



## (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207130292 U

(45)授权公告日 2018.03.23

(21)申请号 201720904214.0

(22)申请日 2017.07.24

(73)专利权人 江苏省冶金设计院有限公司

地址 210019 江苏省南京市大光路太阳沟  
44号

(72)发明人 冯鲁兴 唐敬坤 韩志彪 邓君  
曹志成 汪勤亚 吴道洪

(74)专利代理机构 北京律和信知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11446

代理人 王月春 武玉琴

(51)Int.Cl.

G21B 13/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

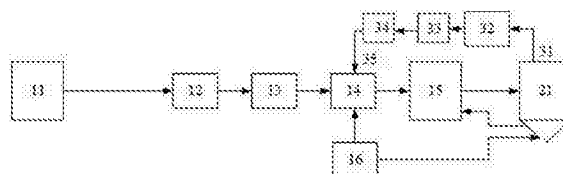
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

### (54)实用新型名称

一种竖炉生产直接还原铁的系统

### (57)摘要

本实用新型涉及一种竖炉生产直接还原铁的系统,该系统包括制备竖炉还原气的子系统和气基竖炉,制备竖炉还原气的子系统包括依次连接的转炉、热解炉、除尘器、脱硫塔、气体混合器和加热炉。加热炉与气基竖炉连接。该系统采用转炉炼钢、低阶煤热解与直接还原工艺设备进行耦合,既可经济有效地利用转炉煤气,又可降低热解设备、气基直接还原设备投资,降低直接还原铁生产成本。



1. 一种竖炉生产直接还原铁的系统,其特征在于,所述系统包括制备竖炉还原气的子系统和气基竖炉,所述制备竖炉还原气的子系统包括转炉、热解炉、除尘器、脱硫塔、气体混合器和加热炉,

所述转炉包括转炉煤气出口;所述热解炉包括第一气体入口、低阶煤入口和第二气体出口;所述除尘器包括第二气体入口和第三气体出口;所述脱硫塔包括第三气体入口和第四气体出口;所述气体混合器包括除第四气体入口、氢气入口和还原气出口;所述加热炉包括还原气入口、加热炉燃料气入口和热还原气出口;所述气基竖炉包括热还原气入口、矿料入口和设置在竖炉顶部的竖炉炉顶气出口;

所述转炉的转炉煤气出口连接所述热解炉的第一气体入口,所述热解炉的第二气体出口连接所述除尘器的第二气体入口,所述除尘器的第三气体出口连接所述脱硫塔的第三气体入口,所述脱硫塔的第四气体出口连接所述气体混合器的第四气体入口,所述气体混合器的还原气出口连接所述加热炉的还原气入口,所述加热炉的热还原气出口连接所述气基竖炉的热还原气入口。

2. 根据权利要求1所述的竖炉生产直接还原铁的系统,其特征在于,所述制备竖炉还原气的子系统还包括提氢装置,所述提氢装置包括精脱焦炉煤气入口、氢气出口和第五气体出口,所述氢气出口连接所述气体混合器的氢气入口。

3. 根据权利要求2所述的竖炉生产直接还原铁的系统,其特征在于,所述气基竖炉还包括第五气体入口和加热后第五气体出口,所述第五气体入口连接所述提氢装置的第五气体出口,所述加热后第五气体出口与所述加热炉燃料气入口连接。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的竖炉生产直接还原铁的系统,其特征在于,

所述系统还包括竖炉炉顶气循环系统,其包括所述气基竖炉的竖炉炉顶气出口、设置在所述气体混合器上的竖炉炉顶气入口、以及依次设置在所述竖炉炉顶气出口和所述竖炉炉顶气入口之间的洗涤塔和脱硫脱碳装置。

## 一种竖炉生产直接还原铁的系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型总地涉及生产直接还原铁领域,具体涉及一种竖炉生产直接还原铁的系统。

### 背景技术

[0002] 目前,冶金工业中直接还原铁的生产工艺主要有煤基法和气基竖炉法两种。通过气基竖炉生产的直接还原铁是代替废钢并优于废钢的炼钢原料,是稀释废钢中的错杂元素、发展电炉炼钢必不可少的纯净铁原料。由于气基竖炉生产技术污染小、能耗低,被认为是钢铁工业发展中最有可能替代高炉的冶金技术。而我国“缺油、少气、富煤”的资源结构,限制了国外通用的以天然气为还原气源的竖炉直接还原技术在国内的推广应用。因此,开发推广以煤制气为气源的气基竖炉直接还原技术在国内具有广阔的发展空间。

