



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111234877 A

(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 202010167661.9

C01B 32/50(2017.01)

(22)申请日 2020.03.11

F23K 1/02(2006.01)

F22B 1/16(2006.01)

(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 王树众 李建娜 李艳辉 郭洋
徐甜甜 蒋卓航 崔成超

(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)

B01J 19/00(2006.01)

C01B 3/50(2006.01)

C01B 3/52(2006.01)

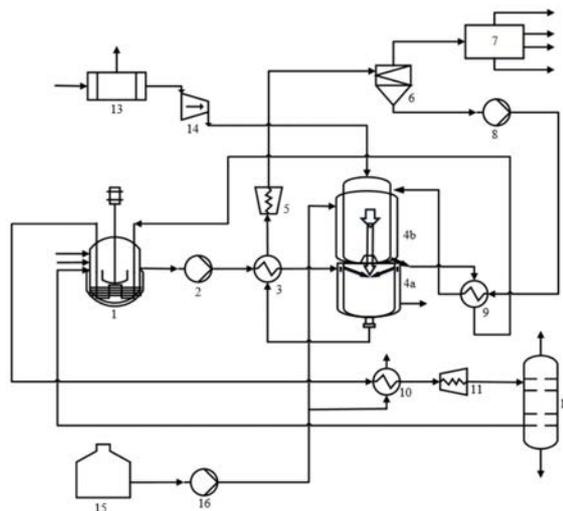
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与方法

(57)摘要

本发明公开了一种煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与方法,系统包括煤粉预处理单元、氧气供应单元、超临界水气化单元、超临界水热燃烧单元以及冷却水单元。该系统紧密的耦合了超临界水气化反应以及超临界水热燃烧反应,利用超临界水热燃烧反应对有机物降解的快速、高效以及彻底性对煤炭超临界水气化制氢过程中所产生的残浆料直接升压回送进行无害化处理,系统的产物分离技术综合实现了气化反应过程中气液固三相产物的能源化利用,同时,超临界水热燃烧反应过程中所产生的大量热量为超临界水气化反应提供了内部热源,实现了煤炭的高温内热型超临界水气化,减少了外部热源的使用,提高了系统经济性。



CN 111234877 A

1. 一种煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,包括:

煤粉预处理单元,包括煤浆调配罐(1),煤浆调配罐(1)出口与高压煤浆泵(2)入口相连,高压煤浆泵(2)出口与预热器(3)内管进口相连;

氧气供应单元,包括依次连接的空分装置(13)与氧气压缩机(14)

超临界水气化单元,包括超临界水气化反应器(4a),超临界水气化反应器(4a)进口与预热器(3)内管出口相连,出口与预热器(3)外管进口相连,预热器(3)外管出口与调压装置(5)进口相连,调压装置(5)出口与气液分离器(6)进口相连,气液分离器(6)气相出口与气相分离模块(7)进口相连;

超临界水热燃烧单元,包括增压泵(8),气液分离器(6)液相出口与增压泵(8)进口相连,增压泵(8)出口与残浆预热器(9)内管进口相连,残浆预热器(9)内管出口与超临界水热燃烧反应器(4b)物料入口相连,氧气压缩机(14)出口与超临界水热燃烧反应器(4b)氧化剂入口相连,超临界水热燃烧反应器(4b)液相出口与超临界水气化反应器(4a)相连,超临界水热燃烧反应器(4b)残浆出口与残浆预热器(9)外管进口相连,残浆预热器(9)外管出口与煤浆调配罐(1)中换热管进口相连,煤浆调配罐(1)中换热管出口与余热回收器(10)内管进口相连,余热回收器(10)内管出口与降压装置(11)进口相连,降压装置(11)出口与气液固三相分离器(12)进口相连,气液固三相分离器(12)液相出口与煤浆调配罐(1)回用水进口相连;

冷却水单元,包括依次连接的冷却水罐(15)与冷却水泵(16),冷却水泵(16)出口分为两路,一路与超临界水热燃烧反应器(4b)冷却水进口相连,冷却水出口位于超临界水气化反应器(4a)底部;另一路与余热回收器(10)外管进口相连,余热回收器(10)外管出口产生蒸汽。

