



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107858471 A

(43)申请公布日 2018.03.30

(21)申请号 201711251638.2

(22)申请日 2017.12.01

(71)申请人 江苏省冶金设计院有限公司

地址 210000 江苏省南京市大光路太阳沟
44号

(72)发明人 唐敬坤 员晓 韩志彪 邓君
刘亮 吴道洪

(74)专利代理机构 北京连城创新知识产权代理
有限公司 11254

代理人 刘伍堂

(51)Int.Cl.

G21B 13/02(2006.01)

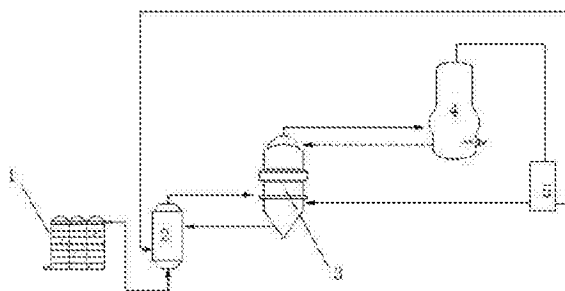
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种气基竖炉生产海绵铁的系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种气基竖炉生产海绵铁的系统及方法,系统包括:加热炉、气体重整及渗碳装置、竖炉还原装置和炉顶气净化装置;本发明将重整与渗碳相结合,在实现气体转化的同时,得到高渗碳海绵铁,经济效益好,成本低,与传统竖炉工艺相比,省去了竖炉冷却,大大降低了析碳效果,解决还原气进气口堵塞的问题。



1. 一种气基竖炉生产海绵铁的系统,包括:加热炉、气体重整及渗碳装置、竖炉还原装置和炉顶气净化装置,其特征在于,其中,

所述气体重整及渗碳装置的冷却气出口与所述加热炉的燃料气入口相连,所述气体重整及渗碳装置的高温气体入口与所述加热炉的高温气体出口相连;

所述竖炉还原装置的还原气入口与所述气体重整及渗碳装置的还原气出口相连,将重整后的还原气体通入所述竖炉还原装置对含铁矿物进行还原,得到金属化球团;所述竖炉还原装置的金属化球团第一出口与所述气体重整及渗碳装置的金属化球团入口相连;

所述炉顶气净化装置的进气口与所述竖炉还原装置的炉顶气出口相连,所述炉顶气净化装置的第一出气口与所述气体重整及渗碳装置的冷却气入口相连,将炉顶气净化冷却后通入所述气体重整及渗碳装置中;所述炉顶气净化装置的第二出气口与所述加热炉的净化后炉顶气入口相连。

2. 根据权利要求1所述的一种气基竖炉生产海绵铁的系统,其特征在于,还包括:脱硫装置,其出口与所述加热炉的高甲烷气入口相连。

3. 根据权利要求1所述的一种气基竖炉生产海绵铁的系统,其特征在于,所述加热炉还包括:加水口,用于通过向所述加热炉中补水,调节炉内的 H_2O 和 CO_2 的总体积含量;所述加热炉的加热元件为高温陶瓷型辐射管。

4. 根据权利要求1所述的一种气基竖炉生产海绵铁的系统,其特征在于,所述气体重整及渗碳装置还包括:海绵铁出口。

5. 根据权利要求4所述的一种气基竖炉生产海绵铁的系统,其特征在于,所述气体重整及渗碳装置的内腔包括:气体重整段和冷却渗碳段,分别进行高温气体的重整和金属化球团的渗碳反应。

6. 根据权利要求1所述的一种气基竖炉生产海绵铁的系统,其特征在于,所述竖炉还原装置还包括:含铁矿物入口和金属化球团第二出口。

7. 根据权利要求6所述的一种气基竖炉生产海绵铁的系统,其特征在于,所述竖炉还原装置的内腔包括:预热段和还原段。

8. 一种利用权利要求1-7中任一项所述的系统生产海绵铁的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 经除尘后的高甲烷气通过脱硫装置进行脱硫处理后通入加热炉中;

(2) 所述加热炉对经除尘和脱硫处理后的高甲烷气进行加热,同时根据炉内的气体成分补水,使 H_2O 和 CO_2 的体积含量之和为15-20%,经加热后的高温气体进入气体重整及渗碳装置;

