



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113772626 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 10

(21) 申请号 202110982748.6

(22) 申请日 2021.08.25

(71) 申请人 上海驰春节能科技有限公司

地址 201315 上海市浦东新区宣桥镇宣春
路223号B栋1层

(72) 发明人 李志远 郁国忠

(74) 专利代理机构 济南佰智蔚然知识产权代理
事务所(普通合伙) 37285

代理人 赵允洲

(51) Int. Cl.

C01B 3/34 (2006.01)

C01B 3/40 (2006.01)

C04B 5/00 (2006.01)

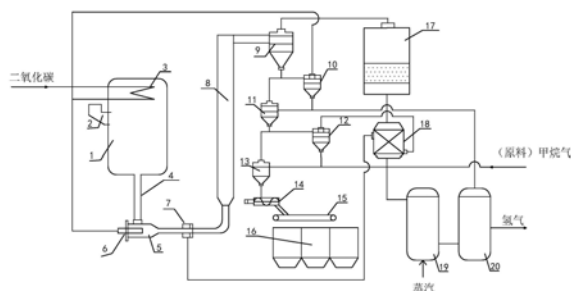
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳
与甲烷重整制备绿氢的装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置及方法,包括冶金渣保温炉、气力粒化装置、提升管反应器、旋风分离器、旋风预热器、催化反应器、换热器、变换反应器、脱碳装置和冶金渣储仓,冶金渣保温炉的炉底水口与气力粒化装置连通,气力粒化装置连接提升管反应器,提升管反应器与旋风分离器连通,旋风分离器与催化反应器的顶部入口连通,催化反应器的底部出口与换热器相连通,换热器与变换反应器、脱碳装置连通,旋风预热器的底部物料出口连接至冶金渣储仓。本发明利用液态冶金渣蕴含的高品质热量进行二氧化碳与甲烷重整,利用冶金渣的热量,节省了甲烷等燃料、整个制氢过程碳排放几乎为零,环保、经济效益显著。



1. 用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置, 其特征在于: 包括冶金渣保温炉 (1)、气力粒化装置 (5)、提升管反应器 (8)、旋风分离器 (9)、旋风预热器、催化反应器 (17)、换热器 (18)、变换反应器 (19)、脱碳装置 (20) 和冶金渣储仓 (16), 其中,

所述冶金渣保温炉 (1) 的炉底水口 (4) 与气力粒化装置 (5) 连通, 所述气力粒化装置 (5) 连接提升管反应器 (8), 所述提升管反应器 (8) 的顶部出口与旋风分离器 (9) 连通, 所述旋风分离器 (9) 的顶部出气口与催化反应器 (17) 的顶部入口连通, 所述催化反应器 (17) 的底部出口与换热器 (18) 相连通, 所述换热器 (18) 的底部出口连通变换反应器 (19), 所述变换反应器 (19) 连接脱碳装置 (20), 所述脱碳装置 (20) 脱除的二氧化碳通过管道连通二级旋风预热器 (11) 的进风口;

所述旋风分离器 (9) 底部的物料出口与旋风预热器的进风管道连通, 所述旋风预热器的底部物料出口连接至冶金渣储仓 (16)。

2. 根据权利要求1所述的用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置, 其特征在于: 所述旋风预热器包括一级旋风预热器 (10)、二级旋风预热器 (11)、三级旋风预热器 (12) 和四级旋风预热器 (13);

所述旋风分离器 (9) 底部物料出口与一级旋风预热器 (10) 进气管道连通, 所述一级旋风预热器 (10) 底部物料出口与二级旋风预热器 (11) 的进气管道连通, 所述二级旋风预热器 (11) 底部物料出口与三级旋风预热器 (12) 的进气管道连通, 所述三级旋风预热器 (12) 底部物料出口与四级旋风预热器 (13) 的进气管道连通, 所述四级旋风预热器 (13) 底部物料出口连接至冶金渣储仓 (16);

所述二级旋风预热器 (11) 进气口与脱碳装置 (20) 的二氧化碳出口连通, 所述二级旋风预热器 (11) 顶部出气口连通一级旋风预热器 (10) 进气口, 所述一级旋风预热器 (10) 顶部出气口通过二氧化碳换热的顶棚管 (3) 与气力粒化装置 (5) 的二氧化碳喷嘴 (6) 连通;