2. 根据权利要求1所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,所述煤浆调配罐(1)中设有搅拌器,搅拌器采用框式搅拌器、锚式搅拌器、叶浆搅拌器、涡轮搅拌器或螺带式搅拌器。

3. 根据权利要求1或2所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,所述煤浆调配罐(1)中设有换热器,换热器采用盘管换热器。

4. 根据权利要求1所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,所述预热器(3)、残浆预热器(9)和余热回收器(10)采用套管式换热器、管壳式换热器或螺旋盘管式换热器。

5. 根据权利要求1所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,所述超临界水气化反应器(4a)和超临界水热燃烧反应器(4a)为管式或釜式反应器,反应器外壁面通过冷却水进行壁温控制。

6. 根据权利要求1所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,所述调压装置(5)和降压装置(11)为毛细管降压器、调压阀、背压阀或多级阀门连锁降压。

7. 根据权利要求1所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,其特征在于,所述气液分离器(6)和气液固三相分离器(12)采用带压或常压条件下的高效分离器。

8. 一种基于权利要求1所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统的处理方法,其特征在于,包括如下步骤:

1),将煤粉和水加入到煤浆调配罐(1)中均匀混合并初级预热至80~90℃;

2),通过高压煤浆泵(2)将煤浆加压到超临界压力即24~27MPa并输送到预热器(3)内管进行第二级预热;

3),升压并预热后的煤浆在超临界水气化反应器(4a)中发生超临界水气化反应,超临界水气化反应过程中所需的剩余热量来源于超临界水热燃烧反应器(4b)中水热燃烧反应产生的热量;

4),超临界水气化反应后的流体首先进入预热器(3)外管对高压煤浆进行预热,反应后流体同时也被冷却,冷却后的高压流体进入到调压装置(5)进行降压,降压完成后进入带压的气液分离器(6)进行气液两相的分离,分离后的气相产物进入气相分离模块(7),分离后的液相产物进入增压泵(8)加压到超临界压力,即24~27MPa;

5),加压后的物料进入残浆预热器(9)内管被外管热流体预热到400~500℃,再与来自空气分离装置(13)并经过氧压缩机(14)升压至24~27MPa后的氧气一同进入到超临界水热燃烧反应器(4b)中发生水热燃烧反应,进行浆料的无害化处理;

6),反应后的高温高压液相产物温度为750~1000℃,进入到超临界水气化反应器(4a)中为煤粉的超临界水气化制氢反应提供足够的热量,同时,经过水热燃烧燃烬后的浓浆液在超临界水热燃烧反应器(4b)中与液相产物得到一定程度的分离,并进入残浆预热器(9)外管中为浆料的预热提供一定的热量,同时高温的反应后浓浆液得到冷却,剩余热量首先进入到煤浆调配罐(1)中对新鲜的煤粉进行预热,再进入余热回收器(10)中,将来自冷却水罐(15)、冷却水泵(16)中的自来水进行加热并产生蒸汽用于工厂的发电,被冷却后的高压浓浆液进入降压装置(11)进行降压,降温降压完成后的浓浆液进入三相分离器(12)中进行气液固三相的高效分离,分离后的液相产物中有机物的去除率可达99.9%以上,并作为回用水直接进入煤浆调配罐(1)中进行煤粉的调配,分离后的气相产物CO₂被回收并用于工厂,分离后的固相产物主要是反应后残渣,其中重金属离子被矿化沉积在稳定的残渣中。

9.根据权利要求8所述处理方法,其特征在于,所述高压煤浆在预热器(3)内管经由外管中的热流体预热到300~400℃,预热器(3)外管中热流体来源于超临界水气化反应器(4a)中的高温高压反应后流体,温度为650~800℃,所述残浆预热器(9)外管中的热流体来源于超临界水热燃烧反应器(4b)中的反应后产物。

煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与amp;方法

技术领域

[0001] 本发明属于能源及环保技术领域,特别涉及一种煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与amp;方法。