(3) 所述高温气体进入所述气体重整及渗碳装置的气体重整段进行重整转化,转化后的还原气体进入竖炉还原装置;

(4) 所述竖炉还原装置对含铁矿物进行还原,得到金属化球团,所述金属化球团一部分经金属化球团第一出口通入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段,进行渗碳反应,得到海绵铁,另一部分直接通过所述竖炉还原装置的金属化球团第二出口排出,进行热压成型;

(5) 所述竖炉还原装置的炉顶气进入炉顶气净化装置中进行净化冷却后,一部分气体进入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行冷却,用于增强渗碳反应,同时,渗碳后的气体进入所述加热炉,作为所述加热炉的燃料气;另一部分气体进入所述加热炉中作为粗

还原气,循环利用。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述高甲烷气为含甲烷20-25%的焦炉煤气、热解气或化工池放气中的一种或几种。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述步骤(2)中,所述高温加热的温度为1000-1050℃;所述步骤(3)中,所述重整转化后的还原气体包括: $\text{CO}+\text{H}_2 \geq 90\%$, $\text{CH}_4 \leq 5\%$, $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2 \leq 5\%$;所述步骤(5)中,所述炉顶气经所述炉顶气净化装置后冷却至60-70℃。

一种气基竖炉生产海绵铁的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明为冶金领域,涉及一种气基竖炉生产海绵铁的系统及方法,具体涉及一种采用甲烷含量高的还原气生产海绵铁的系统及方法。

背景技术

[0002] 直接还原铁技术作为典型的非高炉炼铁工艺,具有不使用焦煤、环境友好及节能减排效果明显的优势,对于改善钢铁结构,提升钢铁产品质量具有重要的作用;目前我国电炉钢产量占粗钢产量的10%左右,但由于废钢短缺、质量差,因而对优质DRI的需求旺盛,根据我国废钢应用协会统计,我国目前市场对海绵铁的需求约为1500~2000万t/a,而目前我国直接还原铁产量不足60万t,因此直接还原铁在我国有广阔的市场需求;直接还原竖炉方法使目前海绵铁生产的主流工艺,由于采用天然气生产海绵铁工艺并不适合我国国情,通过对甲烷改质获得适合竖炉的还原气,可以解决天然气对海绵铁工艺的束缚,满足不同地区海绵铁市场的需求。

[0003] 现有工艺中,HYL Energiron工艺采用还原段进行现场重整,可将焦炉煤气、高炉煤气、氧气顶吹转炉煤气或煤制气代替天然气将煤气中的甲烷进行热解后获得含 H_2 和CO的还原气用于生产海绵铁,但高甲烷气会导致炉内床层温度降低,降低生产效率;Midrex工艺中采用炉外重整,需采用价格昂贵的镍基催化剂,且还原气中S含量将会导致镍基催化剂失活,对还原气中S含量要求高,投资成本高。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术的不足,提出了一种气基竖炉生产海绵铁的系统及方法,将重整与渗碳相结合,用高金属化率球团代替镍基催化剂,在实现气体转化的同时,得到高渗碳海绵铁,经济效益好,成本低,与传统竖炉工艺相比,省去了竖炉冷却,大大降低了析碳效果,解决还原气进气口堵塞的问题,同时提高了生产效率。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采取的技术方案为:

本发明提出了一种气基竖炉生产海绵铁的系统,包括:加热炉、气体重整及渗碳装置、竖炉还原装置和炉顶气净化装置,其中,所述气体重整及渗碳装置的冷却气出口与所述加热炉的燃料气入口相连,所述气体重整及渗碳装置的高温气体入口与所述加热炉的高温气体出口相连;所述竖炉还原装置的还原气入口与所述气体重整及渗碳装置的还原气出口相连,将重整后的还原气体通入所述竖炉还原装置对含铁矿物进行还原,得到金属化球团;所述竖炉还原装置的金属化球团第一出口与所述气体重整及渗碳装置的金属化球团入口相连;所述炉顶气净化装置的进气口与所述竖炉还原装置的炉顶气出口相连,所述炉顶气净化装置的第一出气口与所述气体重整及渗碳装置的冷却气入口相连,将炉顶气净化冷却后通入所述气体重整及渗碳装置中;所述炉顶气净化装置的第二出气口与所述加热炉的净化后炉顶气入口相连。