[0003] 气基竖炉直接还原技术对入炉的还原气体成分的要求较为严格,例如,Midrex工艺要求还原气中 $(\text{CO}+\text{H}_2)>90\%$ , $\text{H}_2/\text{CO}\approx 1.6$ ,而HYL III工艺要求还原气中 $(\text{CO}+\text{H}_2)>90\%$ , $\text{H}_2/\text{CO}\approx 3.6$ 。还原气体为富氢气体具有以下优势:(1)在高于 $815^\circ\text{C}$ 的温度下,氢气还原速度是CO的5-6倍;(2)CO还原过程中,球团易产生膨胀、碎裂等现象,而用氢还原时这些现象几乎不会出现;(3)在升降温过程中,能够有效地避免严重析碳的发生。

[0004] 但是,现有的煤制气技术产生的气体中 $\text{H}_2/\text{CO}$ 大部分都小于1.5。只有鲁奇移动床加压气化技术产生的气体中 $\text{H}_2/\text{CO}$ 为1.6,但是有效气体成分 $(\text{CO}+\text{H}_2)$ 只有65%左右。为了满足气基竖炉直接还原工艺对还原气组成成分的要求,煤制气技术必须增加煤气转换装置,通过水煤气反应,增加还原气体中 $\text{H}_2$ 的含量,而此方法将直接导致生产工序的增加和能耗的提高。

[0005] 综上所述,开发出一种能够提高还原气体中 $\text{H}_2/\text{CO}$ 比值和有效气体成分 $(\text{CO}+\text{H}_2)$ 含量的技术,成为煤制气—气基竖炉直接还原技术工业化应用的关键所在。

[0006] 转炉炼钢在吹炼期间产生大量煤气,其温度达 $1400-1600^\circ\text{C}$ ,煤气中CO含量达到60-85%,其发热值达 $7\text{MJ}/\text{m}^3$ 以上。由于煤气温度和CO含量高,出炉口后遇到空气就立即燃烧。近年来国内外对煤气处理主要包括:(1)将煤气随意燃烧后经降温、除尘后放散,其不足为污染环境且浪费大量资源;(2)煤气回收利用。煤气回收利用存在的主要问题在于:转炉烟气中的物理显热在汽化冷却的过程中全部被浪费,由于转炉的烟气量很大,因此,此种浪费是惊人的;同时氧和煤气反应不充分时,存在剩余的氧和剩余的煤气共存的情形,存在安全隐患。汽化冷却不仅浪费了转炉烟气的大量显热,而且还要消耗大量的水,可回收的煤气量少,即吨钢回收煤气只有 $70\text{m}^3$ ,单位发热值只有 $5\text{MJ}/\text{m}^3$ 左右。

### 实用新型内容

[0007] 本实用新型的目的在于提供一种竖炉生产直接还原铁的系统。该系统充分利用转炉煤气热解低阶煤,获取热解气,也能够利用转炉煤气显热,节约能源。热解气经转炉煤气稀释后,甲烷含量明显降低,省却煤制气重整流程,节省设备投资,降低生产成本。

[0008] 本实用新型提供了一种竖炉生产直接还原铁的系统,其中,所述系统包括制备竖炉还原气的子系统和气基竖炉,所述制备竖炉还原气的子系统包括转炉、热解炉、除尘器、脱硫塔、气体混合器和加热炉。所述转炉包括转炉煤气出口;所述热解炉包括第一气体入口、低阶煤入口和第二气体出口;所述除尘器包括第二气体入口和第三气体出口,所述脱硫塔包括第三气体入口和第四气体出口;所述气体混合器包括第四气体入口、氢气入口和还原气出口;所述加热炉包括所述还原气入口、加热炉燃料气入口和热还原气出口;所述气基竖炉包括热还原气入口、矿料入口和设置在竖炉顶部的竖炉炉顶气出口。所述转炉的转炉煤气出口连接所述热解炉的第一气体入口,所述热解炉的第二气体出口连接所述除尘器的第二气体入口,所述除尘器的第三气体出口连接所述脱硫塔的第三气体入口,所述脱硫塔的第四气体出口连接所述气体混合器的第四气体入口,所述气体混合器的还原气出口连接所述加热炉的还原气入口,所述加热炉的热还原气出口连接所述气基竖炉的热还原气入口。