所述四级旋风预热器 (13) 进气口连接甲烷供气管道, 所述四级旋风预热器 (13) 顶部出气口连通三级旋风预热器 (12) 进气口, 所述三级旋风预热器 (12) 顶部出口连通换热器 (18) 的进气管, 所述换热器 (18) 的出气口连接气力粒化装置 (5) 的甲烷环形喷嘴 (7)。

3. 根据权利要求2所述的用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置, 其特征在于: 所述四级旋风预热器 (13) 底部物料出口通过锁风阀连接螺旋输送装置 (14), 所述螺旋输送装置 (14) 连接皮带输送装置 (15), 所述皮带输送装置 (15) 下方设置有冶金渣储仓 (16)。

4. 根据权利要求1所述的用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置, 其特征在于: 所述提升管反应器 (8) 呈L型, 所述提升管反应器 (8) 的轴向方向从低到高依次包括进料混合段、反应段和气固分离段, 所述进料混合段位于提升管反应器 (8) 的最低端且靠近甲烷环形喷嘴 (7) 的位置。

5. 一种用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的方法, 其特征在于, 所述方法采用如权利要求1~4任一项所述的用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置实现, 包括如下步骤:

s1)、首先对所述冶金渣保温炉 (1)、炉底水口 (4) 及气力粒化装置 (5) 预热, 再将液态冶金渣通过渣沟或渣罐引入烘干预热的冶金渣保温炉 (1) 内, 液态冶金渣通过炉底水口 (4) 流

入气力粒化装置(5)；

s2)、初始启动,将二氧化碳接入冶金渣保温炉(1)炉顶换热顶棚管预热；

s3)、二氧化碳气体沿轴线进入预混合室,液态冶金渣从侧面进入预混合室与二氧化碳气体预混合,预混合后的液态冶金渣经气力粒化装置(5)的收缩段、混合管及扩散段被进一步加速雾化成细小液滴喷出；

s4)、雾化后的气液两相经气力粒化装置(5)的扩散段进入提升管反应器(8),进料混合段内甲烷与二氧化碳、液态冶金渣气液两相流相遇混合,同时伴随吸热反应的进行,进料混合段发生甲烷裂解及渣滴凝固、相间传热及流动混合；

s5)、甲烷由环形喷嘴喷射进入提升管反应器(8)反应段,与气力粒化装置(5)轴向喷入的二氧化碳气体以及高温冶金渣颗粒接触、换热,甲烷迅速与高温气液两相流混合接触,附着在液态冶金渣滴表面发生裂解、重整反应反应,液态冶金渣液滴凝固成细小颗粒,气体转化成包括 H_2 、CO、 CO_2 、 CH_4 、C的转化气；

s6)、转化气混合冶金渣进入气固分离段的旋风分离器(9),分离的转化气进入催化反应器(17),转化气在催化剂的作用下进行深度重整反应,提高 CH_4 、 CO_2 的转化率, H_2 、CO的吸收率,催化重整后的气体进入换热器(18)与甲烷气体换热,换热后进入变换反应器(19)变换,CO与 H_2O 变换成 H_2 和 CO_2 ,脱碳装置(20)脱除 CO_2 , CO_2 经预热进行循环利用; H_2 等其他少量气体的混合气进入下段工序；

s7)、二氧化碳喷嘴(6)喷入的量与甲烷环形喷嘴(7)喷入的甲烷量之比为1.3:1；

s8)、气固分离段的旋风分离器(9)进行气固分离,分离的固体冶金渣粒从分离器底部进入旋风预热器,在四级旋风预热器(13)陆续与原料气的二氧化碳和甲烷换热,液态冶金渣被冷却通过螺旋输送装置(14)和皮带输送装置(15)送至冶金渣储仓(16)。

6. 根据权利要求5所述的一种用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的方法,其特征在于,引入所述冶金渣保温炉(1)内的液态冶金渣温度在 $1450^{\circ}C \sim 1600^{\circ}C$,其粘度在 $0.02 \sim 0.1 Pa \cdot s$ 之间,其表面张力在 $0.3 \sim 0.6 N/m$ 之间。

