



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106244756 A

(43)申请公布日 2016.12.21

(21)申请号 201610734807.7

(22)申请日 2016.08.28

(71)申请人 苏亚杰

地址 030001 山西省太原市桃园南路4号3  
号楼1单元108

(72)发明人 苏亚杰 杜英虎 陈寿林 苏亚达

(74)专利代理机构 太原华弈知识产权代理事务  
所 14108

代理人 李毅

(51)Int.Cl.

C21B 13/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

煤制气两段串联冶炼直接还原铁工艺方法

(57)摘要

本发明公开了一种煤制气两段串联冶炼直接还原铁的工艺方法,是将装填有含碳铁矿球团的第一还原竖炉与装填有氧化铁矿球团的第二还原竖炉串联,将高温粗煤气通入第一还原竖炉中,利用粗煤气显热加热含碳铁矿球团冶炼直接还原铁;炉顶气经净化后作为直接还原铁的还原气,进入第二还原竖炉中还原氧化铁矿球团以生产直接还原铁。本发明方法可以最大限度的利用粗煤气余热、余气、余压冶炼直接还原铁,实现煤炭能源的分质、高效、清洁利用,提高能源利用效率。

1. 一种煤制气两段串联冶炼直接还原铁工艺方法,是将装填有含碳铁矿球团的第一还原竖炉与装填有氧化铁矿球团的第二还原竖炉串联,将煤制气高温粗煤气从第一还原竖炉的下部经围管口通入第一还原竖炉中,穿过炉体内装填的含碳铁矿球团,利用粗煤气显热加热含碳铁矿球团以冶炼直接还原铁;第一还原竖炉还原过程中产生的炉顶气排出炉体外,经净化后作为直接还原铁的还原气,由第二还原竖炉下部经围管口通入第二还原竖炉中,穿过炉体内装填的氧化铁矿球团,还原所述氧化铁矿球团以生产直接还原铁。

2. 根据权利要求1所述的工艺方法,其特征是所述通入第一还原竖炉中用于还原含碳铁矿球团的高温粗煤气的温度 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ,氧化度 $< 17\%$ ,压力 $\geq 2\text{kg}$ 。

3. 根据权利要求1所述的工艺方法,其特征是所述第一还原竖炉与第二还原竖炉之间的压力差不小于 $2\text{kg}$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的工艺方法,其特征是所述含碳铁矿球团是由焦粉、半焦粉、无烟煤粉中的一种或几种与铁精矿、无机粘结剂混合后压制成的球团矿。

5. 根据权利要求4所述的工艺方法,其特征是所述的无机粘结剂是水玻璃、膨润土、黏土、消石灰、矽石、轻烧白云石中的一种或几种的任意比例混合物。

6. 根据权利要求1所述的工艺方法,其特征是所述生产高温粗煤气的气化炉是两段式干粉煤加压气化炉、Shell气化炉、五环气化炉、航天气化炉、晋煤气化炉、GSP气化炉中的一种。

7. 根据权利要求1所述的工艺方法,其特征是所述第二还原竖炉采用MIDREX、HYL、MME、CTR中的一种。

## 煤制气两段串联冶炼直接还原铁工艺方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于直接还原铁技术领域,涉及一种煤制气两段串联冶炼直接还原铁的工艺方法。本发明方法可以最大限度的利用粗煤气余热、余气、余压冶炼直接还原铁,实现煤炭能源的分质、高效、清洁利用,提高能源利用效率。

### 背景技术

[0002] 在COREX熔融还原炉的上段有一个直接还原铁竖炉,以利用下端煤制气熔分炉的炉顶高温煤气,兑入冷煤气除尘后送入直接还原铁竖炉冶炼直接还原铁。这是余热炼铁的一个案例。但是COREX有两个自身无法克服的工艺缺陷:竖炉和煤制气熔分炉弧顶煤气管道的粘结堵塞问题。分析其原因,主要是煤气中含有软化点较低的铁矿物。

