cl.

C10J 3/72 (2006.01)

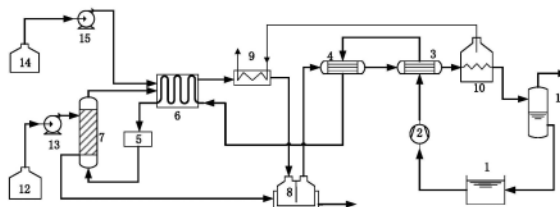
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统

(57) 摘要

本发明公开了一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,氢氧化放热反应器的产物入口经超临界水气化反应器连接储料罐;氢氧化放热反应器的氧化剂入口连接氧化剂储罐;氢氧化放热反应器的盘管出口经辅助加热系统和超临界水气化反应器连接残渣余热器的残渣入口;氧化放热反应器的产物出口依次经热吸收器、残渣余热器、第一换热器、第二换热器、保温水箱和气液分离器连接水箱的入口,水箱的出口依次经第二换热器和第一换热器连接至氧化放热反应器的盘管入口。本发明使得气化反应后的超临界流体与残渣都得到了利用,实现了煤炭超临界水气化制氢与供热项目的耦合。



1. 一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,包括氢氧化放热反应器(6),氢氧化放热反应器(6)的产物入口经超临界水气化反应器(7)连接储料罐(12);氢氧化放热反应器(6)的氧化剂入口连接氧化剂储罐(14);氢氧化放热反应器(6)的盘管出口经辅助加热系统(5)和超临界水气化反应器(7)连接残渣余热器(8)的残渣入口;氧化放热反应器(6)的产物出口依次经热吸收器(9)、残渣余热器(8)、第一换热器(4)、第二换热器(3)、保温水箱(10)和气液分离器(11)连接水箱(1)的入口,水箱(1)的出口依次经第二换热器(3)和第一换热器(4)连接至氧化放热反应器(6)的盘管入口。

2. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,氢氧化放热反应器(6)内布置有蛇形盘管结构。

3. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,产物入口、氧化剂入口和盘管出口在氢氧化放热反应器(6)的同一侧,产物出口和盘管入口设置在氢氧化放热反应器(6)的另一侧。

4. 根据权利要求3所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,盘管外为氢氧化放热反应区。

5. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,残渣余热器(8)包括内层和外层,热吸收器(9)排出的超临界流体进入内层,超临界水气化反应器(7)排出的高温残渣进入外层,超临界流体经高温残渣加热后排出,残渣经吸收热量后排出。

6. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,超临界水气化反应器(7)和储料罐(12)之间设置有泥浆泵(13)。

7. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,氧化剂储罐(14)与氢氧化放热反应器(6)之间设置有第二高压柱塞泵(15)。

8. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,热吸收器(9)的供水入口与保温水箱(10)的供水出口连通。

9. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,水箱(1)和第二回热器(3)之间设置有第一高压柱塞泵(2)。

10. 根据权利要求1所述的实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,其特征在于,氢氧化放热反应器(6)和超临界水气化反应器(7)分别设置有超压保护装置和测温热电偶。

一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统

技术领域

[0001] 本发明属于煤炭超临界水气化技术领域,具体涉及一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统。

背景技术

[0002] 目前煤的主要利用方式是直接燃烧用于火力发电,每年火力发电的煤炭消耗量已超过8亿吨,煤炭燃烧在释放热能的同时还产生 SO_x 、 NO_x 等大气污染物和烟尘。排入大气的 SO_x 、 NO_x 与水汽结合形成酸雨,造成农业、林业、水产业的损失和建筑物的腐蚀;煤炭燃烧后的灰尘经烟囱排出漂浮于大气中,形成微细颗粒,是城市雾霾频发的主要原因,雾霾不仅影响城市大气质量和能见度,同时危害人群健康。因此,如何合理利用煤炭资源,研发先进的清洁高效的煤转化技术是对能源领域的发展有重要的意义。