7. 根据权利要求5所述的一种用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的方法,其特征在于,所述提升管反应器(8)内温度在 $1000^{\circ}C \sim 1200^{\circ}C$ 之间。

8. 根据权利要求5所述的一种用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的方法,其特征在于,所述催化反应器(17)内的反应压力为常压,所述催化反应器(17)内的温度在 $850^{\circ}C \sim 950^{\circ}C$ 之间。

用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及化工、钢铁固废技术领域,具体是指用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置及方法。

背景技术

[0002] 氢气具有高热值、高清洁性、可再生性等特性,因而被认为是二十一世纪的清洁绿色能源,开发氢能是解决全球性能源危机和大气污染问题的重要途径。

[0003] 氢气制备主要技术工艺有热化学制氢和水电解制氢,其中热化学制氢技术主要有化石能源制氢及化工原料制氢。化石燃料制氢方式中,有煤制氢、石油制氢、天然气制氢,天然气制氢占比最大达45%,其次是工业副产氢占比41%,煤炭制氢占比13.6%。

[0004] 天然气的主要成分是甲烷,通过甲烷制氢的方法有多种,包括甲烷水蒸气重整制氢、甲烷部分氧化制氢、甲烷自热重整制氢、甲烷绝热催化裂解制氢。甲烷的多种制氢方法都是用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置及方法能源密集型的吸热过程,需要高温热输入。在传统的SMR 法中,甲烷既作为制氢的反应物,又燃烧作为反应的热源,这样需要大量的天然气,因此排放大量的CO₂。

[0005] 世界能源理事会将氢气划分为灰氢、蓝氢和绿氢,分别指化石燃料制氢、工业副产氢和可再生能源电解制氢,只有绿氢才是真正零排放制氢方式。

[0006] 我国的氢源结构亟需由“灰氢”向“蓝氢”、“绿氢”转变,提高“绿氢”比重或将成为氢能产业发展的未来趋势。

[0007] 二氧化碳与甲烷重整反应制备氢气,以其潜在的环保价值和经济价值成为国内外研究的重点和热点。与甲烷水蒸气重整和甲烷部分氧化这两种工艺相比,二氧化碳与甲烷重整反应具有的优势是将温室气体CH₄和CO₂转化成绿色能源氢气,能够减少温室气体的排放。

[0008] 甲烷二氧化碳重整反应式 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$,是一个强吸热反应,转化率随着反应温度的升高而升高,并伴随着逆水煤气转换反应,这个过程需要大量的化石燃料提供能源,且二氧化碳和甲烷都是很稳定的化合物,需要使用催化剂并且在高温下才能使之活化而发生反应,而温度的提高必然导致甲烷深度裂解脱氢,使催化剂积炭失活。当前,二氧化碳重整甲烷反应工业化的研究方向是开发能有效抑制积碳的新型催化剂。

[0009] 铁合金、有色金属冶炼和钢铁生产要产生大量的副产品—液态冶金渣,处在1400℃~1650℃高温下的液态冶金渣,每吨含有的热量为1256~1882MJ,属于高品质的余热资源。

[0010] 目前国内外钢铁行业基本上都是采用水冲渣工艺,水渣处理工艺存在的主要问题,大量的新水消耗、熔渣余热没有回收、系统维护工作量大、冲渣产生的气态硫化物带来空气污染;粉磨时水渣必须烘干,仍要消耗能源。

[0011] 因此,亟需寻找用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的

装置及方法既利用液态高炉渣高品质余热为二氧化碳与甲烷重整反应提供能源,也能不使催化剂积碳失去活性,且能循环利用二氧化碳,不燃烧化石燃料的超低排放的新制氢方式,也是二氧化碳重整甲烷反应工业化的关键因素之一。

发明内容

[0012] 为解决现有技术中的不足,本发明提供用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置及方法,利用液态冶金渣蕴含的高品质热量进行二氧化碳与甲烷重整,利用冶金渣的热量,节省了甲烷等燃料,整个制氢过程碳排放几乎为零,经济效益显著。