背景技术

[0002] 化石能源的大量开采和使用对生态系统的可持续发展带来了严重的危害,必须急切的寻求一种新型、安全可靠、清洁的可持续发展能源系统。氢能作为一种清洁、高热值、可储存、可再生的优质能源,在化工、航空航天、汽车等领域应用广泛,如何采用合适的方法高效环保的制备氢能引起了学者的广泛关注。我国是以煤炭为主要能源的国家之一,以煤炭为原料制备氢气不仅能解决煤炭利用所带来的环境污染和生态破坏问题,还能实现煤炭的能源化利用。

[0003] 目前常用的煤制氢方法主要有煤气化制氢,即利用煤炭在空气中的部分氧化-气化反应制备合成气。但是常规煤气化技术制氢技术存在效率较低、且不可避免的生成大量SO_x、NO_x、重金属污染物等二次污染,以及经济效益较差等问题,严重制约着该技术的快速健康发展。超临界水气化(supercritical water gasification,简称SCWG)技术是20世纪70年代麻省理工学院的Modell教授提出的新型气化制氢技术,指利用超临界水(温度>374.1℃,压力>22.1MPa)的特殊性质(低介电常数、高溶解性),将超临界水作为反应的媒介,煤炭在超临界水中快速高效地发生均相气化反应,煤炭中的碳、氢元素直接气化转化为CO₂和H₂,同时部分超临界水也将水解为H₂,煤炭中的所含的N、S、重金属等元素在反应器底部矿化沉积在固相残渣中。与传统煤气化制氢技术相比,超临界水气化制氢技术具有反应迅速、气化效率高、产氢率高、煤种适应性强、无二次污染、经济性高等技术优势。

[0004] 但利用煤炭超临界水气化技术制备氢气时,还存在一些问题:

[0005] (1) 煤炭经过超临界水气化制氢反应后,所产生的高温残浆液中还含有一定量的有机物质,如果反应后残浆液处理不适当或直接排放将导致严重的环境污染问题。

[0006] (2) 煤炭超临界水气化是一个高温高压还原反应,利用气化反应后的高温流体难以将新鲜的常温煤炭直接预热到反应温度,而直接利用外部加热源或辅助外部热源的方式将煤炭加热或补热到气化反应所需的温度,不仅会增加系统的设备投资费用,也会提高系统的运行费用。

发明内容

[0007] 为了克服上述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与amp;方法,紧密结合超临界水气化反应以及超临界水热燃烧反应,可高效地实现超临界水气化反应过程所产生的残浆液中有机污染物的彻底无害化处理,有效地降低高温高压超临界水气化反应所需的能耗,同时,实现了煤炭超临界水气化反应以及浆液超临界水热燃烧反应所产生的气液固三相产物的资源化利用。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0009] 一种煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统,包括:

[0010] 煤粉预处理单元,包括煤浆调配罐1,煤浆调配罐1出口与高压煤浆泵2入口相连,高压煤浆泵2出口与预热器3内管进口相连;

[0011] 氧气供应单元,包括依次连接的空分装置13与氧气压缩机14

[0012] 超临界水气化单元,包括超临界水气化反应器4a,超临界水气化反应器4a进口与预热器3内管出口相连,出口与预热器3外管进口相连,预热器3外管出口与调压装置5进口相连,调压装置5出口与气液分离器6进口相连,气液分离器6气相出口与气相分离模块7进口相连;

[0013] 超临界水热燃烧单元,包括增压泵8,气液分离器6液相出口与增压泵8进口相连,增压泵8出口与残浆预热器9内管进口相连,残浆预热器9内管出口与超临界水热燃烧反应器4b物料入口相连,氧气压缩机14出口与超临界水热燃烧反应器4b氧化剂入口相连,超临界水热燃烧反应器4b液相出口与超临界水气化反应器4a相连,超临界水热燃烧反应器4b残浆出口与残浆预热器9外管进口相连,残浆预热器9外管出口与煤浆调配罐1中换热管进口相连,煤浆调配罐1中换热管出口与余热回收器10内管进口相连,余热回收器10内管出口与降压装置11进口相连,降压装置11出口与气液固三相分离器12进口相连,气液固三相分离器12液相出口与煤浆调配罐1回用水进口相连;