[0003] 超临界水是指温度和压力均高于其临界点($T=374.15^\circ\text{C}$, $P=22.12\text{MPa}$)的特殊状态的水。它兼具有液态和气态水的性质,该状态下只有少量的氢键存在,介电常数近似于非极性有机溶剂,具有高的扩散系数和低的粘度。超临界水气化技术是近年来发展起来的新型气化技术,利用此技术处理煤,具有气化率高,气体产物中氢气含量高,反应速率快等优点,且煤中的N、S、灰分等则主要以沉渣形式排出气化炉,气体产物中无 NO_x 和 SO_x 以及烟尘等,大大减少了对环境的污染和破坏。氧气、氢气等气体可以任意比例与超临界水混合,形成单一相,超临界水中,氢氧化反应温和可控。超临界水气化后的高温高压超临界流体经氢氧化反应后,可用于加热生产用户所需热水。

[0004] 另外,在现有的煤炭超临界水气化技术中,超临界水气化后的残渣通常仍具有很高的热值,却得不到合理的利用。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,用于解决煤炭对环境的污染,以及残渣热值无法有效利用的技术问题,实现煤炭的清洁利用及氢能、热能的产出,降低对环境的污染,并能够增强对煤炭超临界水气化后残渣的利用,从而提高系统的综合利用效率。

[0006] 本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,包括氢氧化放热反应器,氢氧化放热反应器的产物入口经超临界水气化反应器连接储料罐;氢氧化放热反应器的氧化剂入口连接氧化剂储罐;氢氧化放热反应器的盘管出口经辅助加热系统和超临界水气化反应器连接残渣余热器的残渣入口;氧化放热反应器的产物出口依次经热吸收器、残渣余热器、第一换热器、第二换热器、保温水箱和气液分离器连接水箱的入口,水箱的出口依次经第二换热器和第一换热器连接至氧化放热反应器的盘管入口。

[0008] 具体的,氢氧化放热反应器内布置有蛇形盘管结构。

[0009] 具体的,产物入口、氧化剂入口和盘管出口在氢氧化放热反应器的同一侧,产物出

口和盘管入口设置在氢氧化放热反应器的另一侧。

[0010] 进一步的,盘管外为氢氧化放热反应区。

[0011] 具体的,残渣余热器包括内层和外层,热吸收器排出的超临界流体进入内层,超临界水气化反应器排出的高温残渣进入外层,超临界流体经高温残渣加热后排出,残渣经吸收热量后排出。

[0012] 具体的,超临界水气化反应器和储料罐之间设置有泥浆泵。

[0013] 具体的,氧化剂储罐与氢氧化放热反应器之间设置有第二高压柱塞泵。

[0014] 具体的,热吸收器的供水入口与保温水箱的供水出口连通。

[0015] 具体的,水箱和第二回热器之间设置有第一高压柱塞泵。

[0016] 具体的,氢氧化放热反应器和超临界水气化反应器分别设置有超压保护装置和测温热电偶。

[0017] 与现有技术相比,本发明至少具有以下有益效果:

[0018] 一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,水箱中的水经加压和加热后送入氢氧化放热反应器内的盘管中,在氢氧化放热反应器中,进入盘管的超临界水进一步升至650~720℃;升温高温的超临界水从底部进入超临界水反应器,与煤颗粒发生超临界水气化反应;超临界水气化生成的气体产物与超临界水从反应器顶部出去进入氢氧化放热反应器内,气体产物中的氢气与氧化剂发生部分氧化反应放热,使得盘管内的超临界水升温;超临界水气化反应器中反应后的高温残渣排入到残渣余热器进行热量回收利用;氢氧化放热反应器出来的高温超临界流体进入热回收器用于生产用户所需热水,热回收器输出的流体经残渣余热器再次加热后经换热器和保温水箱回收热量和冷却后进行气液分离,可获得富氢气体产物。该方法使得气化反应后的超临界流体与残渣都得到了利用,实现了煤炭超临界水气化制氢与供热项目的耦合,是经济、有效和合理的煤炭转化方法。

[0019] 进一步的,氢氧化放热反应器内布置有蛇形盘管结构,能够强化管内超临界水与管外超临界流体间的换热效果。

[0020] 进一步的,产物入口、氧化剂入口和盘管出口在氢氧化放热反应器的同一侧,产物出口和盘管入口设置在氢氧化放热反应器的另一侧,使得盘管内超临界水与管外超临界流体为逆流换热,增强换热效果。

