



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109852424 B

(45) 授权公告日 2021.04.27

(21) 申请号 201910002789.7

C10K 3/04 (2006.01)

(22) 申请日 2019.01.02

C10B 53/04 (2006.01)

G21B 13/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109852424 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2019.06.07

CN 101191149 A, 2008.06.04

CN 102459654 A, 2012.05.16

(73) 专利权人 新奥科技发展有限公司

CN 106086282 A, 2016.11.09

CN 102985567 A, 2013.03.20

地址 065001 河北省廊坊市廊坊开发区广
阳道北

SU 1151220 A3, 1985.04.15

(72) 发明人 曾亮 贺丙飞 贾则琨 李海冰
李克忠

审查员 饶梦莎

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理
有限公司 11274

代理人 申健

(51) Int. Cl.

C10J 3/48 (2006.01)

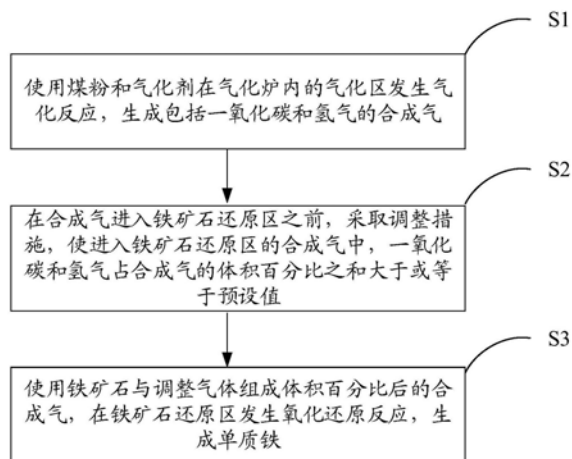
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种煤气化炼铁方法和煤气化炼铁气化炉

(57) 摘要

本发明公开一种煤气化炼铁方法和煤气化炼铁气化炉,涉及炼铁技术领域,以解决煤气化炼铁铁矿石的一次转化率低的问题。该方法中,在气化炉内,煤粉和气化剂在气化炉内的气化区发生气化反应,生成包括一氧化碳和氢气的合成气,合成气与铁矿石在气化炉内的铁矿石还原区发生氧化还原反应,生成铁单质,其特征在于,在合成气进入铁矿石还原区之前,采取调整措施,使进入铁矿石还原区的合成气中,一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。本发明能够提高铁矿石的一次转化率。



1. 一种煤气化炼铁方法,在气化炉内,煤粉和气化剂在所述气化炉内的气化区发生气化反应,生成包括一氧化碳和氢气的合成气,所述合成气与铁矿石在所述气化炉内的铁矿石还原区发生氧化还原反应,生成铁单质,其特征在于,在所述合成气进入所述铁矿石还原区之前,采取调整措施,使进入所述铁矿石还原区的合成气中,一氧化碳和氢气占所述合成气的体积百分比之和大于或等于预设值;

所述调整措施包括以下四种措施中的至少一种:

措施一:向所述气化炉内加入一氧化碳;

措施二:向所述气化炉内加入氢气;

措施三:向所述气化炉内加入能够吸收二氧化碳和/或水蒸气的固体物质;

措施四:采出所述气化炉内的一部分气体;

所述气化炉还包括位于所述气化区和所述铁矿石还原区之间的过渡区;所述措施一在所述过渡区实施;所述措施二在所述过渡区实施;所述措施三在所述过渡区实施;所述措施四在所述气化区内的上部实施。

2. 根据权利要求1所述的煤气化炼铁方法,其特征在于,所述预设值为80%。

3. 根据权利要求1所述的煤气化炼铁方法,其特征在于,所述合成气与所述铁矿石发生氧化还原反应的温度为800℃~1000℃,压力为1.0~4.0MPa。

4. 根据权利要求1所述的煤气化炼铁方法,其特征在于,所述煤气化炼铁方法还包括:持续检测进入所述铁矿石还原区的合成气中各组分气体占所述合成气的体积百分比,根据检测结果,确定采取的所述调整措施,使所述合成气中一氧化碳和氢气占所述合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。

5. 根据权利要求1所述的煤气化炼铁方法,其特征在于,所述能够吸收二氧化碳和/或水蒸气的固体物质包括氧化钙。

6. 根据权利要求1所述的煤气化炼铁方法,其特征在于,所述措施四中采出的气体包括二氧化碳和/或水蒸气。

7. 根据权利要求1所述的煤气化炼铁方法,其特征在于,向所述气化炉内加入的所述一氧化碳部分来源于对所述气化炉的排出气体进行分离所得到的一氧化碳,向所述气化炉内加入的所述氢气部分来源于对气化炉排出气体进行分离所得到的氢气。

8. 一种煤气化炼铁气化炉,包括气化炉炉体,其特征在于,所述气化炉炉体内由底部到顶部依次包括气化区、过渡区和铁矿石还原区;所述煤气化炼铁气化炉还包括:

设置于所述气化区的底部的至少一个气化剂进气口;

设置于所述气化区的侧壁上的煤粉进料口;

设置于所述气化区的底部与所述铁矿石还原区之间,且位于所述气化炉炉体侧壁上的气相比例调整结构,用于向所述气化炉炉体内部加入和/或采出用于调整所述铁矿石还原区的一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和的物料;

设置于所述铁矿石还原区的侧壁上的铁矿石进料口;

设置于所述气化区的底部的铁单质排出口;

所述气相比例调整结构包括以下三种结构中的至少一种:

结构一:设置于过渡区的侧壁上的至少一个进气口;

结构二:设置于过渡区的侧壁的至少一个固体物料进料口;