[0013] 本发明为实现上述目的,通过以下技术方案实现:用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置,包括冶金渣保温炉、气力粒化装置、提升管反应器、旋风分离器、旋风预热器、催化反应器、换热器、变换反应器、脱碳装置和冶金渣储仓,其中,

[0014] 冶金渣保温炉的炉底水口与气力粒化装置连通,气力粒化装置连接提升管反应器,提升管反应器的顶部出口与旋风分离器连通,旋风分离器的顶部出气口与催化反应器的顶部入口连通,催化反应器的底部出口与换热器相连通,换热器的底部出口连通变换反应器,所述变换反应器连接脱碳装置,所述脱碳装置脱除的二氧化碳通过管道连通二级旋风预热器的进风口;

[0015] 旋风分离器底部的物料出口与旋风预热器的进风管道连通,旋风预热器的底部物料出口连接至冶金渣储仓。

[0016] 作为优选,旋风预热器包括一级旋风预热器、二级旋风预热器、三级旋风预热器和四级旋风预热器;

[0017] 旋风分离器底部物料出口与一级旋风预热器进气管道连通,一级旋风预热器底部物料出口与二级旋风预热器的进气管道连通,二级旋风预热器底部物料出口与三级旋风预热器的进气管道连通,三级旋风预热器底部物料出口与四级旋风预热器的进气管道连通,四级旋风预热器底部物料出口连接至冶金渣储仓;

[0018] 二级旋风预热器进气口与脱碳装置的二氧化碳出口连通,二级旋风预热器顶部出气口连通一级旋风预热器进气口,一级旋风预热器顶部出气口通过二氧化碳换热的顶棚管与气力粒化装置的二氧化碳喷嘴连通;

[0019] 四级旋风预热器进气口连接甲烷供气管道,四级旋风预热器顶部出气口连通3级旋风进气口,三级旋风预热器顶部出口连通换热器的进气管,换热器的出气口连接气力粒化装置的甲烷环形喷嘴。

[0020] 作为优选,四级旋风预热器底部物料出口通过锁风阀连接螺旋输送装置,螺旋输送装置连接皮带输送装置,皮带输送装置下方设置有冶金渣储仓。

[0021] 作为优选,提升管反应器呈L型,提升管反应器的轴向方向从低到高依次包括进料混合段、反应段和气固分离段,进料混合段位于提升管反应器的最低端且靠近甲烷环形喷嘴的位置。

[0022] 一种循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的方法,采用用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置实现,包括如下步骤:

[0023] s1)、首先对冶金渣保温炉、炉底水口及气力粒化装置预热,再将液态冶金渣通过渣沟或渣罐引入烘干预热的冶金渣保温炉内,液态冶金渣通过炉底水口流入气力粒化装置;

[0024] s2)、初始启动,将二氧化碳接入冶金渣保温炉炉顶换热顶棚管预热;

[0025] s3)、二氧化碳气体沿轴线进入预混合室,液态冶金渣从侧面进入预混合室与二氧化碳气体预混合,预混合后的液态冶金渣经气力粒化装置的收缩段、混合管及扩散段被进一步加速雾化成细小液滴喷出;

[0026] s4)、雾化后的气液两相经气力粒化装置的扩散段进入提升管反应器,进料混合段内甲烷与二氧化碳、液态冶金渣气液两相流相遇混合,同时伴随吸热反应的进行,进料混合段发生甲烷裂解及渣滴凝固、相间传热及流动混合;

[0027] s5)、甲烷由环形喷嘴喷射进入提升管反应器反应段,与气力粒化装置轴向喷入的二氧化碳气体以及高温冶金渣颗粒接触、换热,甲烷迅速与高温气液两相流混合接触,附着在液态冶金渣滴表面发生裂解、重整反应反应,液滴凝固成细小颗粒,气体转化成包括 H_2 、CO、 CO_2 、 CH_4 、C的转化气;

[0028] s6)、转化气混合冶金渣进入气固分离段的旋风分离器,分离的转化气进入催化反应器,转化气在催化剂的作用下进行深度重整反应,提高 CH_4 、 CO_2 的转化率, H_2 、CO的吸收率,催化重整后的气体进入换热器与甲烷气体换热,换热后进入变换反应器变换,CO与 H_2O 变换成 H_2 和 CO_2 ,脱碳装置脱除 CO_2 , CO_2 经预热进行循环利用; H_2 等其他少量气体的混合气进入下段工序;