[0014] 冷却水单元,包括依次连接的冷却水罐15与冷却水泵16,冷却水泵16出口分为两路,一路与超临界水热燃烧反应器4b冷却水进口相连,冷却水出口位于超临界水气化反应器4a底部;另一路与余热回收器10外管进口相连,余热回收器10外管出口产生蒸汽。

[0015] 所述煤浆调配罐1中设有搅拌器,搅拌器采用框式搅拌器、锚式搅拌器、叶浆搅拌器、涡轮搅拌器或螺带式搅拌器。

[0016] 所述煤浆调配罐1中设有换热器,换热器采用盘管换热器。

[0017] 所述预热器3、残浆预热器9和余热回收器10采用套管式换热器、管壳式换热器或螺旋盘管式换热器。

[0018] 所述超临界水气化反应器4a和超临界水热燃烧反应器4a为管式或釜式反应器,反应器外壁面通过冷却水进行壁温控制。

[0019] 所述调压装置5和降压装置11为毛细管降压器、调压阀、背压阀或多级阀门连锁降压。

[0020] 所述气液分离器6和气液固三相分离器12采用带压或常压条件下的高效分离器。

[0021] 本发明还提供了一种基于所述煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统的处理方法,包括如下步骤:

[0022] 1,将煤粉和水加入到煤浆调配罐1中均匀混合并初级预热至80~90℃;

[0023] 2,通过高压煤浆泵2将煤浆加压到超临界压力即24~27MPa并输送到预热器3内管进行第二级预热;

[0024] 3,升压并预热后的煤浆在超临界水气化反应器4a中发生超临界水气化反应,超临界水气化反应过程中所需的剩余热量来源于超临界水热燃烧反应器4b中水热燃烧反应产生的热量;

[0025] 4,超临界水气化反应后的流体首先进入预热器3外管对高压煤浆进行预热,反应后流体同时也被冷却,冷却后的高压流体进入到调压装置5进行降压,降压完成后进入带压

的气液分离器6进行气液两相的分离,分离后的气相产物进入气相分离模块7,分离后的液相产物进入增压泵8加压到超临界压力,即24~27MPa;

[0026] 5,加压后的物料进入残浆预热器9内管被外管热流体预热到400~500℃,再与来自空气分离装置13并经过氧压缩机14升压至24~27MPa后的氧气一同进入到超临界水热燃烧反应器4b中发生水热燃烧反应,进行浆料的无害化处理;

[0027] 6,反应后的高温高压液相产物温度为750~1000℃,进入到超临界水气化反应器4a中为煤粉的超临界水气化制氢反应提供足够的热量,同时,经过水热燃烧燃烬后的浓浆液在超临界水热燃烧反应器4b中与液相产物得到一定程度的分离,并进入残浆预热器9外管中为浆料的预热提供一定的热量,同时高温的反应后浓浆液得到冷却,剩余热量首先进入到煤浆调配罐1中对新鲜的煤粉进行预热,再进入余热回收器10中,将来自冷却水罐15、冷却水泵16中的自来水进行加热并产生蒸汽用于工厂的发电,被冷却后的高压浓浆液进入降压装置11进行降压,降温降压完成后的浓浆液进入三相分离器12中进行气液固三相的高效分离,分离后的液相产物中有机物的去除率可达99.9%以上,并作为回用水直接进入煤浆调配罐1中进行煤粉的调配,分离后的气相产物CO₂被回收并用于工厂,分离后的固相产物主要是反应后残渣,其中重金属离子被矿化沉积在稳定的残渣中。

[0028] 所述高压煤浆在预热器3内管经由外管中的热流体预热到300~400℃,预热器3外管中热流体来源于超临界水气化反应器4a中的高温高压反应后流体,温度为650~800℃,所述残浆预热器9外管中的热流体来源于超临界水热燃烧反应器4b中的反应后产物。