结构三：设置于气化区的上部的侧壁上的至少一个气体采出口。

一种煤气化炼铁方法和煤气化炼铁气化炉

技术领域

[0001] 本发明涉及炼铁技术领域,尤其涉及一种煤气化炼铁方法和煤气化炼铁气化炉。

背景技术

[0002] 煤气化是指在特定的设备内,在一定温度及压力下使煤中有机质与气化剂(如水蒸汽、氧气等)发生一系列化学反应,将固体煤转化为含有一氧化碳、氢气、甲烷、二氧化碳和氮气等合成气的过程。

[0003] 煤气化炼铁是将煤气化和炼铁结合起来,利用煤气化产生的还原性气体(主要为一氧化碳和氢气)与铁矿石发生氧化还原反应,最终实现煤气化和炼铁的耦合,提高系统的能效和经济性。然而,由于煤气化的气化炉内气体组成和炼铁氧化还原反应热力学的限制,煤气化的气化炉直接产生的还原性气体无法有效地将铁矿石完全还原为铁单质,铁矿石的一次转化率很低。相关技术中,煤气化炼铁采取了在主反应炉后工序增加二次还原炉的方式,将未完全还原的铁矿石进一步还原,提高铁矿石的转化率。该方式不仅延长了煤气化炼铁系统的流程,而且增加了设备投资,降低了煤气化炼铁技术的经济性,严重制约了煤气化炼铁技术的工业化应用。

发明内容

[0004] 本发明的实施例提供一种煤气化炼铁方法和煤气化炼铁气化炉,以解决煤气化炼铁铁矿石的一次转化率的问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明的实施例采用如下技术方案:

[0006] 第一方面,本发明的实施例提供一种煤气化炼铁方法,在气化炉内,煤粉和气化剂在所述气化炉内的气化区发生气化反应,生成包括一氧化碳和氢气的合成气,所述合成气与铁矿石在所述气化炉内的铁矿石还原区发生氧化还原反应,生成铁单质,在所述合成气进入所述铁矿石还原区之前,采取调整措施,使进入所述铁矿石还原区的合成气中,一氧化碳和氢气占所述合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。

[0007] 本发明实施例提供的煤气化炼铁方法从铁矿石氧化还原反应的层面出发,通过调控进入气化炉铁矿石还原区的合成气中的一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比,使铁矿石的还原反应的平衡向提高铁单质产率的方向移动,从而提高了铁矿石的一次转化率,进而提高了铁单质的一次产率。而且,由于气化炉中铁矿石还原区中的铁矿石的一次转化率较高,从而无需再采用在气化炉后增加二次还原炉的方式进一步还原未完全还原的铁矿石,使煤气化反应和还原铁矿石生成铁单质的反应可以在同一气化炉内完成,实现了单炉煤气化炼铁,缩短了煤气化炼铁的工艺流程,提高了煤气化炼铁系统的经济性。

[0008] 可选的,所述预设值为80%。

[0009] 可选的,所述合成气与所述铁矿石发生氧化还原反应的温度为800℃~1000℃,压力为1.0~4.0MPa。

[0010] 可选的,所述煤气化炼铁方法还包括:持续检测进入所述铁矿石还原区的合成气

中各组分气体占所述合成气的体积百分比,根据检测结果,确定采取的所述调整措施,使所述合成气中一氧化碳和氢气占所述合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。

[0011] 可选的,所述调整措施包括以下四种措施中的至少一种:措施一:向所述气化炉内加入一氧化碳;措施二:向所述气化炉内加入氢气;措施三:向所述气化炉内加入能够吸收二氧化碳和/或水蒸气的固体物质;措施四:采出所述气化炉内的一部分气体。

[0012] 可选的,所述能够吸收二氧化碳和/或水蒸气的固体物质包括氧化钙。

[0013] 可选的,所述气化炉还包括位于所述气化区和所述铁矿石还原区之间的过渡区;所述措施一在所述过渡区实施;所述措施二在所述过渡区实施;所述措施三在所述过渡区实施;所述措施四在所述气化区内的上部实施。

[0014] 可选的,所述措施四中采出的气体包括二氧化碳和/或水蒸气。

[0015] 可选的,向所述气化炉内加入的所述一氧化碳部分来源于对所述气化炉的排出气体进行分离所得到的一氧化碳,向所述气化炉内加入的所述氢气部分来源于对气化炉排出气体进行分离所得到的氢气。

[0016] 第二方面,基于上述煤气化炼铁方法的技术方案,本发明的实施例还提供了一种煤气化炼铁气化炉,包括气化炉炉体,其特征在于,所述气化炉炉体内由底部到顶部依次包括气化区、过渡区和铁矿石还原区;所述煤气化炼铁气化炉还包括:设置于所述气化区的底部的至少一个气化剂进气口;设置于所述气化区的侧壁上的煤粉进料口;设置于所述气化区的底部与所述还原区之间,且位于所述气化炉炉体侧壁上的气相比例调整结构,用于向所述气化炉炉体内部加入和/或采出用于调整所述铁矿石还原区的一氧化碳和氢气占所述合成气的体积百分比之和的物料;设置于所述铁矿石还原区的侧壁上的铁矿石进料口;设置于所述气化区的底部的铁单质排出口。

[0017] 本发明实施例所提供的煤气化炼铁气化炉所能实现的有益效果,与第一方面所提供的煤气化炼铁方法所能达到的有益效果相同,在此不做赘述。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0019] 图1为本发明实施例中煤气化炼铁方法的流程图;

[0020] 图2为本发明实施例中煤气化炼铁方法的一氧化碳还原氧化铁的平衡图;

[0021] 图3为本发明实施例中煤气化炼铁方法的氢气还原氧化铁的平衡图;

[0022] 图4为本发明实施例中煤气化炼铁气化炉的结构图。

[0023] 附图标记:

[0024] 1-气化炉炉体,

2-铁矿石进料口,

[0025] 3-煤粉进料口,

4-气化剂进气口,

[0026] 41-水蒸气进气口,

42-氧气进气口,

[0027] 5-气体采出口,

51-第一气体采出口,

[0028] 52-第二气体采出口,

6-铁单质排出口,

- [0029] 7-进气口, 8-固体物料进料口,
[0030] 9-排出口, A-气化区,
[0031] B-过渡区, C-铁矿石还原区。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明申请实施例中的附图,对本发明申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明申请中的实施例,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,都属于本发明申请保护的范围。

[0033] 本发明的实施例提供一种煤气化炼铁方法,在气化炉内,煤粉和气化剂在气化炉内的气化区发生气化反应生成包括一氧化碳和氢气的合成气,合成气与铁矿石在气化炉内的铁矿石还原区发生氧化还原反应,生成铁单质,在合成气进入铁矿石还原区之前,采取调整措施,使进入铁矿石还原区的合成气中,一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。

[0034] 也就是说,本发明实施例所提供的煤气化炼铁方法可以如图1中所示,包括:

[0035] S1:使用煤粉和气化剂在气化炉内的气化区发生气化反应,生成包括一氧化碳和氢气的合成气;

[0036] S2:在合成气进入铁矿石还原区之前,采取调整措施,使进入铁矿石还原区的合成气中,一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和大于或等于预设值;

[0037] S3:使用铁矿石与调整气体组成体积百分比后的合成气,在铁矿石还原区发生氧化还原反应,生成铁单质。

[0038] 本发明中的铁单质的产率或者铁矿石的转化率,均指气化炉内的铁单质的一次产率或者铁矿石的一次转化率。

[0039] 需要说明的是,本发明实施例中所述的方向“上”,是指由气化炉的底部指向顶部的方向;方向“下”,是指由气化炉的顶部指向底部的方向。

[0040] 在气化炉内的不同区域,气相各组分的含量差异是很大的。煤粉与气化剂在气化区逆流接触发生气化反应,根据气化区的立体分布,气化区内从下到上,发生的气化反应包括:煤粉燃烧发生氧化反应产生大量热能以及烟气(包括二氧化碳和水蒸气),烟气上升与煤粉在高温下发生氧化还原反应生成富含一氧化碳和氢气的烟气,再往上煤粉在高温的作用下发生热解产生一氧化碳、氢气、烷烃等热解气,热解气与烟气混合后形成一氧化碳和氢气为主的合成气,合成气在气化炉内一边上行,一边发生着变换反应,气相中的各组分的体积百分含量逐渐达到平衡。

[0041] 上述的一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和,是指进入铁矿石还原区的合成气中,气相的一氧化碳和氢气的体积百分比之和。所述的铁矿石还原区是指在该区域中,铁矿石被合成气中的还原剂(主要为一氧化碳和氢气)还原,调整进入铁矿石还原区的合成气中气相一氧化碳和氢气的体积百分比之和的目的是提高与铁矿石反应的合成气中的还原剂的体积百分比,在其它条件相同的情况下,还原剂占合成气的体积百分比越大,越能促使铁矿石向铁单质转化,即提高铁矿石的转化率。

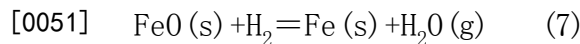
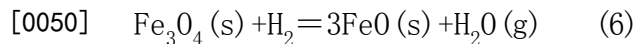
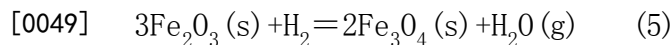
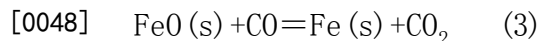
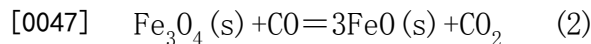
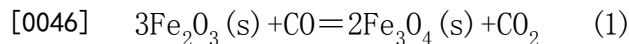
[0042] 上述气化剂为煤气化反应中所需的气体,气化剂中包含有水蒸气和氧气,例如,可

以向气化炉中通入水蒸气和氧气作为气化剂,也可以向气化炉中通入水蒸气和空气作为气化剂。上述反应过程中使用的铁矿石,可以是铁矿石粉,也可以是铁矿石颗粒等,小颗粒的铁矿石可以使铁矿石充分反应。

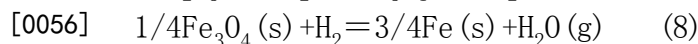
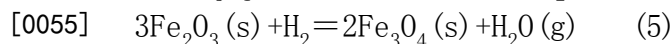
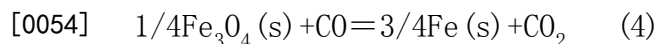
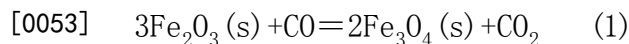
[0043] 本发明实施例提供的煤气化炼铁方法从铁矿石氧化还原反应的层面出发,通过调控通过调控进入气化炉铁矿石还原区的合成气中的一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比,使铁矿石的还原反应的平衡向提高铁单质产率的方向移动,从而提高了铁矿石的一次转化率,进而提高了铁单质的一次产率。而且,由于气化炉中铁矿石还原区中的铁矿石的一次转化率较高,从而无需再采用在气化炉后增加二次还原炉的方式进一步还原未完全还原的铁矿石,使煤气化反应和还原铁矿石生成铁单质的反应可以在同一气化炉内完成,实现了单炉煤气化炼铁,缩短了煤气化炼铁的工艺流程,提高了煤气化炼铁系统的经济性。另外需要说明的是,本发明中所述的铁单质的产率或者铁矿石的转化率,均指气化炉内的铁单质的一次产率或者铁矿石的一次转化率。