[0006] 进一步的,还包括:脱硫装置,其出口与所述加热炉的高甲烷气入口相连。

[0007] 进一步的,所述加热炉还包括:加水口,用于通过向所述加热炉中补水,调节炉内的 H_2O 和 CO_2 的总体积含量;所述加热炉的加热元件为高温陶瓷型辐射管。

[0008] 进一步的,所述气体重整及渗碳装置还包括:海绵铁出口。

[0009] 进一步的,所述气体重整及渗碳装置的内腔包括:气体重整段和冷却渗碳段,分别进行高温气体的重整和金属化球团的渗碳反应。

[0010] 进一步的,所述竖炉还原装置还包括:含铁矿物入口和金属化球团第二出口。

[0011] 进一步的,所述竖炉还原装置的内腔包括:预热段和还原段。其中,所述预热段和还原段通过温度进行划分:所述预热段的温度在 $400-700^{\circ}C$,在该预热段温度下,由炉顶进入竖炉还原装置内部的含铁矿物(冷氧化球团)进行升温,同时冷氧化球团中的 Fe_2O_3 被初步还原为 Fe_3O_4 、 FeO 及极少量的金属铁;所述还原段的温度在 $700-900^{\circ}C$,在该还原段温度下,冷氧化球团继续升温,同时冷氧化球团中的 Fe_3O_4 和 FeO 被 CO 和 H_2 还原为金属化球团(金属铁);所述竖炉还原装置不设冷却段,热的金属化球团直接进行热压成型。

[0012] 在本发明的一个实施例中,所述气体重整及渗碳装置可以是但不仅限于是一个传统的竖炉,气体由高温气体入口通入炉内,由于气体重整及渗碳装置中为来自竖炉还原装置的高金属化率热态的金属化球团,在气体重整及渗碳装置内,气体发生 $CH_4+H_2O=CO+3H_2$, $CH_4+CO_2=2CO+2H_2$ 反应,使气体中的 CH_4 含量降低, CO 、 H_2 含量升高,经重整后的气体由气体重整及渗碳装置的炉顶的还原气出口排出,通过还原气入口进入竖炉还原装置中,由于有金属化球团(金属铁)作催化剂,高温下 CH_4 的转化迅速且效率高,控制手段主要通过调节 CH_4 与 H_2O 、 CO_2 的摩尔比,使 CH_4 在穿过金属化球团料层时完成重整反应。完成重整后的金属化球团落入下部的冷却渗碳区,气体为经洗涤、脱硫脱碳后的竖炉还原装置的炉顶气,主要反应为 $3Fe+CH_4=Fe_3C+2H_2$ 、 $3Fe+2CO=Fe_3C+CO_2$ 、 $3Fe+CO+H_2=Fe_3C+H_2O$,可通过调节冷却气流量、冷却时间及 CH_4 加入量调节渗碳量。

[0013] 在本发明的一个实施例中,炉顶气净化装置主要包括洗涤塔、脱硫脱碳装置,其中洗涤塔对炉顶气进行除尘、降温;脱硫脱碳工艺可采用但不仅限于使用MEDA溶液脱除。

[0014] 在本发明的另一方面,提出了一种利用前面所述的系统生产海绵铁的方法,包括以下步骤:

(1) 经除尘后的高甲烷气通过脱硫装置进行脱硫处理后通入加热炉中;

(2) 所述加热炉对经除尘和脱硫处理后的高甲烷气进行加热,同时根据炉内的气体成分补水,使 H_2O 和 CO_2 的体积含量之和为 $15-20\%$,经加热后的高温气体进入气体重整及渗碳装置;

(3) 所述高温气体进入所述气体重整及渗碳装置的气体重整段进行重整转化,转化后的还原气体进入竖炉还原装置;

(4) 所述竖炉还原装置对含铁矿物进行还原,得到金属化球团,所述金属化球团一部分经金属化球团第一出口通入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段,进行渗碳反应,得到海绵铁,另一部分直接通过所述竖炉还原装置金属化球团第二出口排出,进行热压成型;