[0029] s7)、二氧化碳喷嘴喷入的量与甲烷环形喷嘴喷入的甲烷量之比为1.3:1;

[0030] s8)、气固分离段的旋风分离器进行气固分离,分离的固体冶金渣粒从分离器底部进入旋风预热器,在四级旋风预热器陆续与原料气的二氧化碳和甲烷换热,液态冶金渣被冷却通过螺旋输送装置和皮带输送装置送至冶金渣储仓。

[0031] 作为优选,引入冶金渣保温炉内的液态冶金渣温度在 $1450^{\circ}C \sim 1600^{\circ}C$,其粘度在 $0.02 \sim 0.1 Pa \cdot s$ 之间,其表面张力在 $0.3 \sim 0.6 N/m$ 之间。

[0032] 作为优选,提升管反应器内温度在 $1000^{\circ}C \sim 1200^{\circ}C$ 之间。

[0033] 作为优选,催化反应器内的反应压力为常压,催化反应器内的温度在 $850^{\circ}C \sim 950^{\circ}C$ 之间。

[0034] 对比现有技术,本发明的有益效果在于:

[0035] 1、利用液态冶金渣蕴含的高品质热量进行二氧化碳与甲烷重整,既利用了冶金渣的热量,也省去了设置燃烧和转换管等对流换热装置,节省了甲烷等燃料;

[0036] 2、冶金渣中的CaO、MgO和Fe、Mn及重金属具有催化、吸附作用,替代催化剂、吸附剂,减少催化反应器中催化剂再生次数,减轻催化剂积碳中毒失活;

[0037] 3、二氧化碳循环利用,不用燃料燃烧供热,使整个过程碳几乎零排放,是化石原料制氢中最清洁、绿色的技术,相当于再生能源用于制氢;

[0038] 4、解决了液态冶金渣干法粒化换热介质难于选择的问题,二氧化碳与甲烷重整反应强吸热,使液态冶金渣速冷形成玻璃相,既高效回收利用了渣的余热,也使冶金渣成为有用的资源;

[0039] 5、设备投资低,操作易于自动化,运行费用低,制氢成本低效益好。

附图说明

[0040] 附图1为本发明用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的结构示意图。

[0041] 附图中所示标号:1、冶金渣保温炉;2、液态冶金渣入口;3、二氧化碳换热的顶棚管;4、炉底水口;5、气力粒化装置;6、二氧化碳喷嘴;7、甲烷环形喷嘴;8、提升管反应器;9、旋风分离器;10、一级旋风预热器;11、二级旋风预热器;12、三级旋风预热器;13、四级旋风预热器;14、螺旋输送装置;15、皮带输送装置;16、冶金渣储仓;17、催化反应器;18、换热器;19、变换反应器;20、脱碳装置。

具体实施方式

[0042] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明,如图1所示,用液态冶金渣供热实现循环利用二氧化碳与甲烷重整制备绿氢的装置,包括冶金渣保温炉1、气力粒化装置5、提升管反应器8、旋风分离器9、旋风预热器、催化反应器17、换热器18、变换反应器19、脱碳装置20和冶金渣储仓16。

[0043] 冶金渣保温炉1的炉壁一侧上部设置有液态冶金渣入口2,冶金渣保温炉1的底部设置二氧化碳换热的顶棚管3,冶金渣保温炉1炉底设置有液态冶金渣流出的炉底水口4,炉底水口4的下端与气力粒化装置5上部一侧连通,气力粒化装置5为水平布置,气力粒化装置5其轴向一端设有二氧化碳喷嘴6,其另一端依次为气力粒化装置的收缩段、混合管及扩散段,在扩散段出口的直管段设置甲烷环形喷嘴7,甲烷环形喷嘴7后设置一段直管段,再90°向上通过文丘里结构连通提升管反应器8,提升管反应器8的顶部出口连通旋风分离器9,旋风分离器9的底部出料口连通一级旋风预热器10的进气管,二级旋风预热器的底部出料口连接三级旋风预热器的进气管,三级旋风预热器的底部出料口连接四级旋风预热器的进气管,到第四级旋风预热器13的底部出料口通过锁风阀连接螺旋输送装置14,螺旋输送装置14连接皮带输送装置15,皮带输送装置15连接至冶金渣储仓16,用于出料;旋风分离器9的顶部气体出口连通催化反应器17,催化反应器17底部连接换热器18,换热器18为列管换热器,转化气走管内,换热介质走管间;换热器18的底部出口连通变换反应器19,变换反应器19连接脱碳装置20,脱碳装置20脱除的二氧化碳通过管道连通二级旋风预热器11的进风口,二级旋风预热器11的顶部气体出口连通一级旋风预热器10进风口,一级预热器10的顶部气体出口连通二氧化碳换热的顶棚管3,二氧化碳换热的顶棚管3连接气力粒化装置1的二氧化碳喷嘴6入口;

