



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101928800 A

(43) 申请公布日 2010.12.29

(21) 申请号 201010256935.8

(22) 申请日 2010.08.15

(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号

(72) 发明人 苏亚杰 陈寿林 杜英虎 苏亚达

(51) Int. Cl.

C21B 13/02 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法

(57) 摘要

利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,是以煤灰熔点高于直接还原铁磁性金属还原温度至少 50℃ 的煤炭产出的粗煤气显热为热源,以还原竖炉兼做粗煤气颗粒床高温除尘器,以含碳铁磁性金属球团矿兼做颗粒床除尘颗粒,在 800 ~ 1200℃ 下还原含碳铁磁性金属球团矿生产直接还原铁磁性金属,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。本发明取消了粗煤气冷却净化、再循环加热还原气的流程,取消了还原气重整流程,节约了热能,可以实现能源利用效率的大幅度提升。

1. 利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,包括以下步骤:
  - a. 选择煤灰熔点高于直接还原铁磁性金属还原温度至少 50℃的煤炭为原料,在煤气化炉中生产粗煤气;
  - b. 控制从煤气化炉中产出的粗煤气经高温第一段除尘后,由设在还原竖炉中部的围管输送到装填有含碳铁磁性金属球团矿的直接还原竖炉内,进入还原竖炉的粗煤气温度控制在 800 ~ 1200℃;
  - c. 进入直接还原竖炉的粗煤气从由含碳铁磁性金属球团矿还原成的直接还原铁磁性金属和未还原的含碳铁磁性金属球团矿组成的移动颗粒床层中穿过,实施第二段除尘,在除尘的同时加热含碳铁磁性金属球团矿,生产出直接还原铁磁性金属;
  - d. 粗煤气将显热传递给含碳铁磁性金属球团矿,将其还原成铁磁性金属后,降温到 150 ~ 300℃,作为还原竖炉炉顶气排出还原竖炉;
  - e. 排出的炉顶气再经第三段电袋复合除尘,脱除 H<sub>2</sub>S、SCO、CO<sub>2</sub> 等杂质气体和微量煤焦油后,成为常温还原气;
  - f. 常温还原气从竖炉下段出料口的上部送入直接还原竖炉中,吸收直接还原铁磁性金属的热量,将还原的铁磁性金属冷却到 300℃以下,从还原竖炉中部围管下部反吹出部分粉尘,并携带粉尘排出竖炉,携带热量的还原气经废热锅炉回收热量后净化循环使用;
  - g. 冷却的还原铁磁性金属经底部 N<sub>2</sub> 气封出料口或锁斗出料,经密闭筛分出煤灰和还原铁磁性金属后出炉。
2. 根据权利要求 1 所述的利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,其特征是所述的含碳铁磁性金属球团矿是含碳铁球团矿、含碳镍球团矿或含碳钴球团矿。
3. 根据权利要求 2 所述的利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,其特征是所述的含碳铁球团矿是含碳的多金属铁磁性矿或含碳氧化铁球团矿。
4. 根据权利要求 3 所述的利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,其特征是所述的含碳的多金属铁磁性矿是钒钛磁铁矿、含锰铁矿、含铬铁矿。
5. 根据权利要求 1 所述的利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,其特征是所述含碳铁磁性金属球团矿中使用的碳质还原剂是煤粉、焦粉、半焦粉、石墨粉以及含碳有机粘结剂。
6. 根据权利要求 5 所述的利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,其特征是所述的含碳有机粘结剂是以焦油、原油、沥青或煤炼油后的油渣、腐植酸、废塑料为原料制成的含碳有机粘结剂。

## 利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种煤炭气化粗煤气余热回收利用方法,具体是一种利用煤炭气化粗煤气显热直接加热还原含碳铁磁性金属球团矿的方法,本发明的含碳铁磁性金属球团矿包括含碳铁球团矿、含碳镍球团矿和含碳钴球团矿。