[0009] 优选地,根据上述的竖炉生产直接还原铁的系统,其中,所述制备竖炉还原气的子系统还包括提氢装置,所述提氢装置包括精脱焦炉煤气入口、氢气出口和第五气体出口,所述氢气出口连接所述气体混合器的氢气入口。

[0010] 更优选地,根据上述的竖炉生产直接还原铁的系统,其中,所述气基竖炉还包括第五气体入口和加热后第五气体出口,所述第五气体入口连接所述提氢装置的第五气体出口,所述加热后第五气体出口与所述加热炉燃料气入口连接。

[0011] 再优选地,根据上述的竖炉生产直接还原铁的系统,其中,所述系统还包括竖炉炉顶气净化循环系统,其包括所述气基竖炉的竖炉炉顶气出口、设置在所述气体混合器的竖炉炉顶气入口、以及依次设置在所述竖炉炉顶气出口和所述竖炉炉顶气入口之间的洗涤塔和脱硫脱碳装置。具体地,所述洗涤塔用于对气基竖炉炉顶气洗涤得到洗涤后尾气;所述脱硫脱碳装置用于脱除所述洗涤后尾气中的CO和硫得到净化的炉顶气;所述净化的炉顶气进入所述气体混合器,成为所述还原气的一部分。

[0012] 本实用新型还提供了一种通过上述的竖炉生产直接还原铁的系统生产直接还原铁的方法,其中,所述方法包括:

[0013] (1) 低阶煤热解:从第一气体入口和低阶煤入口,分别向热解炉中通入转炉煤气和低阶煤,使所述低阶煤热解,并得到调质转炉煤气,其中,所述转炉煤气的温度为800~1100℃;

[0014] (2) 除尘和脱硫:所述调质转炉煤气经由第二气体入口通入除尘器中进行除尘处理,得到除尘后的调质转炉煤气,并从第三气体出口排出,所述除尘后的调质转炉煤气经由第三气体入口通入脱硫塔中进行脱硫处理,得到除尘脱硫后的调质转炉煤气,并从第四气体出口排出;

[0015] (3) 调氢:将所述除尘脱硫后的调质转炉煤气和氢气分别经由第四气体入口和氢气入口通入气体混合器进行混合,得到还原气;

[0016] (4) 加热:使所述还原气在加热炉中被加热至900~1000℃,得到热还原气;

[0017] (5) 直接还原:使所述热还原气在气基竖炉中与铁矿料接触,将所述铁矿料还原,得到直接还原铁,并将炉顶气经竖炉炉顶气出口排出。其中,步骤(1)中的转炉煤气的主要成分为CO 62~68%、CO<sub>2</sub> 16~24%、N<sub>2</sub> 10~18%,低阶煤可以为低阶煤团或低阶煤颗粒,所

述低阶煤球团的粒径为4~12mm,所述低阶煤颗粒的粒径为3~8mm。

[0018] 优选地,根据上述的生产直接还原铁的方法,其中,步骤(3)中所述还原气中 $H_2/CO$ 的摩尔比为1.5~5.0。

[0019] 优选地,根据上述的生产直接还原铁的方法,其中,所述方法还包括焦炉煤气氢气分离步骤:在提氢装置中,使焦炉煤气经变压吸附法分离,得到氢气和第五气体,所得到的氢气通入所述气体混合器中,用于步骤(3)中,与除尘脱硫后的调质转炉煤气混合。其中,氢气的纯度大于99体积%。其中,所述焦炉煤气为经除尘、脱硫、脱碳处理后的焦炉煤气。

[0020] 优选地,根据上述的生产直接还原铁的方法,步骤(2)中得到的所述调质转炉煤气中含有( $CO+H_2$ )的体积百分比为65~80%、 $CO_2$  10~20%, $CH_4$  0.1~0.5%, $N_2$  9~16%。