(5) 所述竖炉还原装置的炉顶气进入炉顶气净化装置中进行净化冷却后,一部分气体进入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行冷却,用于增强渗碳反应,同时,渗碳后的气体进入所述加热炉,作为所述加热炉的燃料气;另一部分气体进入所述加热炉中作为粗还原气,循环利用。

[0015] 进一步的,所述高甲烷气为含甲烷20-25%的焦炉煤气、热解气或化工池放气中的一种或几种。

[0016] 进一步的,所述步骤(2)中,所述高温加热的温度为1000-1050℃;所述步骤(3)中,所述重整转化后的还原气体包括: $\text{CO}+\text{H}_2\geq 90\%$, $\text{CH}_4\leq 5\%$, $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2\leq 5\%$;所述步骤(5)中,所述炉顶气经所述炉顶气净化装置后冷却至60-70℃。

[0017] 本发明的有益效果至少包括:

1) 本发明有效地将气体中的甲烷转化为氢气及一氧化碳,提高有效气含量,制备高质量的竖炉还原气;

2) 本发明得到高、低两种碳含量的海绵铁,高渗碳的海绵铁可直接用于熔分,无需再配碳,低渗碳的海绵铁热出料直接热压成型;

3) 本发明系统中将重整与渗碳相结合,在实现气体转化的同时,得到高渗碳海绵铁;

4) 本发明与传统竖炉工艺相比,省去了竖炉冷却,大大降低了析碳效果,解决还原气进气口堵塞的问题,同时提高了生产效率;

5: 本发明竖炉直接还原产生的金属化球团进入气体重整及渗碳装置中,减少热量损失,同时用高金属化率球团代替镍基催化剂,大大节省生产成本。

附图说明

[0018] 图1为本发明系统的结构简图。

[0019] 图2为本发明系统的结构示意图。

[0020] 其中,脱硫装置1、加热炉2、高甲烷气入口201、燃料气入口202、加水口203、净化后炉顶气入口204、高温气体出口205、气体重整及渗碳装置3、高温气体入口301、金属化球团入口302、冷却气入口303、冷却气出口304、还原气出口305、海绵铁出口306、竖炉还原装置4、还原气入口401、含铁矿物入口402、金属化球团第一出口403、炉顶气出口404、金属化球团第二出口405、炉顶气净化装置5、进气口501、第一出气口502、第二出气口503。

具体实施方式

[0021] 为了使本领域技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合具体实施例对本发明作进一步的详细说明。下面描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。实施例中未注明具体技术或条件的,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。

[0022] 根据本发明的实施例,图1为本发明系统的结构简图,参照图1所示,本发明所述系统包括:脱硫装置1、加热炉2、气体重整及渗碳装置3、竖炉还原装置4和炉顶气净化装置5。

[0023] 根据本发明的实施例,图2为本发明系统的结构示意图,参照图2所示,本发明所述脱硫装置的出口与加热炉的高甲烷气入口相连,经除尘后的高甲烷气通过脱硫装置的气体入口进行脱硫处理后排入所述加热炉。

[0024] 根据本发明的一些实施例,本发明所述高甲烷气为含甲烷20-25%的焦炉煤气、热解气或化工池放气中的一种或几种。

[0025] 根据本发明的实施例,参照图2所示,本发明所述加热炉2包括:高甲烷气入口201、燃料气入口202、加水口203、净化后炉顶气入口204和高温气体出口205,其中,所述高甲烷

气入口与所述脱硫装置的出口相连,所述燃料气入口与所述气体重整及渗碳装置的冷却气出口相连,所述净化后炉顶气入口与所述炉顶气净化装置的第二出口相连,所述高温气体出口与所述气体重整及渗碳装置的高温气体入口相连,所述脱硫处理后的高甲烷气经所述高甲烷气入口进入所述加热炉中,所述加热炉将其加热至1000-1050℃,同时根据所述加热炉内的气体成分经所述加水口进行补水,使H₂O和CO₂的体积含量之和为15-20%。