### 背景技术

[0002] 201010124542.1 专利申请公开了一种“利用粗煤气显热生产直接还原铁的方法”,是将煤炭气化炉产出的高温粗煤气经一段除尘后送入直接还原竖炉中,以直接还原竖炉中的铁矿煤球团、氧化铁球团矿、铁矿石、以及包裹煤的铁球团矿作为除尘颗粒做第二段除尘,在除尘的过程中利用高温还原气生产出直接还原铁,并利用还原铁过程吸收热量,降低粗煤气温度,粗煤气从直接还原竖炉顶部排出竖炉,再经第三段常规除尘、净化除硫、除二氧化碳等杂质气体后作为煤化工的还原气或燃气轮机发电及工业燃气使用。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是进一步扩大 201010124542.1 专利申请的发明范围,提供一种利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法。

[0004] 实现本发明目的的具体方法是:

[0005] a. 选择煤灰熔点高于直接还原铁磁性金属还原温度至少 50℃ 的煤炭为原料,在煤气化炉中生产粗煤气;

[0006] b. 控制从煤气化炉中产出的粗煤气经高温第一段除尘后,由设在还原竖炉中部的围管输送到装填有含碳铁磁性金属球团矿的直接还原竖炉内,进入还原竖炉的粗煤气温度控制在 800 ~ 1200℃;

[0007] c. 进入直接还原竖炉的粗煤气从由含碳铁磁性金属球团矿还原成的直接还原铁磁性金属和未还原的含碳铁磁性金属球团矿组成的移动颗粒床层中穿过,实施第二段除尘,在除尘的同时加热含碳铁磁性金属球团矿,生产出直接还原铁磁性金属;

[0008] d. 粗煤气将显热传递给含碳铁磁性金属球团矿,将其还原成铁磁性金属后,降温到 150 ~ 300℃,作为还原竖炉炉顶气排出还原竖炉;

[0009] e. 排出的炉顶气再经第三段电袋复合除尘,脱除 H<sub>2</sub>S、SCo、CO<sub>2</sub> 等杂质气体和微量煤焦油后,成为常温还原气;

[0010] f. 常温还原气从竖炉下段出料口的上部送入直接还原竖炉中,吸收还原铁磁性金属的热量,将还原的铁磁性金属冷却到 300℃ 以下,从还原竖炉中部围管下部反吹出部分粉尘,并携带粉尘排出竖炉,携带热量的还原气经废热锅炉回收热量后净化循环使用;

[0011] g. 冷却的还原铁磁性金属经底部 N<sub>2</sub> 气封出料口或锁斗出料,经密闭筛分出煤灰和还原铁磁性金属后出炉。

[0012] 其中,本发明所述的含碳铁磁性金属球团矿包括含碳铁球团矿、含碳镍球团矿和含碳钴球团矿。进一步地,所述的含碳铁球团矿可以是含碳的铁磁性多金属矿,如钒钛磁铁

矿、含锰铁矿、含铬铁矿等,也可以是含碳氧化铁球团矿。

[0013] 本发明所述含碳铁磁性金属球团矿中使用的碳质还原剂可以是煤粉、焦粉、半焦粉、石墨粉以及含碳有机粘结剂,所述的含碳有机粘结剂包括以焦油、原油、沥青以及煤炼油后的油渣、腐植酸、废塑料等为原料制成的含碳有机粘结剂。

[0014] 本发明利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿能够得以实现的原因是:在含碳铁磁性金属球团矿中配有碳质还原剂,使得除尘后的粗煤气将显热传递给含碳铁磁性金属球团矿后,其中的碳作为还原剂夺去氧化铁磁性金属矿中的氧生成直接还原铁磁性金属。粗煤气与含碳铁磁性金属球团矿在竖炉上部干馏段产生的干馏煤气、还原尾气和未参与还原反应的粗煤气一同作为炉顶气从竖炉炉顶排出竖炉。如果含碳铁磁性金属球团矿内配的碳质还原剂与还原铁磁性金属矿所需的还原剂用量相等,则粗煤气中参与还原反应的  $H_2$  和  $CO$  的热量与含碳铁磁性金属球团矿中未参与还原反应的煤热解气  $CH_4$ 、 $H_2$ 、 $CO$  等的热量大体上相等。即由于球团中加配了碳质还原剂,使得粗煤气中化学成分所含的热量与直接还原铁磁性金属矿后炉顶气中化学成分所含的热量大体相等。生产直接还原铁磁性金属只是利用了煤炭气化粗煤气中的显热。同理,若含碳铁磁性金属球团矿的配碳量达不到还原铁磁性金属所需碳量,则要粗煤气中的还原剂来补充;若含碳铁磁性金属球团矿的配碳量超过还原铁磁性金属所需碳量,则利用粗煤气中的氧化气体分解其中的碳,增加炉顶气中的还原气,或有一部分碳残留在直接还原铁中。

