



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 211896822 U

(45) 授权公告日 2020.11.10

(21) 申请号 202020298647.8

(22) 申请日 2020.03.11

(73) 专利权人 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 王树众 崔成超 李艳辉 蒋卓航 赫文强 徐甜甜 王涛

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

代理人 段俊涛

(51) Int. Cl.

C10J 3/48 (2006.01)

C10J 3/72 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

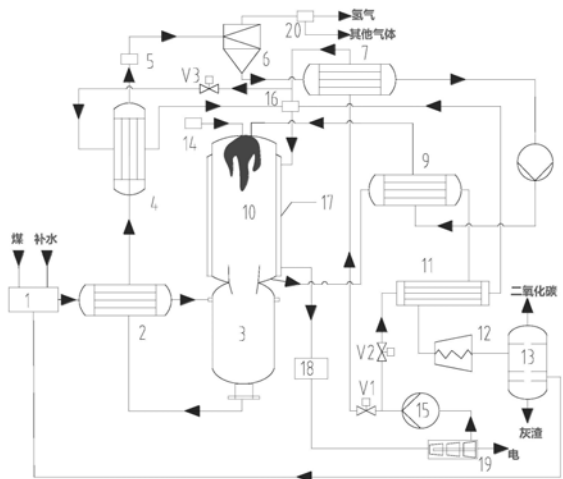
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 实用新型名称

用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统

(57) 摘要

一种用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,系统包括超临界水热燃烧反应器、超临界水气化反应器,超临界水气化反应器底部出口经第一预热器热流体侧、调温器热流体侧、调压器接至气相分离器入口,气相分离器底部出口经第一回热器热流体侧、增压泵、第二预热器冷流体侧接至超临界水热燃烧反应器顶部入口,超临界水热燃烧反应器底部中心与超临界水气化反应器之间经导流件接通;给水泵出口和第一回热器冷流体侧出口都分为两路,分别提供冷流体并最终送至混合器第一入口,混合器出口接入高效冷却套,高效冷却套出口经温压调控器与汽轮机入口接通,汽轮机出口与给水泵入口连接,本实用新型实现了煤炭气化制氢工艺中压能、热能的综合梯级利用。



CN 211896822 U

1. 一种用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,包括超临界水热燃烧反应器(10)和超临界水气化反应器(3),其特征在于,所述超临界水气化反应器(3)底部出口经第一预热器(2)热流体侧、调温器(4)热流体侧、调压器(5)接至气相分离器(6)入口,气相分离器(6)底部出口依次经第一回热器(7)热流体侧、增压泵(8)、第二预热器(9)冷流体侧接至超临界水热燃烧反应器(10)顶部入口,超临界水热燃烧反应器(10)顶部入口还与氧化剂供应单元(14)出口相连通,超临界水热燃烧反应器(10)底部中心与超临界水气化反应器(3)之间经导流件接通;

给水泵(15)出口分为两路,第一路经调节阀二(V2)、第二回热器(11)冷流体侧接至混合器(16)第一入口,第二路经调节阀一(V1)接至第一回热器(7)冷流体侧入口;第一回热器(7)冷流体侧出口分为两路,一路直接与混合器(16)第二入口接通,另一路经调节阀三(V3)、调温器(4)冷流体侧接至混合器(16)第三入口;混合器(16)出口接入高效冷却套(17),高效冷却套(17)出口经温压调控器(18)与汽轮机(19)入口接通,汽轮机(19)出口与给水泵(15)入口相连接。

2. 根据权利要求1所述用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,其特征在于,所述超临界水热燃烧反应器(10)上设有底部侧面出口,该出口经第二预热器(9)热流体侧、第二回热器(11)热流体侧和压能回收单元(12),接入三相分离器(13);三相分离器(13)下部液相出口与物料制备单元(1)接通。

3. 根据权利要求1所述用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,其特征在于,所述第一预热器(2)冷流体侧入口与物料制备单元(1)接通,冷流体侧出口与超临界水气化反应器(3)上部侧面入口接通。

4. 根据权利要求1所述用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,其特征在于,所述气相分离器(6)顶部出口接至气体分离单元(20),气体分离单元(20)用于氢气与其他气体的分离。

5. 根据权利要求1所述用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,其特征在于,所述高效冷却套(17)位于超临界水热燃烧反应器(10)外围,确保后者壁面不超温。

6. 根据权利要求1所述用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,其特征在于,所述超临界水气化制氢工艺的处理对象为碳基能源。