[0029] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0030] 本发明公开的煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与方法,紧密的结合了超临界水气化反应以及超临界水热燃烧反应,煤炭经过超临界水气化制氢反应后的残浆液进行产物分离后,将剩余的含有机物质的浆料直接升压回送到超临界水热燃烧反应器中进行水热燃烧反应,超临界水热燃烧反应能够在几秒钟的反应时间内将有机物质高效地降解为CO₂、N₂、H₂O等小分子物质,并且使重金属矿化沉积在稳定的固相残渣中,彻底实现了整个煤炭超临界水气化制氢系统的无害化处理。

[0031] 进一步地,残浆液发生超临界水热燃烧反应时会释放出大量的热量,本发明所采用的耦合超临界水气化反应以及超临界水热燃烧反应的反应器,可以实现煤炭超高温的内热型气化反应,即气化反应过程中所需的高温由水热燃烧反应所产生的热量来提供,避免了额外热源的使用,同时所剩余的热量还可按照能量梯级的形式实现余热回收,提高了系统的经济性。

[0032] 进一步地,本发明通过采用逐级的产物分离技术,首先利用气体组分之间各组分的溶解度差异高效地分离了煤炭超临界水气化后气相产物H₂、CH₄、CO、CO₂,然后再通过超临界水热燃烧反应将剩余残浆液里的有机物质进一步转化为无害化的CO₂、可直接回用于系统的H₂O以及可用于制砖制陶粒的稳定化固相残渣,一次性实现了煤炭超临界水气化制氢所产生的气液固三相产物的综合能源化利用。

附图说明

[0033] 图1是本发明的系统结构示意图。

[0034] 图中:1-煤浆调配罐;2-高压煤浆泵;3-预热器;4a-超临界水气化反应器;4b-超临

界水热燃烧反应器;5-调压装置;6-气液分离器;7-气相分离模块;8-增压泵;9-残浆预热器;10-余热回收器;11-降压装置;12-气液固三相分离器;13-空分装置;14-氧气压缩机;15-冷却水罐;16-冷却水泵。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图及一个具体实施案例对本发明作进一步的详细说明。

[0036] 参照图1,一种煤炭超临界水气化制氢及固液残余无害化处理系统与amp;方法,其特征在于,包括煤粉预处理单元、氧气供应单元、超临界水气化单元、超临界水热燃烧单元以及冷却水单元。

[0037] 在该系统中,各设备的连接方式如下:

[0038] 煤粉预处理单元,包括煤浆调配罐1,煤浆调配罐1出口与高压煤浆泵2入口相连,高压煤浆泵2出口与预热器3内管进口相连;

[0039] 氧气供应单元,包括依次连接的空分装置13与氧气压缩机14

[0040] 超临界水气化单元,包括超临界水气化反应器4a,超临界水气化反应器4a进口与预热器3内管出口相连,出口与预热器3外管进口相连,预热器3外管出口与调压装置5进口相连,调压装置5出口与气液分离器6进口相连,气液分离器6气相出口与气相分离模块7进口相连;

[0041] 超临界水热燃烧单元,包括增压泵8,气液分离器6液相出口与增压泵8进口相连,增压泵8出口与残浆预热器9内管进口相连,残浆预热器9内管出口与超临界水热燃烧反应器4b物料入口相连,氧气压缩机14出口与超临界水热燃烧反应器4b氧化剂入口相连,超临界水热燃烧反应器4b液相出口与超临界水气化反应器4a相连,超临界水热燃烧反应器4b残浆出口与残浆预热器9外管进口相连,残浆预热器9外管出口与煤浆调配罐1中换热管进口相连,煤浆调配罐1中换热管出口与余热回收器10内管进口相连,余热回收器10内管出口与降压装置11进口相连,降压装置11出口与气液固三相分离器12进口相连,气液固三相分离器12液相出口与煤浆调配罐1回用水进口相连;