[0003] 现有的气基竖炉还原铁包括有MIDREX、HYL-III、MME、CTR等技术,都是将炉顶煤气净化后返回竖炉循环利用。

[0004] 2010101245421号专利公开了一种利用粗煤气显热生产直接还原铁的方法,以直接还原竖炉兼做粗煤气颗粒床高温除尘器,竖炉中的铁矿(包括铁矿煤球团、氧化铁矿球团、煤包裹铁矿粉球团)兼做移动颗粒床除尘颗粒,在对高温粗煤气除尘的过程中联产直接还原铁,同时完成了利用显热、还原铁、降温、除尘、降低还原竖炉中煤气压力5个功能。该专利将从还原竖炉中产出的炉顶煤气经净化后用于生产化工产品的原料气或燃气,可以有效提高煤炭能源综合利用效率。该专利将煤制气与直接还原铁竖炉分置,煤制气采用高灰熔点、软化点的煤,避免了煤气中含有低软化点的铁矿物和其它矿物,可以消除低软化点矿物造成的粘结、堵塞问题。

[0005] 011356464号专利公开了一种从常温到高温保持强度的含碳冷固结球团矿,由55~96%原料矿粉,0~33%碳质还原剂,0~25%熔剂和3~6%粘结剂混合制团而成,制成的球团矿在常温和高温还原气氛环境下都保持有一定的强度,常温抗压强度780N/个,还具有较高的软化点,一般能达到1100℃,从而保证了球团矿在较高温度下还原时不会粘结,球团矿的还原速度大为提高。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种煤制气两段串联冶炼直接还原铁工艺方法,以最大限度的利用粗煤气余热、余气、余压冶炼直接还原铁。

[0007] 本发明所述的煤制气两段串联冶炼直接还原铁工艺方法是将装填有含碳铁矿球团的第一还原竖炉与装填有氧化铁矿球团的第二还原竖炉串联,将煤制气高温粗煤气从第一还原竖炉的下部经围管口通入第一还原竖炉中,穿过炉体内装填的含碳铁矿球团,利用粗煤气显热加热含碳铁矿球团以冶炼直接还原铁;第一还原竖炉还原过程中产生的炉顶气排出炉体外,经净化后作为直接还原铁的还原气,由第二还原竖炉的下部经围管口通入第二还原竖炉中,穿过炉体内装填的氧化铁矿球团,还原所述氧化铁矿球团以生产直接还原铁。

[0008] 本发明上述工艺方法中,所述通入第一还原竖炉中用于还原含碳铁矿球团的高温粗煤气的温度 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ,氧化度 $< 17\%$ ,压力 $\geq 2\text{kg}$ 。

[0009] 进一步地,所述第一还原竖炉与第二还原竖炉之间的压力差不小于 $2\text{kg}$ 。

[0010] 本发明所述工艺方法中,所述含碳铁矿球团是由焦粉、半焦粉、无烟煤粉中的一种或几种与铁精矿、无机粘结剂混合后压制成的球团矿。所述含碳铁矿球团采用焦粉、半焦粉或无烟煤粉做还原剂,在还原过程中不会产生焦油。所述的无机粘结剂是水玻璃、膨润土、黏土、消石灰、矸石、轻烧白云石中的一种或几种的任意比例混合物。所述含碳铁矿球团一般采用对辊压球机压制。

[0011] 本发明所述工艺方法中,向装填有含碳铁矿球团的第一还原竖炉中通入高温粗煤气的过程,其实质是一个在对高温粗煤气进行除尘的同时联产直接还原铁的过程,该过程同时完成了利用粗煤气显热、还原铁、粗煤气降温、粗煤气除尘、降低还原竖炉中粗煤气压力5个功能,因此是一个余热炼铁的过程。一般地,采用粉煤加压气化工艺生产的粗煤气的氧化度都较低, $\leq 10\%$ ,温度可以达到 $1400^{\circ}\text{C}$ ,压力较高,可以达到 $40\text{kg}$ ,经调整温度和压力后,可以作为本发明第一还原竖炉用粗煤气进行余热炼铁。本发明中,用于生产所述高温粗煤气的气化炉可以是两段式干粉煤加压气化炉、Shell气化炉、五环气化炉、航天气化炉、晋煤气化炉、GSP气化炉等采用粉煤加压气化技术的气化炉,以这类气化炉生产的粗煤气中不含焦油,只需要处理粉尘,不会因焦油产生粘结和堵塞问题。