[0044] 在一些实施例中,在步骤S2中,预设值可以为80%,即合成气中一氧化碳占合成气的体积百分比加上氢气占合成气的体积百分比大于或等于80%。这是因为在采用合成气还原铁矿石制备铁单质的反应中,一氧化碳、氢气还原氧化铁(铁矿石的主要成分)的过程遵循逐级转变的原则:

[0045] 当反应温度大于570℃时,发生的反应如下:



[0052] 当反应温度小于570℃时,发生的反应如下:



[0057] 不论是一氧化碳还是氢气与铁氧化物的反应均是可逆反应,在不同的温度、气氛(反应的环境)下,铁氧化物会转化成不同的产物,为了使铁氧化物尽可能多地转化为铁单质,需要采取一定的技术手段促使上述反应,特别是反应(3)、(4)、(7)、(8)向右进行。

[0058] 根据上述反应结合由图2所示的一氧化碳还原氧化铁的平衡图可知,一氧化碳还原氧化铁的过程中,各单个氧化还原反应的平衡限度受反应温度和还原剂占比的影响。所谓平衡图也称平衡相图,是指反应达到平衡时,某一组分的浓度与温度的关系图;平衡浓度是指反应达到平衡时,反应体系气相中一氧化碳的体积百分比,一氧化碳的平衡浓度越高说明参与氧化还原反应转化的一氧化碳越少。在低温区域(570℃以下)想要获得较高的铁单质产率,一氧化碳的平衡浓度需要维持在50%左右,也即是说,参与氧化还原反应转化的一氧化碳约50%左右;而在570℃以上时,为了使氧化铁完全转化为铁单质,即促使反应(3)积极向右进行,需要控制CO的平衡浓度在60%~78%之间,相应的,参与氧化还原反应转化

的一氧化碳(即一氧化碳的转化率)约20%~30%。随着反应温度的升高,CO的平衡浓度增大,这是因为反应(3)是放热反应,温度越高,反应(3)向右进行越困难。

[0059] 同样地,根据氢气还原氧化铁的平衡图,如图3所示,为了使氧化铁更多地转化为铁单质,即促进反应(7)、(8)向右进行,需要在反应温度范围内控制氢气的平衡浓度在60%以上,即参与还原氧化铁的氢气不足40%。

[0060] 为了获得较高的铁单质产率,甚至为了使铁矿石颗粒中氧化铁完全转化为铁单质,与一氧化碳还原氧化铁类似,氢气还原氧化铁也需要维持较高的氢气平衡浓度,不同的是,随着反应温度的升高,氢气的平衡浓度是逐渐降低的,这是因为上述反应(7)和(8)都属于吸热反应,温度升高有利于反应向右进行。

[0061] 用于还原铁矿石时,合成气虽然不同于纯的一氧化碳或氢气,但其主要成分是一氧化碳和氢气,可以参考一氧化碳还原氧化铁的平衡图和氢气还原氧化铁的平衡图,获得一些理论性、方向性的指导,节约试验次数。

[0062] 由于以水蒸气和氧气为气化剂的煤气化反应生成的合成气主要成分包括一氧化碳和氢气,还包括少量的二氧化碳、水蒸气和甲烷等组分,一般情况下,合成气中一氧化碳和氢气的体积百分比之和在60%~90%,用这样的合成气还原铁矿石,铁矿石转化为铁单质的一次转化率会随着合成气中一氧化碳和氢气的体积百分比之和增加而增大。根据前述图2、图3的相图分析,在本发明的一些实施例中,通过采用适当的调整措施,使合成气中一氧化碳和氢气的体积百分比之和大于或等于80%,在合成气过量的情况下,与铁矿石发生氧化还原反应,铁矿石转化为铁单质的一次转化率能达到90%以上。

[0063] 可以理解到,由于铁矿石转化为铁单质的一次转化率会随着合成气中一氧化碳和氢气的体积百分比之和增加而增大,因此本领域技术人员也可以根据实际铁单质的一次转化率的需求,将所述预设值设置为81%、83%、85%、90%或95%等数值。本领域技术人员根据本发明的技术方案和技术构思做出的其它各种相应的改变和变形,都应属于本发明权利要求的保护范围。

[0064] 在一些实施例中,上述氧化还原反应的温度在800℃~1000℃,压力为1.0~4.0MPa。这是因为在该温度和压力范围下反应,对促进一氧化碳、氢气与铁矿石的反应比较有利,过量的合成气与铁矿石颗粒在流化状态下充分接触,高于平衡浓度(等同于气体占合成气的体积百分比)的还原剂组分(一氧化碳、氢气)迅速与铁矿石颗粒中的氧化铁发生氧化还原反应,生成铁单质和烟气(二氧化碳、水蒸汽),铁单质的一次产率能达90%以上。

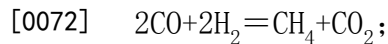
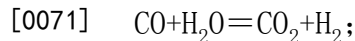
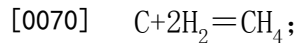
[0065] 在一些实施例中,煤气化炼铁方法还包括:持续检测进入铁矿石还原区的合成气中各组分气体占合成气的体积百分比,根据检测结果,确定采取的调整措施,使合成气中一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。

[0066] 也就是说,由于气化炉内的气体环境是实时变化的,上述持续检测进入铁矿石还原区的合成气中各组分气体占合成气的体积百分比的步骤,在整个煤气化炼铁的过程中持续进行、实时检测。实际实施时,可以在气化炉的炉体的侧壁上设置取样口,对气化炉内相应部位的气体进行动态取样,待检测气体通过取样口进入分析检测仪器,所述分析检测仪器定时检测气体组成,生产人员可以依据分析检测结果调控气化炉内铁矿石还原区的气体组成的比例,从而确保铁矿石发生还原反应的过程中,合成气中一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和在预设的范围内。