[0021] 进一步的,残渣余热器包括内层和外层,热吸收器排出的超临界流体进入内层,超临界水气化反应器排出的高温残渣进入外层,压力较高的超临界流体选择流经残渣余热器内层,有利于降低残渣余热器材料的使用,同时减少超临界流体的热量损失。

[0022] 进一步的,临界水气化反应器和储料罐之间设置有泥浆泵,用于储料罐中煤浆的输送。

[0023] 进一步的,氧化剂储罐与氢氧化放热反应器之间设置有第二高压柱塞泵,用于氧化剂的输送。

[0024] 进一步的,热吸收器的供水入口与保温水箱的供水出口连通,保温水箱为热吸收器提供温水,用于进一步加热生产用户所需热水。

[0025] 进一步的,氢氧化放热反应器、超临界水气化反应器上分别设置有超压保护装置和测温热电偶,有效提高系统的整体安全性及增强作业人员对系统运行温度的控制。

[0026] 综上所述,本发明将煤炭超临界水气化系统与部分氢氧化放热反应系统相结合,

利用氢氧化放热反应为煤超临界气化提供了所需的热量,氢氧化放热反应后的高温超临界流体用于供热,此外,超临界水气化后的高温残渣也得到了有效利用,实现了煤炭超临界水气化制氢和供热系统的耦合。

[0027] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0028] 图1为本发明实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统的工艺流程图。

[0029] 其中:1.水箱;2.第一高压柱塞泵;3.第二回热器;4.第一回热器;5.辅助加热系统;6.氢氧化放热反应器;7.超临界水气化反应器;8.残渣余热器;9.热吸收器;10.保温水箱;11.气液分离器;12.储料罐;13.泥浆泵;14.氧化剂储罐;15.第二高压柱塞泵。

具体实施方式

[0030] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0031] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“一侧”、“一端”、“一边”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0032] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0033] 应当理解,当在本说明书和所附权利要求书中使用时,术语“包括”和“包含”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

[0034] 还应当理解,在本发明说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本发明。如在本发明说明书和所附权利要求书中所使用的那样,除非上下文清楚地指明其它情况,否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

[0035] 还应当进一步理解,在本发明说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合,并且包括这些组合。

[0036] 在附图中示出了根据本发明公开实施例的各种结构示意图。这些图并非是按比例绘制的,其中为了清楚表达的目的,放大了某些细节,并且可能省略了某些细节。图中所示

出的各种区域、层的形状及它们之间的相对大小、位置关系仅是示例性的,实际中可能由于制造公差或技术限制而有所偏差,并且本领域技术人员根据实际所需可以另外设计具有不同形状、大小、相对位置的区域/层。

[0037] 本发明提供了一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,利用煤的超临界气化反应后的富氢气体产物,将煤的超临界水气化与部分氢氧化放热反应耦合起来,利用氢氧化放热反应为整个系统的运行提供热量;部分氢氧化放热反应后输出的高温超临界流体用于供热,分离最终气体产物可获得所需的氢气,本发明为煤炭的转化提供了一种高效清洁的利用途径。

[0038] 请参阅图1,本发明一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,包括水箱1、第一高压柱塞泵2、第二回热器3、第一回热器4、辅助加热系统5、氢氧化放热反应器6、超临界水气化反应器7、残渣余热器8、热吸收器9、保温水箱10、气液分离器11、储料罐12、泥浆泵13、氧化剂储罐14和第二高压柱塞泵15。

[0039] 储料罐12的出口经泥浆泵13和超临界水气化反应器7的煤浆入口连通,超临界水气化反应器7的产物出口与氢氧化放热反应器6的产物入口连通;氢氧化放热反应器6的盘管出口经辅助加热系统5与超临界水气化反应器7的超临界水入口连通,超临界水入口位于氢氧化放热反应器6的底部,产物出口位于氢氧化放热反应器6的顶部,煤浆入口位于氢氧化放热反应器6的上部一侧。