[0012] 因此,从第一还原竖炉中产出的炉顶煤气经过常规净化工序后,能够直接作为第二还原竖炉的还原气,通入第二还原竖炉中用于还原竖炉中装填的氧化铁矿球团生产直接还原铁。

[0013] 本发明所述工艺方法中,所述第二还原竖炉采用MIDREX、HYL、MME、CTR中的一种。

[0014] 本发明所述工艺方法通过第一还原竖炉充分利用高温粗煤气的余热、余压、余气,以含碳铁矿球团生产直接还原铁;第二还原竖炉采用净化后的第一还原竖炉产出的炉顶气做为还原气,以氧化铁矿球团为原料,利用第一还原竖炉的余气和余压生产直接还原铁。通过两段串联冶炼直接还原铁,最大限度的提高了煤炭能源的利用效率。

[0015] 本发明工艺方法需要便捷地调整粗煤气温度。以两段式干粉煤加压气化炉为例,其调整粗煤气温度的方法是往上段炉内喷入少量煤粉,优点是利用了下段炉的粗煤气高温,增加了煤粉处理量,降低了粗煤气中的 $\text{CO}_2$ 含量,提高了 $\text{CO}$ 含量约 $2\sim 3\%$ ,降低了粗煤气的氧化度。但其缺点是上段喷入煤粉中的灰分全部进入到粗煤气中,增加了粗煤气中灰分的处理难度。经调查,干粉煤加压气化技术的粗煤气成分都可以达到余热炼铁的低氧化度要求(不含激冷),因此,本发明通过往上段炉和降压罐里喷入一定量的冷煤气或天然气或煤层气来调整粗煤气的温度,可以将粗煤气温度降至 $1050\pm 50^{\circ}\text{C}$ 。喷入冷气的优点还在于能够稀释粗煤气中的硫分,且甲烷分解也会吸收一部分热量转化成 $\text{H}_2+\text{CO}$ 。本发明同时还保留了上段炉喷煤粉,以提高系统的灵活性和稳定性。

[0016] 本发明工艺方法还需要方便地调整粗煤气的压力。一般情况下,煤制气炉在同等容积条件下,压力高产能大,压力低产能小。本发明可以将煤制气炉压力设计为 $10\text{kg}$ ,与达涅利公司的ENERGIRON(HYL-III)连接进行余热炼铁。HYL-III竖炉的工作压力 $8\text{kg}$ ,承诺最高压力 $12\text{kg}$ 。本发明还可以在粗煤气出口连接一个降压罐,降压后的粗煤气经螺旋除尘后送入第一还原竖炉。降压罐的原理是扩径,以两段式干粉煤加压气化炉为例,降压罐出口管的

截面积是进口管的数倍,可以降压0~2kg。为配合降压罐,可以在直接还原铁竖炉上设置2~3层煤气进口围管,从围管进入还原竖炉的进气口为N个。通过降压罐与直接还原铁竖炉围管联合为煤制气炉产生的粗煤气降压。降压罐和螺旋除尘器内设耐火材料、耐高温保温材料,外设耐热钢板。

[0017] 本发明工艺方法采用两段串联冶炼直接还原铁,其第一段竖炉充分利用高温粗煤气的温度、压力和还原气氛进行余热炼铁,第二段竖炉利用第一段余热炼铁的余压、余气,并燃烧一部分自产净化后的炉顶气加热还原气进行还原炼铁。