[0015] 201010124542.1 专利申请认为利用粗煤气显热直接还原铁矿煤球团的条件应满足:a. 选择煤灰熔点高于直接还原铁还原温度至少  $200^\circ C$  的煤炭为原料,在煤气化炉中生产粗煤气;b. 控制从煤气化炉中产出的粗煤气温度在  $1000 \sim 1100^\circ C$ ,经高温第一段除尘后,由设在还原竖炉中部的围管输送到装填有铁矿煤球团的直接还原竖炉内;c. 进入还原竖炉的粗煤气从铁矿煤球团移动颗粒床层中穿过,经铁矿煤球团移动颗粒床第二段除尘,并加热铁矿煤球团以生产直接还原铁。

[0016] 然而,我们进一步研究发现:a. 由于控制煤气化炉粗煤气温度的技术手段提高,可以将煤灰熔点高于还原温度至少  $200^\circ C$  的煤炭,改为煤灰熔点高于直接还原铁磁性金属还原温度至少  $50^\circ C$  的煤炭为原料煤;b. 因为含碳铁磁性金属球团矿的化学成分不同、含碳量不同,造成软化点不同、还原温度不同,还原竖炉还原段的温度根据不同含碳铁磁性金属矿原料软化点的不同,应控制在  $800 \sim 1200^\circ C$ ;c. 虽然铁矿煤球团直接还原存在脱硫现象,但是由于粗煤气中的  $H_2$  含量  $\geq 20\%$ ,可用于脱除铁磁性金属矿、还原剂和粘结剂中的硫,因此,可以扩大还原剂的范围为碳质还原剂:煤粉、焦粉、半焦粉、石墨粉以及含碳有机粘结剂焦油、原油、沥青和煤炼油后的油渣、腐植酸、废塑料等。D. 直接还原铁一般是选用含铁品位  $\geq 67\%$  的高品位铁矿或铁精矿为原料的,而采用本发明方法,可以使用  $8 \sim 71\%$  品位的铁矿粉和铁精矿做原料,  $\geq 67\%$  的高品位铁矿或铁精矿为原料制成的直接还原铁可以直接用于炼钢,  $\leq 67\%$  的低品位铁矿粉或铁精矿为原料制成的含碳铁球团矿先直接还原铁,再磨粉、磁选出还原铁粉,经冷压块后再用于炼钢。

[0017] 本发明利用粗煤气显热直接还原含碳铁磁性金属球团矿的方法是以直接还原竖炉兼做粗煤气颗粒床高温除尘器,用竖炉中的含碳铁磁性金属球团矿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磁性金属,在竖炉中同时完成利用显热、还原铁磁性金属、降温、除尘、降低还原竖炉中煤气压力 5 个功能,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。与粗煤气激冷工艺比较,可以有效提高煤炭能源综合利用效率约 9.23%,与废热锅炉发电比较,提高约 6%。本发明与煤制还原气气基法直接还原铁工艺比较,取消了粗煤气冷却、净化、再循环加热还原气的流程;与天然气热裂解制还原气气基法生产直接还原铁工艺比较,取消了还原气重整流程和还原气循环加热流程,因此节约了热能。

[0018] 粗煤气显热约占煤炭气化热值的 13%,本发明工艺可以利用的显热约 71%,因取消了粗煤气冷却、净化、再加热还原气及重整等流程,工艺能耗仅 8.9GJ/t. Fe,比炼铁能耗最低的 MIDREX 和 HYL-III 气基法直接还原铁工艺能耗 11.0GJ/t. Fe 还低 2.1GJ/t. Fe,能在不减少粗煤气化学热能 ( $H_2+CO$ )、不影响生产煤化工产品或发电量的同时联产直接还原铁,可低成本回收利用  $CO_2$ 、 $H_2S$ 、 $SCO$ ,实现清洁化生产。