7. 根据权利要求6所述用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,其特征在于,所述碳基能源为煤炭。

## 用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于能源清洁高效转化利用及节能环保技术领域,特别涉及一种用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统。

### 背景技术

[0002] 我国是一个“富煤少油缺气”的国家,在世界已探明的能源储量中,我国的煤炭占世界的15%,石油占2.7%,天然气占0.9%,这种能源结构决定了我国是以煤为主要能源消费的国家。氢气是目前石油化工领域中用量巨大的一种化工原料,广泛用于生产合成氨、油品、甲醇以及石油炼制过程的加氢反应。氢能作为一种洁净、高效可储存、可再生的能源受到人们越来越多的关注。制氢技术的发展是开发氢能系统的基础和前提。而氢的经济、大量生产与使用的基础是其制备原料足够丰富。相对于其它常规一次能源而言,中国的煤炭资源要丰富得多。以煤炭为原料制取氢气供给终端用户使用,并有效将制氢过程所产生物质的污染降低到最低水平,是一种具有广泛应用前景的环保型制氢路线。因此,在风能、太阳能、地热能及生物质能等新能源和其他可再生能源实现大规模商业化应用之前,煤制氢技术在中国会有十分广阔的发展前景。

[0003] 超临界水是指温度和压力均高于其临界点 ( $T_c=374.15^{\circ}\text{C}$ ,  $P_c=22.12\text{MPa}$ ) 的特殊状态的水。超临界水气化技术是利用超临界水的特殊性质,在不加入氧化剂的前提下将反应物加入超临界水反应器内进行热解气化反应,制取高热值气体,如氢气和甲烷等。更高的反应温度有助于煤炭向 $\text{H}_2$ 的转化,但是受限于高压反应器、预热器材料的耐温极限,当前超临界水气化工艺多在 $400\text{--}500^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行,氢气产生效率较低,煤炭中相当一部分能量集中在反应后的固相产物(残炭)中。其次,气化温度较低还会导致物料中的多环芳烃类化合物无法实现为完全降解,还需对反应产物进行进一步的处理,增加了系统流程及设备造价。

### 发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的缺点,合理利用煤炭,保证体系能量利用效率与品质制氢效率,降低制氢能耗,本实用新型的目的在于提供一种用于超临界水气化制氢工艺尤其是碳基能源超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,通过协调匹配超临界水热燃烧放热、超临界水气化吸热以及多路径梯级回热利用技术方法,在无需提供能源补充的条件下,实现煤炭气化制氢工艺中热能的综合梯级利用。

[0005] 为了实现上述目的,本实用新型采用的技术方案是:

[0006] 一种用于超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,包括超临界水热燃烧反应器、超临界水气化反应器,超临界水气化反应器底部出口经第一预热器热流体侧、调温器热流体侧、调压器接至气相分离器入口,气相分离器底部出口依次经第一回热器热流体侧、增压泵、第二预热器冷流体侧接至超临界水热燃烧反应器顶部入口,超临界水热燃烧反应器顶部入口还与氧化剂供应单元出口相连通,超临界水热燃烧反应器底部中心与超临界水气

化反应器之间经导流件接通；

[0007] 给水泵出口分为两路，第一路经调节阀、第二回热器冷流体侧接至混合器第一入口，第二路经调节阀接至第一回热器冷流体侧入口；第一回热器冷流体侧出口分为两路，一路直接与混合器第二入口接通，另一路经调节阀、调温器冷流体侧接至混合器第三入口；混合器出口接入高效冷却套，高效冷却套出口经温压调控器与汽轮机入口接通，汽轮机出口与给水泵入口相连接。

[0008] 所述超临界水热燃烧反应器上设有底部侧面出口，该出口经第二预热器热流体侧、第二回热器热流体侧、降压器，接入三相分离器；三相分离器下部液相出口与物料制备单元接通。

[0009] 进一步，第一预热器冷流体侧入口与物料制备单元接通，冷流体侧出口与超临界水气化反应器上部侧面入口接通。

[0010] 进一步，所述气相分离器顶部出口接至气体分离单元，气体分离单元用于氢气与其他气体的分离。

[0011] 进一步，所述高效冷却套位于超临界水热燃烧反应器外围，确保后者壁面不超温。

[0012] 进一步，所述超临界水气化制氢工艺的处理对象为碳基能源，例如煤炭等。

[0013] 与现有技术相比，本实用新型的有益效果是：

[0014] 1. 通过耦合气化后残余固液渣浆的超临界水热燃烧技术，实现了碳基能源如煤炭化学能的充分释放，提高了气化反应的运行温度，并且产生的大量热量一部分以过高温燃烬渣浆形式借助第二预热器传递给待燃烧的气化后残余固液渣浆，实现后者预热升温；另一部分热量直接掺混传递给了待气化煤浆，实现了高品质热能的高效利用，保证高温的超临界水气化反应。