[0067] 在一些实施例中,调整措施包括以下四种措施中的至少一种:措施一:向气化炉内加入一氧化碳;措施二:向气化炉内加入氢气;措施三:向气化炉内加入能够吸收二氧化碳和/或水蒸气的固体物质;措施四:采出气化炉内的一部分气体。

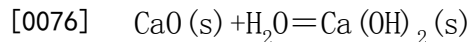
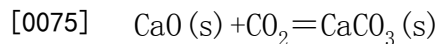
[0068] 也就是说,一方面,上述调整措施中,可以通过向气化炉中添加还原剂的方式,调整合成气中还原剂(一氧化碳和氢气)占合成气的体积百分比,从而使炼铁反应的平衡向生成铁单质的方向移动。

[0069] 向气化炉中加入一定流量的一氧化碳,和/或,向气化炉中加入一定流量的氢气,一氧化碳和氢气与气化炉内下部上升的煤气化之后的粗煤气(合成气中还混有未完全反应的煤粉)汇合,该过程不仅存在物理混合,同时存在化学反应,在混合区域发生的影响气体组成的主要化学反应有:



[0073] 由上述反应可以看出,通入的一氧化碳和氢气会被消耗一部分。所以采用向气化炉内加入一氧化碳和/或氢气的调整措施时,加入的一氧化碳和氢气要适当过量。

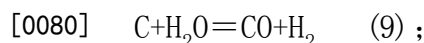
[0074] 另一方面,上述调整措施中,也可以通过向气化炉内添加固体的方式,调整合成气中还原剂占合成气的体积百分比。所添加的固体需要具有一定机械强度,可以是天然矿石也可以是复合物料。而且,加入的固体需满足可以与二氧化碳反应的条件,或者需满足能够与水蒸气反应的条件,从而消耗产物气体的含量,进而达到改变气化炉内气体气相组成的目的。另外,添加固体后的气化炉内,还需满足不产生阻碍铁矿石还原的反应和物质,不改变铁矿石氧化还原的目标产物。在一些实施例中,该固体可以选择氧化钙,示例性的,可以选择氧化钙固体颗粒或氧化钙粉末。气化炉中加入氧化钙后可以发生如下反应:



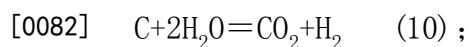
[0077] 气化炉中加入氧化钙,能够减少气化炉中二氧化碳和水蒸气的含量,进而提高了一氧化碳和氢气在合成气中所占的比例,而且加入氧化钙不产生阻碍铁矿石还原的物质,可以很好地达到调控气化炉中气体组成的目的。

[0078] 再一方面,还可以通过从气化炉中采出气体的方式,调整合成气中还原剂占合成气的体积百分比。在一些实施例中,该方式采出的气体主要包括水蒸气和/或二氧化碳为主。

[0079] 在煤气化反应后产生的气体,它们之间也会继续发生化学反应,同时,煤气化反应后产生的气体与煤气化反应后气体夹带的煤渣飞灰中未完全反应的碳也会发生反应。在气化炉内的气化区,自下而上会形成一定的气体组成分布,下部以水蒸气和二氧化碳为主,随着气体的上升会继续发生化学反应:



[0081] 而当存在过量的水蒸气时,发生的反应为:



[0083] 因此,当减少水蒸气的量时,生成一氧化碳的反应(9)发挥主要作用,气化炉中一氧化碳和氢气的量增加,最终使得一氧化碳和氢气的体积之和占合成气总体积的百分比增

加。

[0084] 另外,气化炉的底部由于通入水蒸气作为气化剂和流化介质,因此,气化炉下部的水蒸汽为过量的状态,相较于其他气体组成,气化炉下部的气体中,水蒸气的含量较高。根据反应(10),过量的水蒸气可以与碳反应生成二氧化碳,因此,气化炉内的气化区,从下到上的方向上,水蒸气的气体体积比例会逐渐减小,二氧化碳的气体体积比例会逐渐增大。在采用采出气化炉内的一部分气体的调整措施时,如果气体采出口的位置在气化区内相对偏下,采出的水蒸气的含量会相较于其他气体组成偏高;如果气体采出口的位置在气化区内相对偏上,采出的二氧化碳的含量会相较于其他气体组成偏高。

[0085] 在一些实施例中,气化炉还包括位于气化区和铁矿石还原区之间的过渡区。措施一可以在过渡区实施,措施二也可以在过渡区实施,措施三也可以在过渡区实施,从而使还原剂占合成气的体积百分比在合成气进入铁矿石还原区之前即调整到合适的比例范围,更有利于提高铁矿石的一次转化率。另外根据上述分析可知,措施四可以在气化区内的上部实施,从而根据实际需要采出适量的水蒸气和二氧化碳。

[0086] 在一些实施例中,向气化炉内加入的一氧化碳部分来源于对气化炉的排出气体进行分离所得到的二氧化碳,向气化炉内加入的氢气部分来源于对气化炉排出气体进行分离所得到的氢气,从而实现了对气化炉排出的气体进行回收再利用,节省资源和成本。

[0087] 如图4所示,基于上述煤气化炼铁方法的技术方案,本发明的实施例还提供了一种煤气化炼铁气化炉,包括气化炉炉体1,气化炉炉体1内由底部到顶部气体呈现梯度分布,根据气化炉炉体1内不同的区域发生的反应特点,可以将气化炉炉体1内由底部到顶部依次划分为气化区A、过渡区B和铁矿石还原区C;煤气化炼铁气化炉还包括:设置于气化区的底部的至少一个气化剂进气口4;设置于气化区A的侧壁上的煤粉进料口3;设置于气化区A的底部与铁矿石还原区C之间的侧壁上的气相比比例调整结构,用于向气化炉炉体1内部加入和/或采出用于调整铁矿石还原区C的一氧化碳和氢气占所述合成气的体积百分比之和的物料;设置于铁矿石还原区C的侧壁上的铁矿石进料口2;设置于气化区A的底部的铁单质排出口6。