[0019] 本发明可以煤炭气化为生产源头,将煤化工、电力、钢铁、有色等行业的企业在同一区域内按热能梯级利用原则跨行业联合起来。煤化工企业与激冷比可以提高热能利用效率约 9.23%,燃煤发电若改为燃气蒸汽联合循环发电 (IGCC),比燃煤小发电机组提高热能利用效率约 16%,比高炉炼铁工艺 (含炼铁、炼焦、烧结) 节能  $\geq 50\%$ ,可以实现能源利用效率的大幅度提升。

[0020] 本发明将直接还原竖炉兼做颗粒床除尘器,含碳铁磁性金属球团矿兼做颗粒床除尘器中的除尘颗粒,将高温粗煤气送入直接还原竖炉中加热含碳铁磁性金属球团矿,用于直接还原铁、镍、钴并回收含碳铁磁性金属球团矿中的其它多金属铁磁性矿。本发明的特点是在回收利用粗煤气中所含显热时采用了三段连续除尘,第一段用粉尘沉降室、挡板、旋风除尘器高温除尘,除去粗煤气中的较粗颗粒;第二段在还原竖炉中利用还原铁磁性金属和含碳铁磁性金属球团矿颗粒床除尘;第三段在还原竖炉炉顶煤气降温后的净化过程中除尘。

[0021] 本发明特征之一:将煤气化炉用煤灰分的软熔点由高于还原温度  $200^\circ C$  调低到  $50^\circ C$ ,以粗煤气中的煤灰分不软熔,不粘结设备、管道、含碳铁磁性金属球团矿、还原铁磁性金属以及还原竖炉为原则,扩大了可利用煤种的范围。

[0022] 本发明特征之二:含碳铁球团矿的含铁品位为  $8 \sim 71\%$ 。其中以含铁品位  $\geq 67\%$  的铁矿和铁精矿制成的直接还原铁可以直接用于炼钢;含铁品位  $< 67\%$  的铁精矿粉、铁矿粉配碳制成含碳铁球团矿,生产的直接还原铁达不到炼钢的质量要求,需要经过磨粉-磁选-还原铁粉-压块,生产出直接还原铁压块再用于炼钢。其意义在于:大量细粒度低品位的红铁矿 ( $Fe_2O_3$ ) 由于没有磁性,属于难选铁矿,可以采用本发明先还原铁矿,使直接还原铁产生磁性,再经磨矿磁选除去矿渣,生产出直接还原铁粉,再经压块生产出用于炼钢的直接还原铁压块,这样可以将大量无法利用的低品位细粒度赤铁矿资源利用起来。含碳铁球团矿的配碳量根据含铁品位和工艺设计要求,一般为  $0 \sim 20\%$ 。

[0023] 本发明特征之三:与气基法直接还原铁生产工艺比较,粗煤气经还原竖炉除尘并还原含碳铁磁性金属球团矿后,净化后的还原气不再循环加热用于还原竖炉生产直接还原铁磁性金属,消减了加热循环还原气和热裂解  $CH_4$  的能耗。

[0024] 本发明特征之四:利用煤化工煤气净化工艺可以低成本回收利用  $CO_2$ 、 $H_2S$ 、 $SCO$  等温室气体,实现清洁生产。其中回收的  $CO_2$  可以用于粉煤气化炉中粉煤的输送剂,这一部分  $CO_2$  可以循环利用。

[0025] 本发明特征之五:铁磁性金属矿在还原过程中有先选择还原气( $H_2+CO$ )中 $H_2$ 的现象。这是因为 $H_2$ 的活性高于 $CO$ ,理论计算 $H_2$ 的还原效率比 $CO$ 高出14倍。因此,采用本发明可以实现利用碳氧化升温产生粗煤气,高温粗煤气加热含碳铁球团矿,含碳 $< 15\%$ 的含碳铁球团矿兼做颗粒床除尘颗粒,可以用粗煤气中的 $H_2$ 还原铁矿。若采用铁矿块、铁球团矿,可以用 $H_2$ 还原铁矿,炉顶气中的 $CO$ 用于燃气蒸汽联合循环发电(IGCC发电)。因此,煤炭热能利用效率可以进一步提高。