[0040] 氧化剂储罐14的出口经第二高压柱塞泵15连接氢氧化放热反应器6的氧化剂入口。

[0041] 氧化放热反应器6的产物出口与热吸收器9的入口连通,热吸收器9的出口与残渣余热器8的内层流体入口连通,残渣余热器8的残渣入口与超临界水气化反应器7的残渣出口连通,温残渣进入残渣余热器8的外层为内层的流体提供热量,残渣出口位于氢氧化放热反应器6的底部侧壁。

[0042] 残渣余热器8的流体出口与第一换热器4的热端入口连通,第一换热器4的热端出口与第二换热器3的热端入口连通,第二换热器3的热端出口经保温水箱10与气液分离器11的入口连通,气液分离器11的液体出口连接水箱1,残渣余热器8输出的流体经第一回热器4、第二回热器3和保温水箱10回收热量后在气液分离器11中实现气液分离,富氢气体产物收集作为深加工产品的化工原料或燃料,液态水重新返回水箱1。

[0043] 氧化放热反应器6的盘管入口依次经过第一回热器4、第二回热器3和第一高压柱塞泵2与水箱1的出口连通。

[0044] 其中,氢氧化放热反应器6内布置有蛇形盘管结构,用于加强盘管内的超临界水与盘管外超临界流体间的换热。

[0045] 氢氧化放热反应器6的产物入口、氧化剂入口和盘管出口在氢氧化放热反应器6的同一侧,氢氧化放热反应器6的产物出口和盘管入口在氢氧化放热反应器6的另一侧,部分氢氧化放热反应在盘管外的氢氧化放热反应区进行。

[0046] 残渣余热器8具有双层结构,流体从流体入口进入内层,高温残渣从残渣入口进入外层,内层流体经外层高温残渣加热后从流体出口输出,残渣经吸收热量后直接排出残渣余热器8。

[0047] 氢氧化放热反应器6和超临界水气化反应器7均设有超压保护装置。

- [0048] 氢氧化放热反应器6和超临界水气化反应器7以及各连接管道均设有测温热电偶。
- [0049] 本发明一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统的工作原理如下：
- [0050] a. 水箱中的水经高压柱塞泵加压和回热器加热后送入氢氧化放热反应器内的盘管中,在氢氧化放热反应器中,盘管外发生部分氢氧化反应放热,使得盘管内的超临界水温度上升；
- [0051] b. 升温至650~720℃的超临界水从盘管出口流出,从底部进入超临界水气化反应器内,与煤发生超临界水气化反应,得到气体产物与残渣,其中气体产物与超临界水进入到氢氧化放热反应器中,气体产物中的氢气与氧化剂发生部分氢氧化放热反应,煤炭超临界水气化后的残渣排入到残渣余热器外层进行能量回收；
- [0052] c. 氢氧化放热反应后的高温超临界流体进入热吸收器生产用户所需热水,热吸收器输出的流体从流体入口进入残渣余热器的内层,在残渣余热器中,流体经高温残渣的加热升温后继续回收热量；
- [0053] d. 从残渣余热器输出的流体经换热器、保温水箱回收热量后在气液分离器中实现气液分离,得到富氢气体产物与液态水。
- [0054] 本发明一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统的具体工作过程为：
- [0055] 在系统启动阶段,系统所需热量由辅助加热系统5提供,水箱1中的水经高压柱塞泵2加压至水的临界点以上,依次经过第二回热器3、第一回热器4、氢氧化放热反应器6和辅助加热系统5进入超临界水气化反应器7,通过控制辅助加热系统5,使进入超临界水气化反应器7的超临界水温度达到650℃以上。
- [0056] 将煤破碎、研磨、筛分后,获得200目以下的煤粉,加入催化剂、稳定剂后制成浓度为30%~60%的煤浆,再将煤浆放入煤浆储罐12中,通过泥浆泵13将煤浆输送至超临界水气化反应器7中,在超临界水气化反应器7内,煤粉迅速升温,并发生超临界水气化反应,得到富氢气体产物与残渣。
- [0057] 超临界流体包括气体产物和超临界水从超临界水气化反应器7顶部流出,然后进入氢氧化放热反应器6内,超临界水气化反应器7中超临界水气化反应后的高温残渣通过梯级降压的方法定期排入到残渣余热器8外层中进行能量回收;氧化剂储罐14中的氧化剂经第二高压柱塞泵15加压后从氢氧化放热反应器6的氧化剂入口进入氢氧化放热反应器6内,氧化剂不足量;在盘管外的氢氧化放热反应区,不足量的氧化剂与气体产物中的氢气发生部分氧化反应并放出热量,使得氢氧化放热反应器6内的温度上升,盘管内的超临界水与盘管外高温流体换热,使得盘管内的超临界水温度上升。
- [0058] 氢氧化放热反应后的高温流体从氢氧化放热反应器6的另一端的产物出口流出,进入热吸收器9生产用户所需热水,吸收器9输出的流体进入残渣余热器8的内层,进入残渣余热器8的内层的流体经外层高温残渣的加热后进一步回收热量,回收热量后的残渣排出残渣余热器8。
- [0059] 残渣余热器8输出的流体经第一回热器4、第二回热器3、保温水箱10回收热量后,在气液分离器11内实现气液分离,液态水重新返回水箱1。
- [0060] 运行过程中,由于氢氧化放热反应器6中的部分氢氧反应不断进行,使得盘管中超临界水温度逐步升高,即进入辅助加热系统5的超临界水温度不断升高,此时,选择逐步降低辅助加热系统5的功率,直至最后关闭辅助加热系统5,通过调节煤浆流量与超临界水流