[0088] 需要说明的是,图4中相应物料口、管线或通道上的箭头放向为物料的流动放向。

[0089] 本发明实施例所提供的煤气化炼铁气化炉所能实现的有益效果,与上述所提供的煤气化炼铁方法所能达到的有益效果相同,在此不做赘述。

[0090] 上述气化区A主要发生煤气化反应,铁矿石还原区C主要发生铁矿石与还原剂的氧化还原反应,气化区A与还原区C之间的过渡区B,可以用于对将要参与还原铁矿石的合成气进行气体气相比比例调整。

[0091] 在气化区A加入煤粉以及气化剂(包括氧气、水蒸气等),其中气化剂可以从气化剂进气口4加入气化炉炉体1内部,该气化剂进气口4可以在一个进气口中同时通入反应所需比例的水蒸气和氧气(或空气);该气化剂进气口4也可以为输入不同气化剂的多个进气口,例如图4所示的水蒸气进气口41和氧气进气口42。

[0092] 气化炉炉体1内的底部还可以设置与气化剂进气口一一对应的气室,气室与气化区连通,气化剂可以从对应的气化剂进气口进入气室,然后通过气室进入气化区。

[0093] 煤与气化剂在气化区发生气化反应生成包括一氧化碳和氢气的合成气和热量,合成气及部分热量向上进入铁矿石还原区C。在从气化区A到还原区C的过渡区B中通过气相比

例调整结构输送的物料,可以使一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和大于或等于预设值。在铁矿石还原区C加入铁矿石粉,铁矿石粉与调整比例后的合成气发生氧化还原反应,可以生成铁单质和贫煤气(煤气中的一氧化碳和氢气的含量比较低),铁单质由于密度较大,会发生下落,从气化炉底部的铁单质排出口6排出。

[0094] 在一些实施例中,煤气化炼铁气化炉还包括设置于铁矿石还原区C顶部的排出口9,用于排出气化炉炉体内的气体(例如反应后的粗煤气)及煤灰。煤气化的灰渣可以以飞灰形式从气化炉炉体1顶部的排出口9排出,然后进入后续旋风分离等流程,使煤灰与气体进行分离。

[0095] 在一些实施例中,气相比比例调整结构包括如下三种结构中的至少一种:

[0096] 结构一:设置于过渡区B的侧壁上的至少一个进气口7;

[0097] 结构二:设置于过渡区B的侧壁的至少一个固体物料进料口8;

[0098] 结构三:设置于气化区A的上部的侧壁上的至少一个气体采出口5;

[0099] 其中,进气口用于向气化炉炉体1内输入一氧化碳和/或氢气;固体物料进料口8用于向气化炉炉体1内输入能够吸收二氧化碳和/或水蒸气的固体物质,例如从固体物料进料口8向气化炉炉体1中喷射氧化钙粉末或者氧化钙颗粒;气体采出口用于从气化炉炉体中采出二氧化碳和/或水蒸气。

[0100] 示例性的,上述进气口7可以设置两个,其中一个用于向气化炉炉体1内输入一氧化碳,另一个用于向气化炉炉体1内输入氢气;或者,上述进气口7也可以设置为一个,该进气口7与输送一氧化碳和氢气的管线相连,当需要向气化炉炉体1内输入一氧化碳时,管线内的一氧化碳即可通过进气口7进入气化炉炉体1;当需要向气化炉炉体1内输入氢气时,管线内的氢气即可通过进气口7进入气化炉炉体1;当需要同时向气化炉炉体1内输入一氧化碳和氢气时,一氧化碳和氢气可以通过进气口7同时进入气化炉炉体1。

[0101] 上述气体采出口5可以设置两个,分别为第一气体采出口51和第二气体采出口52。其中,可以根据实际生产需要将第二气体采出口52设置在第一气体采出口51的下方,以使第二气体采出口52中采出的水蒸气的含量相较于其他气体组成的含量高,第一气体采出口51中采出的二氧化碳的含量相较于其他气体组成的含量高。

[0102] 在一些实施例中,煤气化炼铁气化炉还包括:设置于铁矿石还原区C的侧壁上的取样口(图中未示出),以及与取样口连接并设置于气化炉炉体外部的气体组成检测装置(图中未示出);气化炉炉体内的待检测气体由取样口进入气体组成检测装置,从而实时监测铁矿石还原区C内的气体组成,以获知铁矿石还原区C内一氧化碳和氢气占合成气的体积百分比之和是否满足大于或等于预设值,以便根据检测结果及时采取调整措施。由于从取样口取样的气体通常为高温气体,因此,对气体取样并检测的过程中,还可以将从取样口取样的气体进行降温处理,再将取样气体输入气体组成检测装置中进行检测。

[0103] 本发明提供的实施例将煤气化反应和铁矿石还原制铁耦合起来,并通过控制煤气化炼铁气化炉内铁矿石还原区的气体组成的比例,使铁矿石的转化率大幅提高,与常规煤气化炼铁方法中铁矿石的一次转化率(铁单质的一次产率)在40%~60%相比,本发明实施例铁单质的产率可以达到90%以上,同时,本发明实施例在一个煤气化炼铁气化炉内同时完成煤气化反应和铁矿石还原反应,缩短了煤气化炼铁的流程,降低了成本。