[0015] 2. 冷却水分两路分别对换热后的燃烬渣浆内的热量以及换热后的气化产物内的热量做进一步回收等系列回热过程，获得高温蒸汽以推动汽轮机发电，实现了系统中低品质热能的高效回收及高质利用。

[0016] 3. 高温燃烬渣浆经高品质热能和低品质热能两级热能回收利用后，分离出灰渣和二氧化碳后剩余的以水为主的液相产物，仍含有一小部分热量，将其回流到新煤浆中进行补水的操作，充分回收所含热能，实现了低品质热能的充分回收利用。

## 附图说明

[0017] 图1是本实用新型系统结构示意图。

[0018] 其中，1. 物料制备单元；2. 第一预热器；3. 超临界水气化反应器；4. 调温器；5. 调压器；6. 气相分离器；7. 第一回热器；8. 增压泵；9. 第二预热器；10. 超临界水热燃烧反应器；11. 第二回热器；12. 压能回收单元；13. 三相分离器；14. 氧化剂供应单元；15. 给水泵；16. 混合器；17. 高效冷却套；18. 温压调控器；19. 汽轮机；V1. 调节阀一；V2. 调节阀二；V3. 调节阀三。

## 具体实施方式

[0019] 下面结合附图和实施例详细说明本实用新型的实施方式。

[0020] 本实用新型基于如下原理和思路：

[0021] 超临界水热燃烧在高于临界点的水中产生的火焰称为水热火焰,是更为剧烈的氧化反应。超临界水热火焰局部高温可达1000°C以上,极其有利于加快有机物的氧化降解,同时其大宗量高品位热能具有较高的利用潜力。超临界水气化煤炭制氢,从气化产物中分离出富氢气体后的含残炭浆料用作超临界水热燃烧原料,可实现残余有机质的彻底能源化利用与无害化处理,残炭超临界水热燃烧产生高温水热火焰直接与待气化煤浆进行分子间掺混,进行后者预热升温,从而实现高温超临界水气化反应。这是一条崭新的高效、清洁煤炭制氢路线。然后,该系统是一个涉及多步骤的高温高压反应过程,各阶段步骤系统热能的有效梯级利用,对保证该系统的低能耗、高能质利用意义重大。

[0022] 参见图1,适用于碳基能源超临界水气化制氢工艺的能量梯级利用系统,氧化剂供给单元14提供的氧气与经过处理的气化后固相产物从超临界水热燃烧反应器10顶部进入,混合后在超临界水热燃烧反应器10中进行水热燃烧,大量释放热量并产生固相燃烬渣浆沉积在超临界水热燃烧反应器10底部,高温液相产物经导流件进入超临界水气化反应器3中,与经第一预热器2预热后的新煤浆发生超临界水气化反应,生成大量氢气,气化后产物从超临界水气化反应器3底部出口进入第一预热器2热流体侧,对新煤浆进行预热,然后进入调温器4热流体侧将热量进一步回收,达到调温目的。气化后产物调温后,在调压器5中完成调压操作,为在气相分离器6中实现将氢气和其他气体分离出来做准备。气相分离器6流出的产物依次经第一回热器7热流体侧、增压泵8、第二预热器9冷流体侧接至超临界水热燃烧反应器10顶部入口,与氧化剂供应单元14的氧气汇合进入超临界水热燃烧反应器10中进行反应,完成大循环。

[0023] 高效冷却套17的高温出水经稳压调控器18调控后,进入汽轮机19发电,发电后的所产生冷凝水经给水泵15出口分为两路:第一路经调节阀二V2进入第二回热器11冷流体侧,对高温燃烬渣浆的高品质热能进行回收,随后进入混合器16第一入口;第二路经调节阀一V1接至第一回热器7冷流体侧入口,对分离出气相产物后的气化产物做进一步中低品质热能回收。其中,第一回热器7冷流体侧出口的水又分为两路,一路直接与混合器16第二入口接通;另一路经调节阀三V3、调温器4冷流体侧接至混合器16第三入口。所有汇聚在混合器16中的水,进一步进入高效冷却套17对超临界水热燃烧反应器10进行冷却,此时又完成了一个大循环。