量,使得氢氧化放热反应器6的盘管出口温度达到650-720℃,可认为整个系统已实现自供热,氢氧反应放出的热量可维持整个系统稳定运行,无需外加辅助热源。

[0061] 本发明中煤炭超临界水气化后的气体产物、残渣和高温高压的超临界流体都得到了充分利用,气体产物中的氢气通过部分氢氧化反应放热为煤炭超临界水气化提供了所需热量,煤炭超临界水气化后的高温残渣中的热量得到了的回收利用;氢氧化放热反应后的高温超临界流体根据用于要求用于供热;并获得了富氢气体产物。

[0062] 综上所述,本发明一种实现氢热联产的煤炭超临界水气化系统,将煤的超临界水气化、氢氧化放热反应、热回收利用结合起来,实现了供热与煤炭超临界水气化制氢的耦合,是一种高效洁净的煤利用技术,减少环境污染,达到制氢与供热的双重目的。

[0063] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

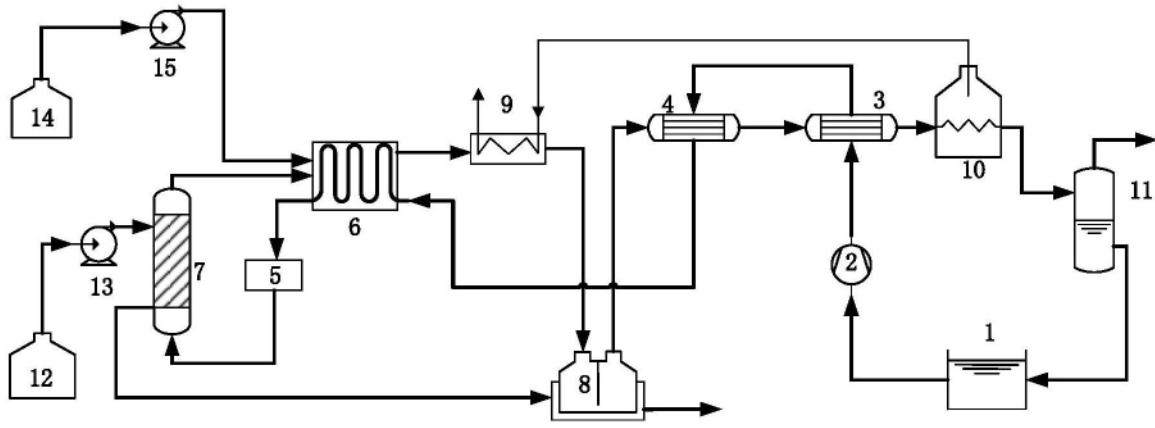


图1