[0021] 优选地,根据上述的生产直接还原铁的方法,其中,所述方法还包括如下步骤:将所述提氢装置得到的第五气体送入所述气基竖炉中,对所述直接还原铁进行冷却,得到加热后的第五气体,并将所述加热后的第五气体,用作步骤(4)中所述加热炉的燃料气。具体地,所述第五气体从所述气基竖炉冷却段底部进入所述气基竖炉后,与直接还原铁充分接触换热后,再进入所述加热炉作燃料气。

[0022] 优选地,根据上述的生产直接还原铁的方法,其中,所述方法还包括竖炉炉顶气循环步骤:采用竖炉炉顶气循环系统,使从所述竖炉炉顶气出口排出的炉顶气,依次经洗涤塔洗涤以及脱硫脱碳装置的脱硫脱碳处理后,得到净化后的炉顶气,使所述净化后的炉顶气用作还原气,通入所述气体混合器中,与步骤(3)得到的还原气混合。

[0023] 本实用新型的有益效果体现在如下几方面:

[0024] (1) 转炉煤气作为低阶煤热解的热源,避免了转炉煤气显热损失,获得热解煤气的同时降低了转炉煤气中的 $CO_2$ 含量;节省了热解炉加热元件及热源的投资,节能环保;

[0025] (2) 将焦炉煤气分离为高纯氢气和燃料气,利用焦炉煤气的同时,避免了焦炉煤气中 $CH_4$ 对后续还原过程的不利影响,又有效利用了其中的氢气来提高所需还原气的 $H_2/CO$ , $H_2/CO$ 可在1.5~5.0之间调节。焦炉煤气分离出的燃料气先作气基竖炉冷却段的冷却气,吸热后用作加热炉的燃料气,使直接还原铁(DRI)显热得到有效利用,节约能源;

[0026] (3) 本实用新型提供的竖炉生产直接还原铁的系统及其方法采用转炉炼钢、低阶煤热解与直接还原工艺设备进行耦合,既可经济有效地利用转炉煤气,又可降低热解设备、气基直接还原设备投资,降低直接还原铁生产成本。

## 附图说明

[0027] 图1为一种竖炉生产直接还原铁的系统结构图;以及

[0028] 图2为一种合成竖炉还原气生产直接还原铁的工艺流程图;

[0029] 附图标记说明:

[0030] 11、热解炉;12、除尘器;13、脱硫塔;14、气体混合器;15、加热炉;16、提氢装置;21、气基竖炉;31、炉顶气出口;32、洗涤塔;33、脱碳塔;34、第二脱硫塔;35、炉顶气入口。

## 具体实施方式

[0031] 以下结合附图和实施例,对本实用新型的具体实施方式进行更加详细的说明,以便能够更好地理解本实用新型的方案以及其各个方面的优点。然而,以下描述的具体实施

方式和实施例仅是说明的目的,而不是对本实用新型的限制。

[0032] 如图1所示,本实用新型提供了一种竖炉生产直接还原铁的系统,其中,所述系统包括制备竖炉还原气的子系统和气基竖炉21,所述制备竖炉还原气的子系统包括转炉、热解炉11、除尘器12、脱硫塔13、气体混合器14和加热炉15。所述转炉包括转炉煤气出口;所述热解炉11包括第一气体入口、低阶煤入口和第二气体出口;所述除尘器12包括第二气体入口和第三气体出口,所述脱硫塔13包括第三气体入口和第四气体出口;所述气体混合器14包括第四气体入口、氢气入口和还原气出口;所述加热炉15包括所述还原气入口和热还原气出口;所述气基竖炉21包括热还原气入口、矿料入口和设置在竖炉顶部的竖炉炉顶气出口。所述转炉的转炉煤气出口连接所述热解炉的第一气体入口,所述热解炉11的第二气体出口连接所述除尘器12的第二气体入口,所述除尘器12的第三气体出口连接所述脱硫塔13的第三气体入口,所述脱硫塔13的除尘脱硫调质转炉煤气出口连接所述气体混合器14的第四气体入口,所述气体混合器14的还原气出口连接所述加热炉15的还原气入口,所述加热炉15的热还原气出口连接所述气基竖炉21的热还原气入口。