[0044] 四级旋风预热器13进风管接入甲烷,四级旋风预热器13顶部出风口连接三级旋风预热器12的进风口,其顶部出口连接换热器18管间进口,换热器管间出口连通甲烷环形喷嘴7。

[0045] 优选循环利用的二氧化碳在出脱碳装置20后设置加压装置。

[0046] 催化反应器17可以采取并联方式设置两台,交替进行重整反应和再生,催化反应器17的催化剂为镍基催化剂,且为异性催化剂。

[0047] 实施例一:实施过程中的工艺流程及实施步骤:

[0048] s1、首先对冶金渣保温炉1、炉底水口4及气力粒化装置5预热,再将液态冶金渣通过渣沟或渣罐引入烘干预热的冶金渣保温炉1内,液态冶金渣温度保持在1450℃,粘度为

0.02Pa·s,表面张力为0.3N/m,高温液态冶金渣通过炉底水口4流入气力粒化装置5;

[0049] s2、初始启动,将二氧化碳接入冶金渣保温炉1炉顶换热顶棚管预热,二氧化碳气体预热到550℃,通入气力粒化装置5的二氧化碳喷嘴6,二氧化碳喷嘴6为拉瓦尔喷嘴,二氧化碳气体被喷嘴加速到500m/s;二氧化碳气体沿轴线进入预混合室,液态冶金渣从侧面进入预混合室与二氧化碳气体预混合;预混合后的液态冶金渣经气力粒化装置5的收缩段、混合管及扩散段被进一步加速雾化成细小液滴喷出,气体喷出速度为170m/s,液态冶金渣喷出速度为70m/s;气力粒化装置5是气力辅助、气液内混大通道喷射雾化装置,具有结构简单、不易堵塞、易加工,耐磨、耐渣蚀的优良性能;

[0050] s3、雾化后的气液两相经气力粒化装置5的扩散段进入提升管反应器8,提升管反应器8按轴向方向从低到高依次划分为进料混合段、反应段和气固分离段四个区段;其中,进料混合段是指甲烷环形喷嘴7所在轴向方向附近区段,此区段内甲烷与二氧化碳、液态冶金渣气液两相流相遇混合,同时伴随吸热反应的进行,因此,进料混合段发生甲烷裂解及液态冶金渣渣滴凝固、相间传热及流动混合;

[0051] s4、甲烷由环形喷嘴喷射进入提升管反应器8反应段,与气力粒化装置5 轴向喷入的二氧化碳气体以及高温冶金渣颗粒接触、换热,甲烷迅速与高温气液两相流混合接触,附着在液态冶金渣液滴表面发生裂解、重整反应反应,液态冶金渣液滴凝固成细小颗粒,气体转化成包括 H_2 、CO、 CO_2 、 CH_4 、C的转化气;

[0052] s5、转化气混合冶金渣进入气固分离段的旋风分离器9,分离的转化气进入催化反应器17,转化气在催化剂的作用下进行深度重整反应,提高 CH_4 、 CO_2 的转化率, H_2 、CO的吸收率;催化重整后的气体进入换热器18与甲烷气体换热,换热后进入变换反应器19变换,CO与 H_2O 变换成 H_2 和 CO_2 ,脱碳装置20脱除 CO_2 , CO_2 经预热进行循环利用; H_2 等其他少量气体的混合气进入下段工序;