[0026] 本发明特征之六:可以回收利用多金属铁磁性矿中的其它金属。以钒钛磁铁矿为例,四川省龙蟒集团转底炉含碳铁球团矿直接还原后用电炉深还原熔分工艺,回收钒钛磁铁矿中的钒、钛、铁、铬,全流程回收率达到钒86%、钛99%、铁97%、铬80%的水平。我们用粗煤气铁矿移动颗粒床高温除尘竖炉联产直接还原铁,代替转底炉生产直接还原铁,可以节省热能、提高单炉直接还原铁产量;同理,可以利用本发明回收利用白云鄂博铁矿中的铈和稀土;同理,可以回收具有铁磁性的铁磁性金属元素镍和钴,将含有镍的矿物镍精粉或含镍红土矿制成含碳镍球团矿,利用本发明生产含有直接还原镍的球团,经磨粉-磁选分离出直接还原镍粉;同理,可以钴精粉或含钴矿粉制成含碳钴球团矿,利用本发明生产含有直接还原钴的球团,经磨粉-磁选分离出直接还原钴粉。

[0027] 本发明特征之七:可以利用含磷 $\geq 0.4\%$ 的铁矿粉或含磷铁精矿。目前含磷高的铁矿因高炉炼铁工艺不利于除磷而不能利用。利用本发明,第一步用高磷铁矿粉制成含碳铁球团矿生产直接还原铁,将直接还原铁磨粉,再磁选分离出还原铁后,氧化磷与渣一起排出,可除磷80~90%,第二步在熔分氧化气氛下二次除磷,第三步在炼钢过程中再除磷,可使难以利用的高磷铁矿资源得到利用。

[0028] 本发明特征之八:根据实验,含碳球团还原温度达到 $1100^\circ C$ ,配碳量15%,还原时间0.5小时,还原率可以达到 $> 80\%$ ;还原时间3小时,还原率可以达到 $\geq 90\%$ 。因此,在还原竖炉内的还原时间应在0.5~4小时。

[0029] 本发明特征之九:若煤炭气化炉选用洗精煤,也可以不经第一段除尘,直接将粗煤气与直接还原竖炉对接。

## 具体实施方式

### [0030] 实施例1

[0031] 采用含碳铁球团矿做除尘颗粒。粗煤气从煤气化炉出炉,温度达到 $1050 \sim 1150^\circ C$ ,煤灰熔点 $> 1200^\circ C$ ,粗煤气氧化度 $\leq 15\%$ ,压力 $0.1 \sim 4MPa$ ,经过第一段挡板、陶瓷旋风除尘器除尘后,输入装有含碳铁球团矿用于生产直接还原铁的竖炉中,含碳铁球团矿的粒度为 $10 \sim 50mm$ 。粗煤气在还原竖炉移动颗粒床中进行第二段除尘,还原竖炉还原段温度保持在 $1000 \sim 1100^\circ C$ ,还原铁后粗煤气与还原尾气、煤热解气一同从竖炉顶部排出竖炉,此时炉顶煤气温度已经降至 $150 \sim 200^\circ C$ 。炉顶煤气再经电袋复合第三段除尘,脱除 $H_2S$ 、 $SO_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 等有毒有害气体后,作为燃气或化工原料气使用。直接还原铁成为产品。粉尘集中后作为建材原料使用,回收的 $S$ 、 $CO_2$ 可作为化工原料使用。

### [0032] 实施例2

[0033] 采用钒钛磁铁矿精矿粉制作的含碳铁球团矿做除尘颗粒。粗煤气从煤气化炉产出,温度 $\geq 1150^\circ C$ ,煤灰熔点 $> 1300^\circ C$ ,氧化度 $\geq 15\%$ ,压力 $0.25 \sim 4MPa$ ,兑入净化后的