[0033] 在一种实施方案中,所述热解炉11的第一气体入口设置在所述热解炉11的底部,低阶煤入口设置在所述热解炉11的顶部或侧壁的上部,这样,使得转炉煤气从所述热解炉11的底部通入,所述热解炉11内上升的转炉煤气与下行的低阶煤球团或颗粒进行充分换热,将低阶煤球团或颗粒加热到700-1000℃,优选的是800-950℃,促使低阶煤发生热解反应。所述热解炉11的第二气体出口设置在所述热解炉11的中上部,使得调质转炉煤气从所述热解炉11的中上部经煤气管道排出。所述热解炉11还具有固体产物出口,用于排出热解的固体产物例如兰炭。该热解炉是用于对转炉煤气进行初步净化,同时利用转炉煤气显热热解低阶煤产生热解气,达到调质转炉煤气的目的,并促使转炉煤气中的CO<sub>2</sub>发生布多尔反应,进一步降低CO<sub>2</sub>含量。在一种实施方案中,所述制备竖炉还原气的子系统还包括提氢装置16,所述提氢装置16包括精脱焦炉煤气入口、氢气出口和第五气体出口,所述氢气出口连接所述气体混合器14的氢气入口。提氢装置16为PSA变压吸附提氢装置,其用于对精脱焦炉煤气分离氢气和燃料气。

[0034] 在一种实施方案中,气体混合器14用于将净化后的调质转炉煤气、氢气和净化后的炉顶气混合,所得混合气作为冷还原气进入所述加热炉15加热。

[0035] 所述加热炉15用于将还原气加热至900-1000℃,为竖炉还原反应提供热源。

[0036] 在一种实施方案中,所述气基竖炉21还包括第五气体入口和加热后第五气体出口,所述第五气体入口用于接收所述提氢装置分离得到的第五气体,所述加热后第五气体出口用于向所述气体混合器传输加热后的第五气体。所述气基竖炉21还包括还原铁出口,该气基竖炉21是用于利用还原气及球团矿生产直接还原铁,并产生炉顶气。气基竖炉21还包括第五气体入口设置在所述气基竖炉21冷却段底部。

[0037] 在一种实施方案中,所述系统还包括炉顶气净化循环系统,其包括设置在所述气基竖炉顶部的炉顶气出口31、设置在所述气体混合器的炉顶气入口35、以及依次设置在所述炉顶气出口和所述炉顶气入口之间的洗涤塔32、脱碳塔33和第二脱硫塔34,用于净化所述气基竖炉的炉顶气。具体地,所述洗涤塔32用于对气基竖炉炉顶气洗涤得到洗涤后尾气;所述脱碳塔33用于脱除所述洗涤后尾气中的CO<sub>2</sub>,得到脱碳尾气;所述第二脱硫塔34主要用于脱除所述脱碳后尾气中的硫得到脱硫尾气;所述脱硫尾气可以用作所述气基竖炉21的还

原气,进入所述气体混合器14,与第一脱硫塔13输出的还原气混合,一起送入气基竖炉21。

[0038] 如图2所示,本实用新型还提供了一种通过上述的竖炉生产直接还原铁的系统生产直接还原铁的方法,其中,所述方法包括:

[0039] (1) 低阶煤热解:从第一气体入口和低阶煤入口,分别向热解炉中通入转炉煤气和低阶煤,使所述低阶煤热解,得到调质转炉煤气,其从第二气体出口排出,其中,所述转炉煤气的温度为800-1100℃。

[0040] 具体地,未经处理的转炉煤气经降温装置降温至800-1100℃,优选为850-1050℃,直接从热解炉的底部通入,热解炉内上升的转炉煤气与下行的低阶煤球团或低阶煤颗粒进行充分换热,将低阶煤球团或低阶煤颗粒加热到700-1000℃,优选为800-950℃,促使低阶煤发生热解反应。同时转炉煤气中的CO<sub>2</sub>部分发生布多尔反应(CO<sub>2</sub>+C—2CO),转化为CO。最终,转炉煤气与生成的热解气形成调质转炉煤气,并从热解炉的中上部经煤气管道排出。其中,转炉煤气的主要成分为CO 62-68%,CO<sub>2</sub> 16-24%,N<sub>2</sub> 10-18%,低阶煤可以为低阶煤球团和/或低阶煤颗粒,低阶煤球团的粒径为4-12mm,低阶煤颗粒的粒径为3-8mm。转炉煤气作为低阶煤热解的热源,避免了转炉煤气显热损失,获得热解煤气的同时降低了转炉煤气中的CO<sub>2</sub>含量。