[0042] 冷却水单元,包括依次连接的冷却水罐15与冷却水泵16,冷却水泵16出口分为两路,一路与超临界水热燃烧反应器4b冷却水进口相连,冷却水出口位于超临界水气化反应器4a底部;另一路与余热回收器10外管进口相连,余热回收器10外管出口产生蒸汽。

[0043] 所述煤浆调配罐1中设有搅拌器,搅拌器采用框式搅拌器、锚式搅拌器、叶浆搅拌器、涡轮搅拌器或螺带式搅拌器。

[0044] 所述煤浆调配罐1中设有换热器,换热器采用盘管换热器。

[0045] 所述预热器3、残浆预热器9和余热回收器10采用套管式换热器、管壳式换热器或螺旋盘管式换热器。

[0046] 所述超临界水气化反应器4a和超临界水热燃烧反应器4a为管式或釜式反应器,反应器外壁面通过冷却水进行壁温控制。

[0047] 所述调压装置5和降压装置11为毛细管降压器、调压阀、背压阀或多级阀门连锁降压。

[0048] 所述气液分离器6和气液固三相分离器12采用带压或常压条件下的高效分离器。

[0049] 实施案例1:

[0050] 本实例以煤粉超临界水气化制氢为例,对煤粉的无害化处理及资源化利用系统作详细说明:

[0051] 首先对煤粉的无害化处理及资源化利用系统进行逐步充水、升压及升温,完成系统的启动并使其稳定运行一定时间。

[0052] 然后进行煤粉物料的切换,将所需的煤粉以及少量的水加入到煤浆调配罐1中,在煤浆调配罐1中利用搅拌器进行煤浆的均匀混合,同时煤浆通过煤浆调配罐1中盘管内的高温超临界水热燃烧产物进行初级预热(80~90℃)。然后通过高压煤浆泵2将均匀的煤浆加压到超临界压力(24~27MPa)并输送到预热器3内管进行煤浆的第二级预热,高压煤浆在预热器3内管经由外管中的热流体预热到一定温度(300~400℃),预热器3外管中热流体来源于超临界水气化反应器4a中的高温高压反应后流体(650~800℃)。升压并初步预热后的煤浆在超临界水气化反应器4a中发生超临界水气化反应,超临界水气化反应过程中所需的剩余热量来源于超临界水热燃烧反应器4b中水热燃烧反应产生的大量热量。超临界水气化反应后的流体首先进入预热器3外管对高压煤浆进行预热,反应后流体同时也被一定程度地冷却,冷却后的高压流体进入到调压装置5进行一定程度的降压,降压完成后进入带压的气液分离器6进行气液两相的分离,分离后的气相产物主要包括H₂(60~75%)、CH₄、CO₂、CO等,气相产物进入后续气相分离模块7,利用各气相组分之间的溶解度差异进行各气体成分之间的高效分离及后续回收利用。分离后的液相产物主要是含有残碳、灰分等的浆液,继而进入后续超临界水热燃烧模块进行彻底无害化处理。

[0053] 含有残碳、灰分等的浆液直接进入增压泵8进行加压到超临界压力(24~27MPa),加压后的物料进入残浆预热器9内管被外管热流体预热到(400~500℃),回热器外管中的热流体来源于超临界水热燃烧反应器4b中的反应后产物。升压预热后的浆料与来自空气分离装置13并经过氧压缩机14升压后(24~27MPa)的氧气一同进入到超临界水热燃烧反应器4b中发生水热燃烧反应,进行浆料的无害化处理。反应后的高温高压液相产物(750~1000℃)进入到超临界水气化反应器4a中为煤粉的超临界水气化制氢反应提供足够的热量。同时,经过水热燃烧燃烬后的浓浆液在超临界水热燃烧反应器4b中与液相产物得到一定程度的分离,并进入残浆预热器9外管中为浆料的预热提供一定的热量,同时高温的反应后浓浆液得到一定程度的冷却,然后剩余热量首先进入到煤浆调配罐1中盘管的内部对新鲜的煤粉进行预热,再进入余热回收器10中,将来自冷却水罐15、冷却水泵16中的自来水进行加热并产生蒸汽用于工厂的发电,被冷却后的高压浓浆液进入降压装置11进行适当的降压,降温降压完成后的浓浆液进入后续三相分离器12中进行气液固三相的高效分离,分离后的液相产物中有机物的去除率可达99.9以上,并作为回用水直接进入煤浆调配罐1中进行煤粉的调配,分离后的气相产物CO₂被回收并用于工厂,分离后的固相产物主要是反应后残渣,其中重金属离子被矿化沉积在稳定的残渣中,实现了煤粉超临界水气化产生的浓相浆料的彻底无害化处理及气液固三相产物的资源化利用。