[0104] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何

熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

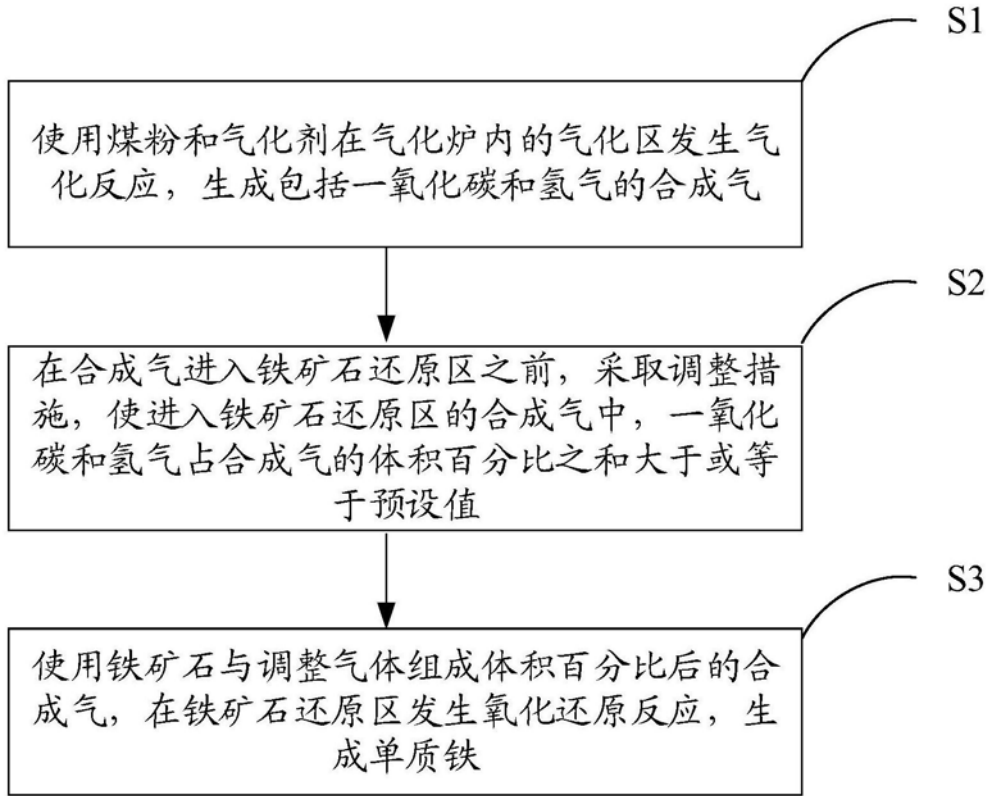