[0041] (2) 除尘和脱硫:所述调质转炉煤气经由第二气体入口通入除尘器中进行除尘处理,得到除尘后的调质转炉煤气,并从第三气体出口排出,所述除尘后的调质转炉煤气经由第三气体入口通入脱硫塔中进行脱硫处理,得到除尘脱硫后的调质转炉煤气,并从第四气体出口排出。具体地,所述除尘器为旋风除尘器,除尘脱硫后的调质转炉煤气的含硫量在15ppm以下。

[0042] (3) 调氢:将所述除尘脱硫后的调质转炉煤气和氢气分别经由第四气体入口和氢气入口通入气体混合器进行混合,得到还原气。

[0043] (5) 加热:使所述还原气在加热炉中被加热至900-1000℃,得到热还原气。

[0044] (6) 直接还原:使所述热还原气在气基竖炉中与铁矿料接触,将所述铁矿料还原,得到直接还原铁,并将炉顶气经竖炉炉顶气出口排出。

[0045] 在一种实施方案中,其中,步骤(3)中所述还原气中H<sub>2</sub>/CO的摩尔比为1.5-5.0。

[0046] 在一种实施方案中,其中,所述方法还包括焦炉煤气氢气分离步骤:在提氢装置中,使焦炉煤气经变压吸附法分离,得到氢气和第五气体,所得到的氢气通入所述气体混合器中,用于步骤(3)中,与除尘脱硫后的调质转炉煤气混合。其中,氢气的纯度大于99体积%。将焦炉煤气分离为高纯氢气和第五气体(燃料气),利用焦炉煤气的同时,避免了焦炉煤气中CH<sub>4</sub>对后续还原过程的不利影响,又有效利用了其中的氢气来提高所需还原气的H<sub>2</sub>/CO。其中,所述焦炉煤气为经除尘、脱硫、脱碳处理后的焦炉煤气。

[0047] 在一种实施方案中,其中,调质转炉煤气的(CO+H<sub>2</sub>)为65-80%,优选为70-75%,而调质转炉煤气中CO<sub>2</sub> 10-20%,CH<sub>4</sub> 0.1-0.5%,N<sub>2</sub> 9-16%。

[0048] 在一种实施方案中,其中,所述方法还包括如下步骤:将所述提氢装置得到的第五气体送入所述气基竖炉中,对所述直接还原铁进行冷却,得到加热后的第五气体,并将所述加热后的第五气体,用作步骤(4)中所述加热炉的燃料气。具体地,所述第五气体从所述气基竖炉冷却段底部进入所述气基竖炉后,与直接还原铁充分接触换热后,再进入所述加热炉作燃料气。焦炉煤气分离出的燃料气先作气基竖炉冷却段的冷却气,吸热后用作加热炉

的燃料气,使直接还原铁(DRI)显热得到有效利用,节约能源。

[0049] 在一种实施方案中,其中,步所述方法还包括竖炉炉顶气循环步骤:采用竖炉炉顶气循环系统,使从所述竖炉炉顶气出口排出的炉顶气,依次经洗涤塔洗涤以及脱硫脱碳装置的脱硫脱碳处理后,得到净化后的炉顶气,使所述净化后的炉顶气用作还原气,通入所述气体混合器中,与步骤(3)得到的还原气混合。

[0050] 实施例1

[0051] 本实施例1利用图1所示系统并采用图2所示的一种合成竖炉还原气生产直接还原铁的工艺流程实施,具体如下:

[0052] 转炉煤气 $25000\text{Nm}^3/\text{h}$ ,入热解炉温度 $1050^\circ\text{C}$ ,其中含CO约65%、 $\text{CO}_2$ 约20%、 $\text{N}_2$ 约15%。转炉煤气从热解炉的底部通入,热解炉内上升的转炉煤气与下行的低阶煤球团或颗粒进行充分换热,将低阶煤球团或颗粒加热到 $950^\circ\text{C}$ ,促使低阶煤发生热解反应,转炉煤气与生成的热解气形成调质转炉煤气,并从热解炉的中上部经煤气管道排出。其中,低阶煤球团的粒径为4-12mm,低阶煤热解量为 $1\text{t}/\text{h}$ ,所得调质转炉煤气 $26060\text{Nm}^3/\text{h}$ ,主要成分为 $\text{H}_2$ 约0.81%,CO约67.27%, $\text{CO}_2$ 约17.15%, $\text{N}_2$ 约14.42%, $\text{CH}_4$ 约0.24%。