[0054] 综上,本发明系统紧密的耦合了超临界水气化反应以及超临界水热燃烧反应,利用超临界水热燃烧反应对有机物降解的快速、高效以及彻底性对煤炭超临界水气化制氢过程中所产生的残浆料直接升压回送进行无害化处理,系统的产物分离技术综合实现了气化反应过程中气液固三相产物的资源化利用,同时,超临界水热燃烧反应过程中所产生的大量热量为超临界水气化反应提供了内部热源,实现了煤炭的高温内热型超临界水气化,减

少了外部热源的使用,提高了系统经济性。

[0055] 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修改、等同替换、改进等,均在本发明权利要求书的保护范围之内。

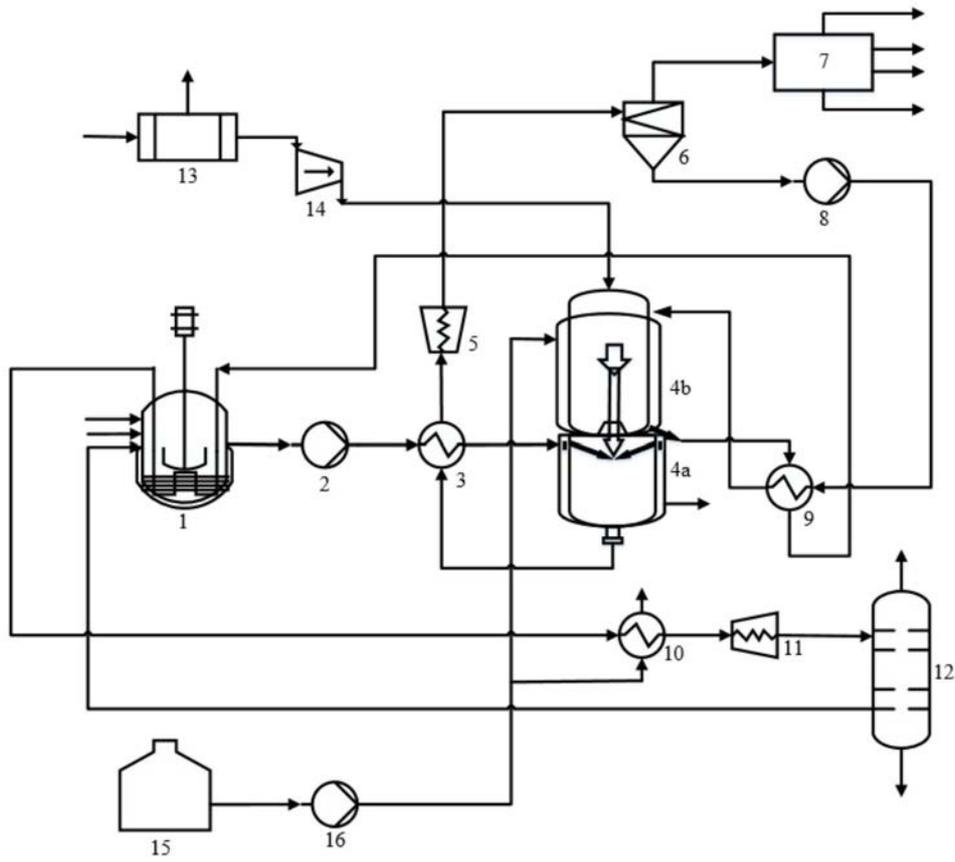


图1