图1

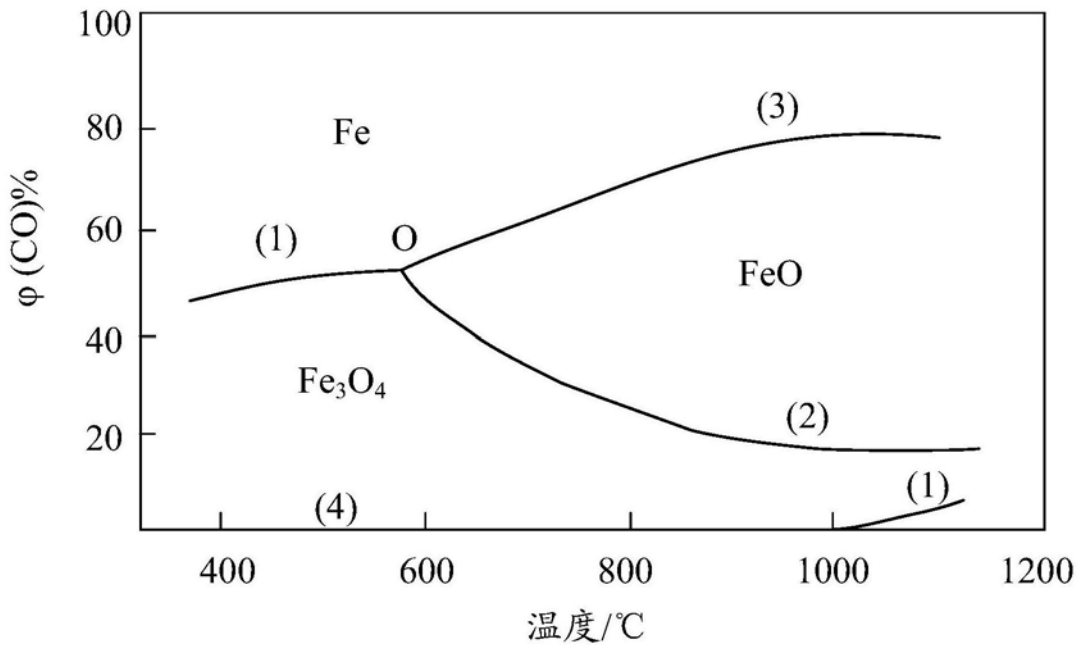


图2

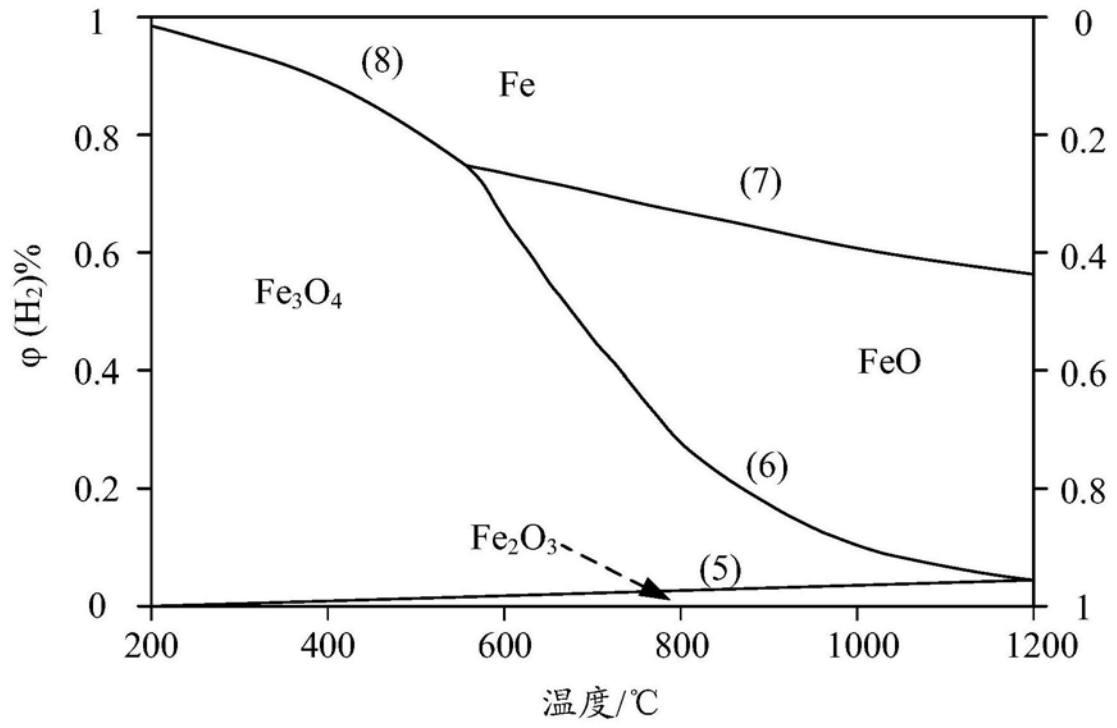


图3

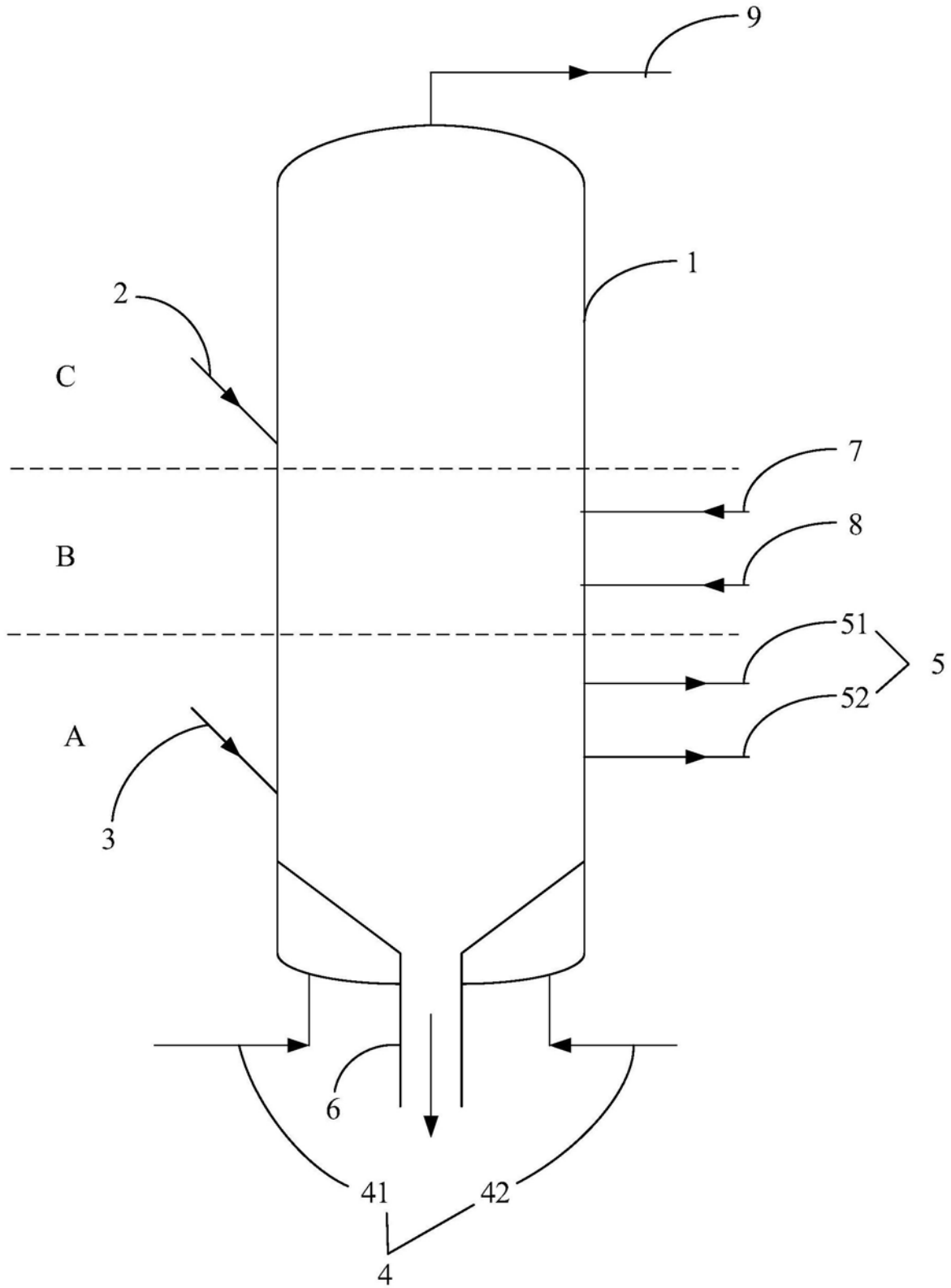


图4