[0018] 本发明工艺方法将余热炼铁与气基直接还原铁串联,以充分利用粗煤气的压力。其中第一段余热炼铁工艺中选择8~12kg的压力,第二段串联的气基直接还原铁竖炉选择3kg压力,这样可以取消主要流程中的增压泵,以降低电耗。作为例外,串联的气基直接还原铁竖炉中返回利用的炉顶气还是需要设置一个增压泵,或者增设混气兑压罐,即先将返回利用的低压炉顶气充入罐中,再兑入压力较高的净化后的余热炼铁炉顶气,将还原煤气压力兑到3kg后送入竖炉。可以设置两个混气兑压罐交替工作,当一个兑压罐内还原气接近3kg压力时,用一个功率较小的泵将罐内还原气泵入另一个兑压罐,将这个兑压罐压力降到常压后,再将净化后的低压炉顶煤气自流入混气兑压罐中。

[0019] 本发明工艺方法中涉及的煤气净化技术可以选择各种直接还原铁工艺中的煤气净化技术,也可以从现有煤化工工艺中选择压降较小、净化效果好的煤气净化工艺。

[0020] 本发明工艺方法中,其第二还原竖炉内以 $\geq 70\%$ 的CO作为还原气,其属于是间接还原。间接还原是放热反应,可以适当降低入炉还原气的加热温度,或从炉顶煤气中回收间接还原产生的热量,节省燃气消耗,达到节能的效果。

[0021] 本发明工艺方法中,其第一还原竖炉由于采用焦粉或半焦进行余热炼铁,导致焦中的灰分、硫分进入到产出的直接还原铁产品中,需要将产品进行电炉熔分,将渣铁分离、脱硫后方能用于炼钢。电炉熔分直接还原铁产生的熔分渣可以使用污水进行水淬以生产水淬渣,用于生产水泥。

[0022] 本发明工艺方法中,其第二还原竖炉产出的直接还原铁是较高质量直接还原铁,可以用于炼钢原料、电炉钢废钢杂质稀释剂、粉末冶金还原铁粉用原料。

[0023] 其中,用于加热第二还原竖炉的还原气的加热方法可以采用以下方法之一:可以用管式加热炉将还原气加热到600℃,再用部分氧化法加热到840~1050℃后送入竖炉;也可以部分氧化法将还原气直接加热到840~1050℃送入竖炉。

[0024] 本发明工艺方法中,当第一还原竖炉与第二还原竖炉之间煤气经净化和脱硫脱碳,煤气减压后,压差如果超过2kg时,可以增设透平压差发电装置。即当第一还原竖炉炉顶煤气余热回收或降温、脱硫、脱碳后的压力依然大于第二还原竖炉所需还原气压力时,可以增设压差透平发电装置,以利用这部分还原气压力发电。设置压差透平发电,有利于提高煤制气炉的炉气压力,提高能源的利用效率。

[0025] 本发明工艺方法中,第一还原竖炉与第二还原竖炉炉顶煤气脱硫脱碳后回收的CO<sub>2</sub>还可以返回通入高温粗煤气中,作为高温粗煤气的冷却气使用,但CO<sub>2</sub>的加入量应保证其加入后的高温粗煤气氧化度不超过17%。

[0026] 进而,本发明所述工艺方法中,还可以将第一还原竖炉炉顶煤气中的H<sub>2</sub>用变压吸附的方式分离出一部分,用于生产化工产品、粉末冶金、燃料电池等,其余的CO+H<sub>2</sub>用于第二

还原竖炉直接还原铁的还原气。还原气分质利用有利于提高装置整体的经济效益,有利于建设综合生态工业园区。

### 具体实施方式

#### [0027] 实施例1

采用两段式干粉煤加压炉生产粗煤气,设计煤气压力10kg,在两段式干粉煤加压气化炉的上段喷入冷煤气,将粗煤气温度调整至 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ 后送降压罐,降压罐煤气送旋风除尘器除尘后,将粗煤气温度调整到 $1050 \pm 50^\circ\text{C}$ ,按照2010101245421专利方法送入直接还原铁竖炉中生产直接还原铁。竖炉炉顶煤气出口压力8kg,温度 $350^\circ\text{C}$ ,送炉顶气余热回收装置,再通过电袋复合除尘或陶瓷除尘器除尘,依次经过脱硫脱碳装置后,送入还原气兑压罐,最后经过还原气加热炉调整还原气的压力为3kg,温度 $840 \sim 900^\circ\text{C}$ ,送入第二段的直接还原铁竖炉中生产直接还原铁。第二段竖炉采用MDREX技术,炉顶煤气净化后返回第二段竖炉用于还原气和燃气。