[0026] 根据本发明的一些实施例,本发明所述加热炉的加热元件为高温陶瓷型辐射管。

[0027] 根据本发明的实施例,参照图2所示,本发明所述气体重整及渗碳装置3包括:高温气体入口301、金属化球团入口302、冷却气入口303、冷却气出口304、还原气出口305和海绵铁出口306,其中,所述高温气体入口与所述加热炉的高温气体出口相连,所述金属化球团入口与所述竖炉还原装置的金属化球团第一出口相连,所述冷却气入口与所述炉顶气净化装置的第一出口相连,所述冷却气出口与所述加热炉的燃料气入口相连,所述还原气出口与所述竖炉还原装置的还原气入口相连。

[0028] 根据本发明的一些实施例,本发明所述气体重整及渗碳装置的内腔包括:气体重整段和冷却渗碳段,所述气体重整段位于所述气体重整及渗碳装置内腔的上部,所述冷却渗碳段位于所述气体重整及渗碳装置内腔的下部,所述高温气体入口位于所述气体重整及渗碳装置内腔的中部,便于所述加热炉中的高温气体上升至气体重整段中,进行高温气体的重整,所述冷却渗碳段进行金属化球团的渗碳反应,更具体的:经所述加热炉加热后的高温气体经所述高温气体入口进入所述气体重整及渗碳装置的气体重整段进行重整转化,转化后的还原气体经所述还原气出口进入所述竖炉还原装置中,所述竖炉还原装置中产生的金属化球团一部分进入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行渗碳反应。

[0029] 根据本发明的一些实施例,所述重整转化后的还原气体包括:CO+H₂≥90%,CH₄≤5%,H₂O+CO₂%≤5%;本发明有效地将气体中的甲烷转化为氢气及一氧化碳,提高有效气含量,制备高质量的竖炉还原气。

[0030] 在本发明的一个实施例中,所述气体重整及渗碳装置可以是但不仅限于是一个传统的竖炉,气体由高温气体入口通入炉内,由于气体重整及渗碳装置中为来自竖炉还原装置的高金属化率热态的金属化球团,在气体重整及渗碳装置内,气体发生CH₄+H₂O=CO+3H₂,CH₄+CO₂=2CO+2H₂反应,使气体中的CH₄含量降低,CO、H₂含量升高,经重整后的气体由气体重整及渗碳装置的炉顶的还原气出口排出,通过还原气入口进入竖炉还原装置中,由于有金属化球团(金属铁)作催化剂,高温下CH₄的转化迅速且效率高,控制手段主要通过调节CH₄与H₂O、CO₂的摩尔比,使CH₄在穿过金属化球团料层时完成重整反应。完成重整后的金属化球团落入下部的冷却渗碳区,气体为经洗涤、脱硫脱碳后的竖炉还原装置的炉顶气,主要反应为3Fe+CH₄=Fe₃C+2H₂,3Fe+2CO=Fe₃C+CO₂,3Fe+CO+H₂=Fe₃C+H₂O,可通过调节冷却气流量、冷却时间及CH₄加入量调节渗碳量。

[0031] 根据本发明的实施例,参照图2所示,本发明所述竖炉还原装置4包括:还原气入口401、含铁矿物入口402、金属化球团第一出口403、炉顶气出口404和金属化球团第二出口405,其中,所述还原气入口与所述气体重整及渗碳装置的还原气出口相连,所述金属化球团第一出口与所述气体重整及渗碳装置的高温气体入口相连,所述炉顶气出口与所述炉顶气净化装置的进气口相连。

[0032] 根据本发明的一些实施例,本发明所述竖炉还原装置的内腔包括:预热段和还原

段,本发明与传统竖炉工艺相比,省去了竖炉冷却,大大降低了析碳效果,解决还原气进气口堵塞的问题,提高生产效率;具体的:经所述含铁矿物入口向所述竖炉还原装置中加入含铁矿物经预热后进入还原段,经所述还原气入口进入的还原气对所述含铁矿物进行还原,得到金属化率为93-95%且含碳量小于0.5%的金属化球团,所述金属化球团一部分经所述金属化球团第一出口通入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段,进行渗碳反应,得到海绵铁,经所述气体重整及渗碳装置的海绵铁出口306排出,另一部分直接通过所述竖炉还原装置的金属化球团第二出口排出,进行热压成型。