[0053] s6、二氧化碳喷嘴6喷入的量与甲烷环形喷嘴7喷入的甲烷量之比为 1.3:1;提升管反应器8内温度为1000℃,催化反应器17内温度为850℃;反应压力为常压,催化剂为镍基异性催化剂,并且 CH_4 转化率达到95%, CO_2 转化率达到91%,运行中基本没有碳排放,所以等同绿氢工艺;

[0054] s7、气固分离段的旋风分离器9进行气固分离,分离的固体冶金渣粒从旋风分离器9底部进入旋风预热器,在四级旋风预热器13陆续与原料气的二氧化碳和甲烷换热,冶金渣被冷却依次通过螺旋输送装置14和皮带输送装置15送至冶金渣储仓16。

[0055] 通过二氧化碳重整甲烷可以有效地把液态冶金渣热能转换为化学能,热利用效率达90%,冶金渣玻璃相达95%以上。

[0056] 实施例二:与实施例一不同之处在于步骤s1、s2和s6。

[0057] s1、首先对冶金渣保温炉1、炉底水口4及气力粒化装置5预热,再将液态冶金渣通过渣沟或渣罐引入烘干预热的冶金渣保温炉1内,液态冶金渣温度保持在1600℃,粘度为0.1Pa·s,表面张力为0.6N/m,高温液态冶金渣通过炉底水口4流入气力粒化装置5;

[0058] s2、初始启动,将二氧化碳接入冶金渣保温炉1炉顶换热顶棚管预热,二氧化碳气体预热到550℃,通入气力粒化装置5的二氧化碳喷嘴6,二氧化碳喷嘴6为拉瓦尔喷嘴,二氧化碳气体被喷嘴加速到700m/s;二氧化碳气体沿轴线进入预混合室,液态冶金渣从侧面进入预混合室与二氧化碳气体预混合;预混合后的液态冶金渣经气力粒化装置5的收缩段、混

合管及扩散段被进一步加速雾化成细小液滴喷出,气体喷出速度为180m/s,液态冶金渣喷出速度为80m/s;气力粒化装置5是气力辅助、气液内混大通道喷射雾化装置,具有结构简单、不易堵塞、易加工,耐磨、耐渣蚀的优良性能;

[0059] s6、二氧化碳喷嘴6喷入的量与甲烷环形喷嘴7喷入的甲烷量之比为 1.3:1;提升管反应器8内温度为1200℃,催化反应器17内温度为950℃;反应压力为常压,催化剂为镍基异性催化剂,并且 CH_4 转化率达到95%, CO_2 转化率达到91%,运行中基本没有碳排放,所以等同绿氢工艺。

[0060] 实施例三:与实施例一或实施例二不同之处在于步骤s1、s2和s6。

[0061] s1、首先对冶金渣保温炉1、炉底水口4及气力粒化装置5预热,再将液态冶金渣通过渣沟或渣罐引入烘干预热的冶金渣保温炉1内,液态冶金渣温度保持在1550℃,粘度在 $0.05\text{Pa}\cdot\text{s}$,表面张力 0.45N/m ,高温液态冶金渣通过炉底水口4流入气力粒化装置5;

[0062] s2、初始启动,将二氧化碳接入冶金渣保温炉1炉顶换热顶棚管预热,二氧化碳气体预热到550℃,通入气力粒化装置5的二氧化碳喷嘴6,二氧化碳喷嘴6为拉瓦尔喷嘴,二氧化碳气体被喷嘴加速到600m/s;二氧化碳气体沿轴线进入预混合室,液态冶金渣从侧面进入预混合室与二氧化碳气体预混合;预混合后的液态冶金渣经气力粒化装置5的收缩段、混合管及扩散段被进一步加速雾化成细小液滴喷出,气体喷出速度175m/s,液态冶金渣喷出速度75m/s;气力粒化装置5是气力辅助、气液内混大通道喷射雾化装置,具有结构简单、不易堵塞、易加工,耐磨、耐渣蚀的优良性能;

[0063] s6、二氧化碳喷嘴6喷入的量与甲烷环形喷嘴7喷入的甲烷量之比为 1.3:1;提升管反应器8内温度在1100℃,催化反应器17内温度900℃;反应压力为常压,催化剂为镍基异性催化剂,并且 CH_4 转化率达到95%, CO_2 转化率达到91%,运行中基本没有碳排放,所以等同绿氢工艺。