#### [0028] 实施例2

采用Shell炉生产粗煤气,设计煤气压力14kg,粗煤气送降压罐,向降压罐中兑入冷煤气,将煤气温度调整到 $1050 \pm 50^\circ\text{C}$ 送旋风除尘器,煤气压力降至12kg,送入HYL-III直接还原铁竖炉生产直接还原铁。竖炉炉顶煤气出口压力8kg,温度 $350^\circ\text{C}$ ,送炉顶气余热回收装置,再通过电袋复合除尘或陶瓷除尘器除尘,依次经过脱硫脱碳装置后,送入还原气兑压罐,调整还原气压力为5kg,经还原气加热炉加热至 $850 \sim 900^\circ\text{C}$ ,送入第二段的直接还原铁竖炉中生产直接还原铁。第二段竖炉采用CTR直接还原铁技术,炉顶煤气净化后返回第二段竖炉用于还原气和燃气。

#### [0029] 实施例3

以五环炉制粗煤气,设计煤气压力14kg,粗煤气送降压罐,降压罐中兑入冷煤气,调整温度到 $1050 \pm 50^\circ\text{C}$ 送旋风除尘器,煤气压力降至12kg,送入HYL-III直接还原铁竖炉生产直接还原铁。竖炉炉顶煤气压力10kg,温度 $350^\circ\text{C}$ ,送炉顶气余热回收装置,再通过电袋复合除尘或陶瓷除尘器除尘,依次经过脱硫脱碳装置后,送入还原气兑压罐,经过透平余压发电装置,还原气压力降至7kg,送还原气兑压罐降压到5kg,经还原气加热炉加热至 $850 \sim 900^\circ\text{C}$ ,送入第二段的直接还原铁竖炉中生产直接还原铁。第二段竖炉采用CTR直接还原铁技术,炉顶煤气净化后返回第二段竖炉用于还原气和燃气。

#### [0030] 实施例4

以两段式干粉煤加压炉制粗煤气,设计煤气压力10kg,在两段式干粉煤加压气化炉的上段喷入冷煤气,将粗煤气温度调整至 $1050 \pm 50^\circ\text{C}$ 后送降压罐,降压罐煤气送旋风除尘器除尘后,送HYL-III直接还原铁竖炉生产直接还原铁。竖炉炉顶煤气出口压力8kg,温度 $350^\circ\text{C}$ ,送炉顶气余热回收装置,再送电袋复合除尘或陶瓷除尘器,送脱硫脱碳装置,送还原气兑压罐,调整还原气压力为3kg,送还原气加热炉加热至 $840 \sim 900^\circ\text{C}$ ,送入第二段直接还原铁竖炉中生产直接还原铁。第二段竖炉采用MME直接还原铁技术,炉顶煤气净化后返回第二段竖炉用于还原气和燃气。

#### [0031] 实施例5

以两段式干粉煤加压炉制粗煤气,设计煤气压力10kg,在两段式干粉煤加压气化炉的

上段喷入冷煤气,调整粗煤气温度至 $1050 \pm 50^{\circ}\text{C}$ 送降压罐,降压罐煤气送旋风除尘器,送2010101245421专利直接还原铁竖炉。炉顶煤气出口压力8kg,温度 $350^{\circ}\text{C}$ ,送炉顶气余热回收装置,再送电袋复合除尘或陶瓷除尘器,送脱硫装置,送变压吸附脱 $\text{CO}_2$ 装置,送透平余压发电装置,还原气压力降至5kg,送还原气兑压罐,调整还原气压力为3kg,送还原气加热炉,加热至 $840 \sim 900^{\circ}\text{C}$ ,送入第二段直接还原铁竖炉。第二段竖炉采用MDREX技术,炉顶煤气净化后返回第二段竖炉用于还原气和燃气。