[0033] 更具体的,本发明所述预热段和还原段通过温度进行划分:所述预热段的温度在400-700℃,在该预热段温度下,由炉顶进入竖炉还原装置内部的含铁矿物(冷氧化球团)进行升温,同时冷氧化球团中的 Fe_2O_3 被初步还原为 Fe_3O_4 、 FeO 及极少量的金属铁;所述还原段的温度在700-900℃,在该还原段温度下,冷氧化球团继续升温,同时冷氧化球团中的 Fe_3O_4 和 FeO 被 CO 和 H_2 还原为金属化球团(金属铁);所述竖炉还原装置不设冷却段,热的金属化球团直接进行热压成型。

[0034] 根据本发明的一些实施例,本发明所述含铁矿物的具体种类不受限制;本发明得到高、低两种碳含量的海绵铁,高渗碳的海绵铁可直接用于熔分,无需再配碳,即从本发明所述海绵铁出口306排出的海绵铁;低渗碳的海绵铁热出料直接热压成型,即从本发明所述金属化球团第二出口排出的金属化球团海绵铁;具体的,经渗碳反应后的所述高渗碳的海绵体的金属化率85~88%且含碳量为2-4%;本发明系统中将重整与渗碳相结合,在实现气体转化的同时,得到高渗碳海绵铁,同时本发明所述竖炉直接还原产生的金属化球团进入气体重整及渗碳装置中,减少热量损失,同时用高金属化率球团代替镍基催化剂,大大节省生产成本。

[0035] 根据本发明的实施例,参照图2所示,本发明炉顶气净化装置5包括:进气口501、第一出气口502和第二出气口503,其中,所述进气口与所述竖炉还原装置的炉顶气出口相连,所述第一出气口与所述气体重整及渗碳装置的冷却气入口相连,所述第二出气口与所述加热炉的净化后炉顶气入口相连,

在本发明的一个实施例中,本发明所述炉顶气净化装置主要包括洗涤塔、脱硫脱碳装置,其中洗涤塔对炉顶气进行除尘、降温;脱硫脱碳工艺可采用但不仅限于使用MEDA溶液脱除;更具体的:所述炉顶气净化装置对经所述进气口进入的炉顶气进行净化冷却后,一部分气体经所述第一出气口进入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行冷却,用于增强渗碳反应,同时,渗碳后的气体经所述冷却气出口和燃料气入口进入所述加热炉中,作为所述加热炉的燃料气;另一部分气体经所述第二出气口进入所述加热炉中作为粗还原气,循环利用。

[0036] 根据本发明的一些实施例,所述炉顶气经所述炉顶气净化装置后冷却至60-70℃。

[0037] 在本发明的另一方面,提出了一种利用前面所述的系统生产海绵铁的方法,包括以下步骤:

(1) 经除尘后的高甲烷气通过脱硫装置进行脱硫处理后通入加热炉中。

[0038] 根据本发明的一些实施例,所述高甲烷气为含甲烷20-25%的焦炉煤气、热解气或化工池放气中的一种或几种。

[0039] (2) 所述加热炉对经除尘和脱硫处理后的高甲烷气以温度为1000-1050℃进行加

热,同时根据炉内的气体成分补水,使 H_2O 和 CO_2 的体积含量之和为15-20%,经加热后的高温气体进入气体重整及渗碳装置。

[0040] (3)所述高温气体进入所述气体重整及渗碳装置的气体重整段进行重整转化,转化后的还原气体进入竖炉还原装置;(4)所述竖炉还原装置对含铁矿物进行还原,得到金属化球团,所述金属化球团一部分经金属化球团第一出口通入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段,进行渗碳反应,得到海绵铁,另一部分直接通过所述竖炉还原装置金属化球团第二出口排出,进行热压成型。

[0041] 根据本发明的一些实施例,所述气体重整及渗碳装置内发生如下反应: $CH_4+H_2O=CO+3H_2$; $CH_4+CO_2=2CO+2H_2$; $3Fe+CH_4=Fe_3C+2H_2$; 气体中的甲烷进行重整转化生成 CO 和 H_2 ,同时,金属化球团完成渗碳反应,得到金属化率85~88%且含碳量为2-4%的海绵铁,可直接进行熔分;经重整转化后的还原气体,成分为: $CO+H_2\geq 90\%$, $CH_4\leq 5\%$, $H_2O+CO_2\leq 5\%$ 的优质竖炉用还原气,此时竖炉用还原气入口处的还原气温度降至940-960℃。