[0053] 调质转炉煤气经旋风除尘器除尘、脱硫处理后,加入氢气 $27712\text{Nm}^3/\text{h}$ ,混合加热成为热还原气。热还原气的流量为 $53772\text{Nm}^3/\text{h}$ ,温度为 $1000^\circ\text{C}$ ,主要成分为 $\text{H}_2$ 约51.93%,CO约32.60%, $\text{CO}_2$ 约8.31%, $\text{N}_2$ 约6.99%, $\text{CH}_4$ 约0.09%,其中 $(\text{CO}+\text{H}_2)\approx 84.53\%$ , $\text{H}_2/\text{CO}\approx 1.6$ 。

[0054] 所述氢气为焦炉煤气经除尘、脱硫、脱碳处理后,由PSA降压吸附法分离得到,其中氢气的纯度大于99体积%。

[0055] 使用该热还原气 $53772\text{Nm}^3/\text{h}$ ,进入竖炉还原段参与还原反应,可生产直接还原铁 $28.3\text{t}/\text{h}$ ,产生竖炉炉顶气约 $53770\text{Nm}^3/\text{h}$ ,其中 $\text{CO}_2$ 含量较高,约19.82%,可经脱硫脱碳后循环使用。炉顶气经除尘脱硫净化后约 $39029\text{Nm}^3/\text{h}$ ,是一氧化碳和氢气为主的合成气。净化炉顶气含水和二氧化碳很低,作为还原气与调质转炉煤气和氢气混合,加热后作为还原气一部分进气竖炉用于生产直接还原铁。

[0056] 精脱焦炉煤气由PSA降压吸附法分离出的解析气作为燃料气从竖炉冷却段底部进入竖炉与直接还原铁充分接触换热后,进入加热炉作燃料。

[0057] 实施例2

[0058] 本实施例2利用图1所示系统并采用图2所示的一种合成竖炉还原气生产直接还原铁的工艺流程实施,具体如下:

[0059] 转炉煤气 $30000\text{Nm}^3/\text{h}$ ,入热解炉温度 $950^\circ\text{C}$ ,其中含CO约75%、 $\text{CO}_2$ 约15%、 $\text{N}_2$ 约10%。转炉煤气从热解炉的底部通入,热解炉内上升的转炉煤气与下行的低阶煤球团或颗粒进行充分换热,将低阶煤球团或颗粒加热到 $900^\circ\text{C}$ ,促使低阶煤发生热解反应,转炉煤气与生成的热解气形成调质转炉煤气,并从热解炉的中上部经煤气管道排出。其中,低阶煤球团的粒径为4-12mm,低阶煤热解量为 $1\text{t}/\text{h}$ ,所得调质转炉煤气 $31060\text{Nm}^3/\text{h}$ ,成分为 $\text{H}_2$ 约0.68%,CO约76.57%, $\text{CO}_2$ 约12.78%, $\text{N}_2$ 约9.68%, $\text{CH}_4$ 约0.20%。

[0060] 调质转炉煤气经旋风除尘器除尘、脱硫处理后,加入氢气 $37712\text{Nm}^3/\text{h}$ ,混合加热成为热还原气。热还原气的流量为 $68772\text{Nm}^3/\text{h}$ ,温度为 $900^\circ\text{C}$ ,主要成分为 $\text{H}_2$ 约55.14%,CO约34.58%, $\text{CO}_2$ 约5.77%, $\text{N}_2$ 约4.37%, $\text{CH}_4$ 约0.09%,其中 $(\text{CO}+\text{H}_2)\approx 89.72\%$ , $\text{H}_2/\text{CO}\approx 1.6$ 。