[0024] 燃烬渣浆从超临界水热燃烧反应器10上设有底部侧面出口流出,经第二预热器9热流体侧对气化后固相产物预热后,进入第二回热器11热流体侧,继续实现预热功能,然后进入压能回收单元12,接入三相分离器13,实现固液气三项分离,除二氧化碳和灰渣外,液相产物回流到物料制备单元1,对新煤浆进行补水。

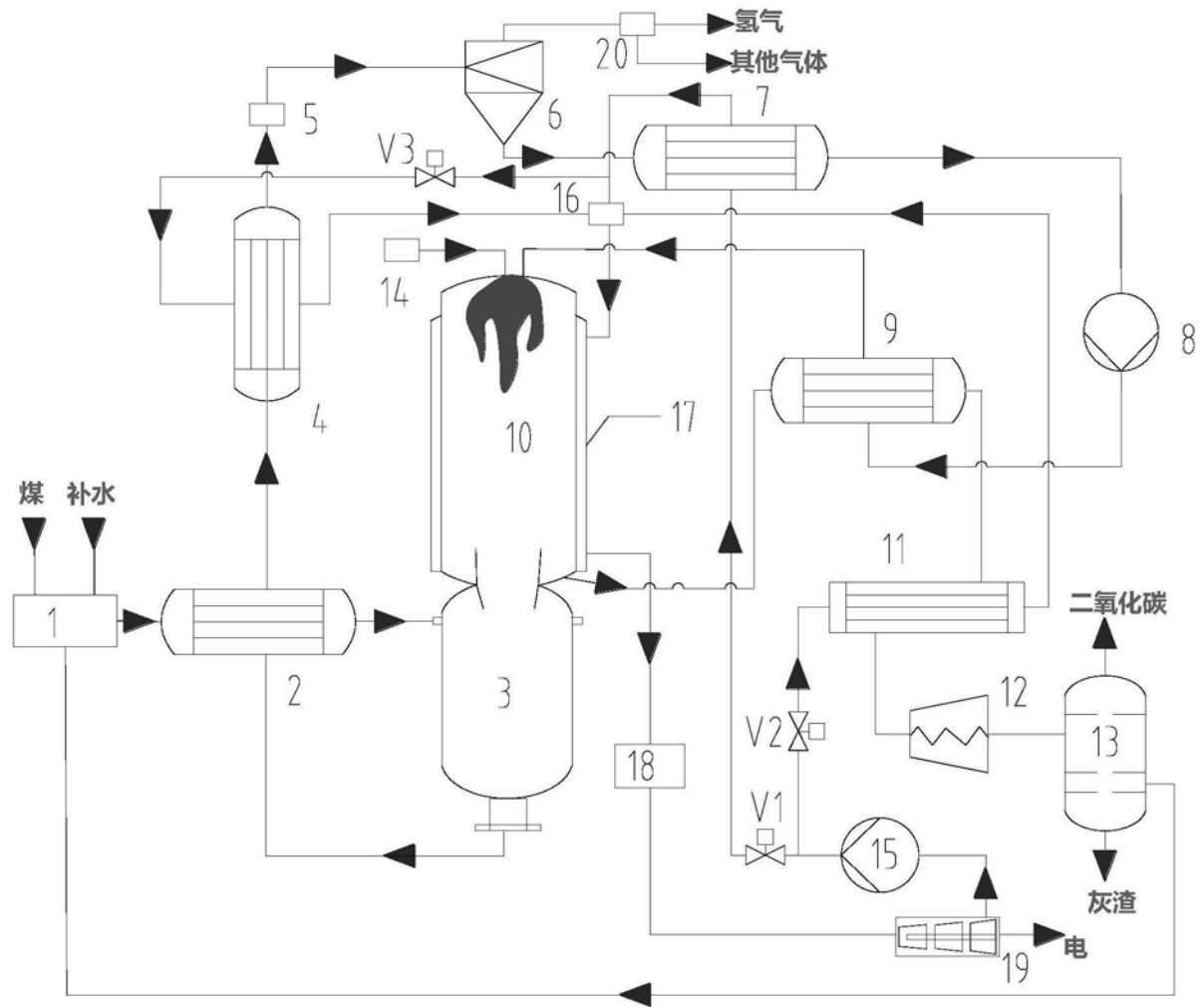


图1