[0042] (5)所述竖炉还原装置的炉顶气进入炉顶气净化装置中进行净化冷却后,一部分气体进入所述气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行冷却,用于增强渗碳反应,同时,渗碳后的气体进入所述加热炉,作为所述加热炉的燃料气;另一部分气体进入所述加热炉中作为粗还原气,循环利用。

[0043] 根据本发明的一些实施例,所述炉顶气经所述炉顶气净化装置后冷却至60-70℃。

[0044] 实施例一:经除尘、脱硫后的焦炉煤气成分为: $H_2=60\%$, $CO=8\%$, $CO_2=2\%$, $CH_4=25\%$, $N_2=3\%$;同时向加热炉内喷加16%气体体积的水蒸气,加热炉将混合气升温至1050℃,高温气体进入气体重整及渗碳装置的进行转化,高甲烷气经转化后气体成分为: $H_2=80\%$, $CO=12.4\%$, $CO_2=2.2\%$, $CH_4=3\%$, $N_2=2.2\%$,温度降为950℃,转化后的气体进入竖炉还原装置对含铁矿物进行还原,球团金属化率达95%,含碳量 $<0.5\%$,金属化球团一部分进入气体重整及渗碳装置完成渗碳,得到金属化率85~88%且含碳量为2-4%的海绵铁,可直接进行熔分。

[0045] 竖炉还原装置产生的炉顶气经净化处理后温度降至60℃,一部分气体对气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行冷却,进一步加强渗碳,同时,渗碳后的气体进入所述加热炉,作为所述加热炉的燃料气;另一部分气体进入所述加热炉中作为粗还原气,循环利用,重新参与反应。

[0046] 实施例二:经除尘、脱硫后的焦炉煤气成分为: $H_2=63\%$, $CO=6\%$, $CO_2=4\%$, $CH_4=20\%$, $N_2=2.5\%$ 。同时向加热炉内喷加12%气体体积的水蒸气,加热炉将混合气升温至1050℃,高温气体进入气体重整及渗碳装置进行转化,高甲烷气经转化后气体成分为: $H_2=76.7\%$, $CO=15.8\%$, $CO_2=3.2\%$, $CH_4=2.4\%$,温度降为960℃,转化后的气体进入竖炉对含铁矿物进行还原,球团金属化率达93%,含碳量 $<0.3\%$;金属化球团一部分进入气体重整及渗碳装置完成渗碳,得到金属化率85~88%且含碳量为C%为2-4%的海绵铁,可直接进行熔分。

[0047] 竖炉还原装置产生的炉顶气经净化处理后温度降至65℃,一部分气体对气体重整及渗碳装置的冷却渗碳段进行冷却,进一步加强渗碳,同时,渗碳后的气体进入所述加热炉,作为所述加热炉的燃料气;另一部分气体进入所述加热炉中作为粗还原气,循环利用,重新参与反应。

[0048] 发明人发现,根据本发明所述的气基竖炉生产海绵铁的系统及方法,有效地将气体中的甲烷转化为氢气及一氧化碳,提高有效气含量,制备高质量的竖炉还原气;并且本发

明得到高、低两种碳含量的海绵铁,高渗碳的海绵铁可直接用于熔分,无需再配碳,低渗碳的海绵铁热出料直接热压成型;同时,本发明系统中将重整与渗碳相结合,在实现气体转化的同时,得到高渗碳海绵铁;且本发明与传统竖炉工艺相比,省去了竖炉冷却,大大降低了析碳效果,解决还原气进气口堵塞的问题,提升生产效率;此外,本发明竖炉直接还原产生的金属化球团进入气体重整及渗碳装置中,减少热量损失,同时用高金属化率球团代替镍基催化剂,大大节省生产成本。

[0049] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“相连”、“连接”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;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或两个元件的相互作用关系。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。

[0050] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0051] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型,同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。