[0061] 所述氢气为焦炉煤气经除尘、脱硫、脱碳处理后,由PSA降压吸附法分离得到,其中

氢气的纯度大于99.6体积%。

[0062] 使用该热还原气 $68772\text{Nm}^3/\text{h}$ ,进入竖炉还原段参与还原反应,可生产直接还原铁 $36.2\text{t}/\text{h}$ ,产生竖炉炉顶气约 $68770\text{Nm}^3/\text{h}$ ,其中 $\text{CO}_2$ 含量较高,约17.98%,可经脱硫脱碳后循环使用。炉顶气经除尘脱硫净化后约 $50648\text{Nm}^3/\text{h}$ ,一氧化碳和氢气为主的合成气。净化炉顶气含水和二氧化碳很低,作为还原气与调质转炉煤气和氢气混合,加热后作为还原气一部分进气基竖炉用于生产直接还原铁。

[0063] 精脱焦炉煤气由PSA降压吸附法分离出的解析气作为燃料气从竖炉冷却段底部进入竖炉与直接还原铁充分接触换热后,进入加热炉作燃料。

[0064] 最后应说明的是:显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明本实用新型所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本实用新型的保护范围之内。

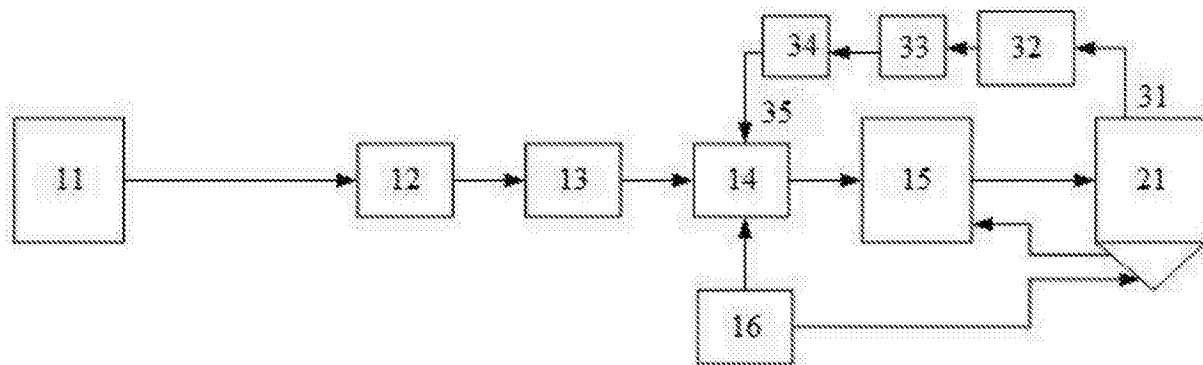


图1

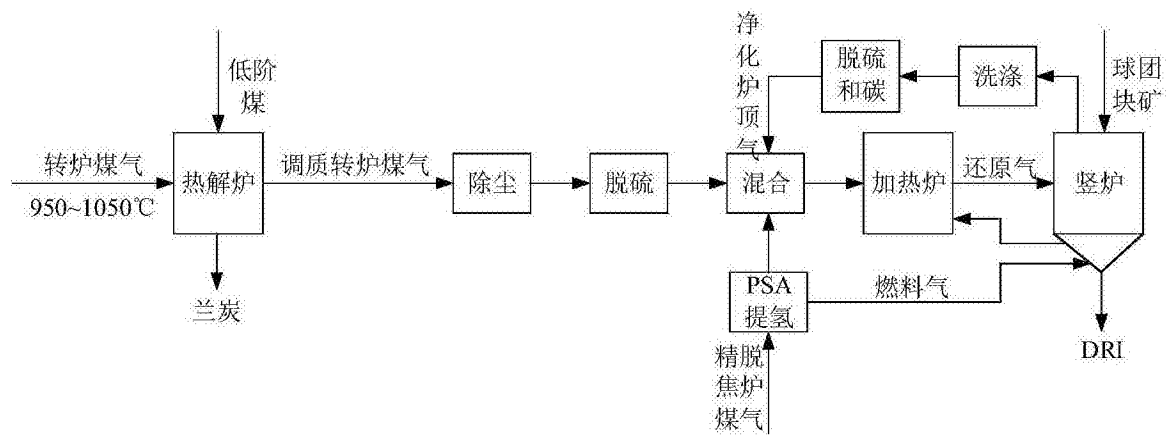


图2