[0064] 应理解,这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所限定的范围。

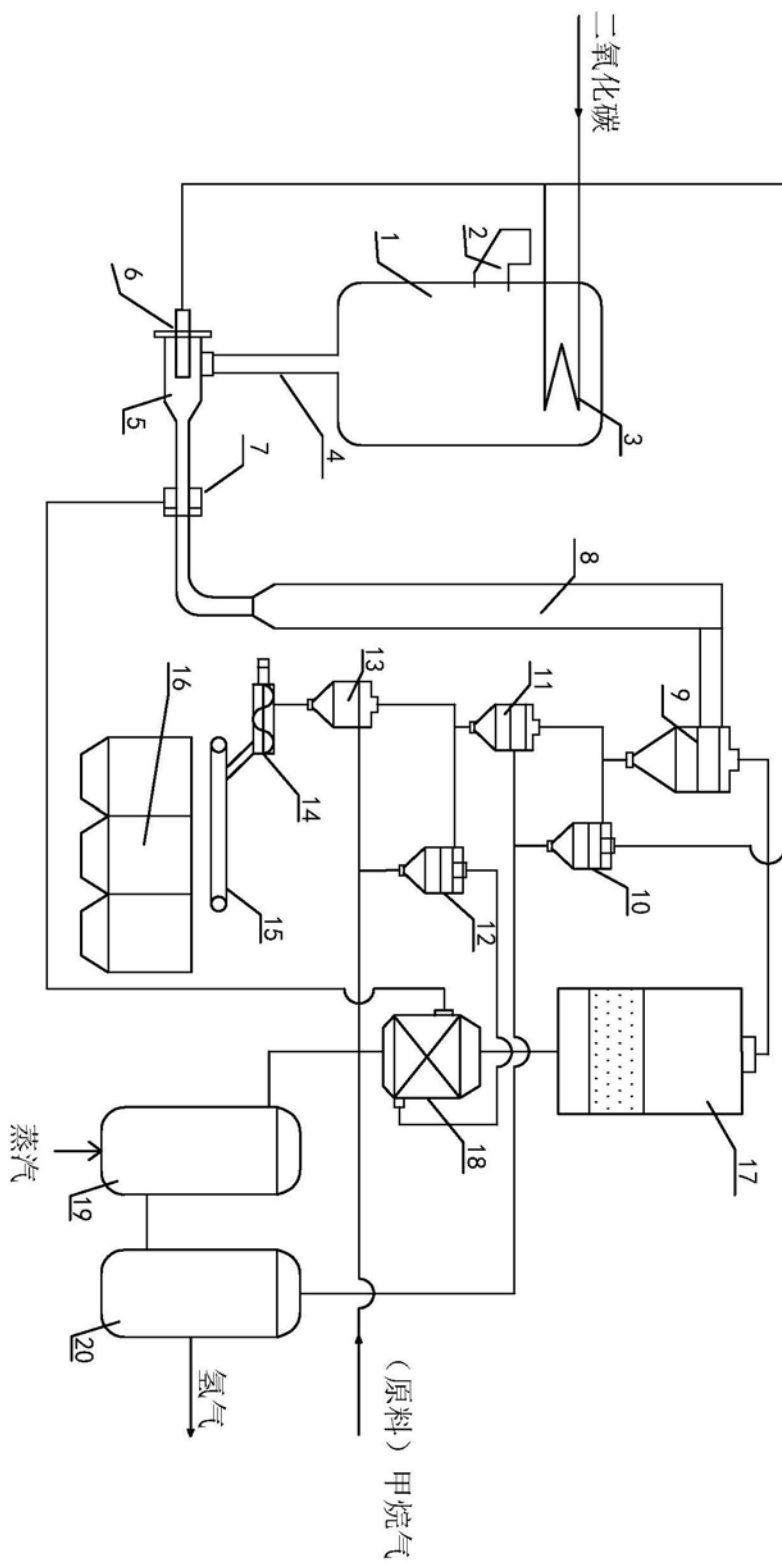


图1