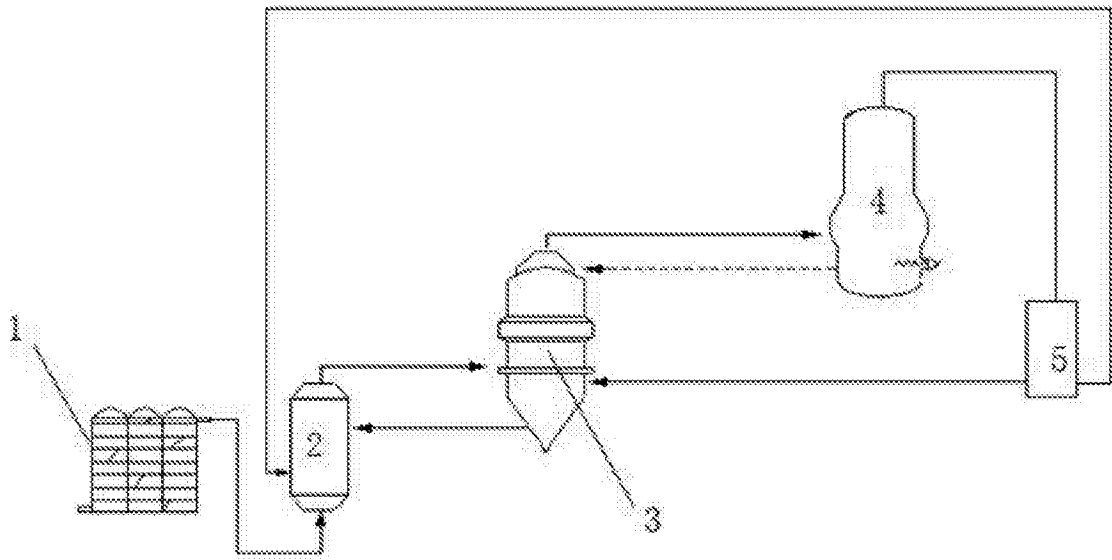


图 1

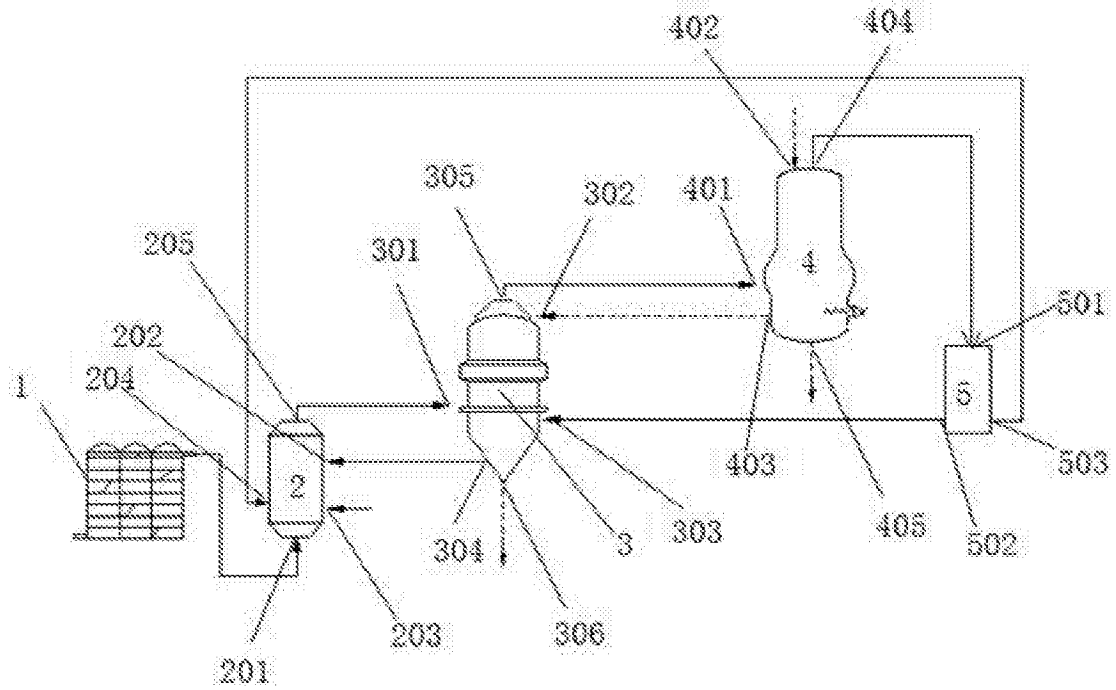


图 2