还原竖炉炉顶煤气,将粗煤气温度降到 $\leq 1150^{\circ}\text{C}$ ,氧化度 $\leq 15\%$ ,经过粉尘沉降室、陶瓷旋风除尘器第一段除尘后,输入装有钒钛磁铁矿精矿粉制作的含碳铁球团矿的直接还原竖炉中,含碳铁球团矿的粒度为 $10 \sim 50\text{mm}$ 。粗煤气在还原竖炉移动颗粒床中进行第二段除尘,还原竖炉还原段温度保持在 $1000 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ,还原铁后的粗煤气与还原尾气、煤热解气一同从还原竖炉顶部排出竖炉,此时炉顶煤气温度已降至 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。炉顶煤气经电袋复合第三段除尘,除焦油、脱除 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 等有毒有害气体后,作为燃气或化工原料气使用。粉尘集中后作为建材原料使用,回收的 $\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 作为化工原料使用。直接还原铁成为产品。含有钒钛铬的直接还原铁需再经电炉深度还原熔分回收钒、钛、铁、铬,或其它工艺回收钒、钛、铁、铬。

#### [0034] 实施例 3

[0035] 采用铁矿品位 $\leq 67\%$ 的铁精矿粉、原矿粉(包括含铁品位 $8 \sim 50\%$ 的低品位细粒度红铁矿粉)制作的含碳铁球团矿做除尘颗粒。粗煤气从煤气化炉产出,温度达到 $1050 \sim 1150^{\circ}\text{C}$ ,煤灰熔点 $> 1200^{\circ}\text{C}$ ,粗煤气氧化度 $\leq 15\%$ ,压力 $0.25 \sim 4\text{MPa}$ ,经第一段粉尘沉降室、挡板除尘,输入装有铁矿品位 $\leq 67\%$ 的含碳铁球团矿做除尘颗粒的还原竖炉中;粗煤气压力降到 $0.25 \sim 0.8\text{MPa}$ ,含碳铁球团矿粒度 $10 \sim 50\text{mm}$ 。粗煤气在还原竖炉移动颗粒床中进行第二段除尘,还原竖炉还原段温度保持在 $1000 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ,还原铁后粗煤气与还原尾气、煤热解气一同从竖炉顶部排出竖炉,此时炉顶煤气温度降至 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。炉顶煤气再经电袋复合第三段除尘,脱除 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 等有毒有害气体后,作为化工原料气或燃气使用。粉尘集中后作为建材原料使用,回收的 $\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 作为化工原料使用。生产出的直接还原铁达不到炼钢用的质量要求,需经球磨机磨成粉,再经湿式磁选选出还原铁粉,经压制成还原铁球团用于炼钢。

#### [0036] 实施例 4

[0037] 以含碳铁球团矿、铁矿石为生产直接还原铁的原料和除尘颗粒。从煤气化炉产出温度达到 $800 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 的粗煤气,煤灰熔点 $> 1200^{\circ}\text{C}$ ,粗煤气氧化度 $< 8\%$ ,压力 $0.25 \sim 4\text{MPa}$ ,经过第一段粉尘沉降室和旋风除尘器除尘后,输入装有含碳铁球团矿、铁矿石为原料的用于生产直接还原铁的竖炉中;送入还原竖炉的粗煤气温度调整到 $800 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ ,压力降到 $0.25 \sim 0.8\text{MPa}$ ,含碳铁球团矿、铁矿石的粒度为 $10 \sim 50\text{mm}$ 。粗煤气在还原竖炉移动颗粒床中进行第二段除尘,还原铁后的粗煤气与还原尾气、煤热解气一同从竖炉顶部排出竖炉,此时炉顶煤气温度已经降至 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。炉顶煤气再经布袋第三段除尘,脱除 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 等有毒有害气体后,作为化工原料气或燃气使用。直接还原铁成为产品。粉尘集中后作为建材原料使用。回收的 $\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 作为化工原料使用。

#### [0038] 实施例 5

[0039] 利用铁与磷的还原温度不同,用高磷铁矿制成含磷 $\geq 0.4\%$ 的含碳铁球团矿。与实施例 1 和实施例 3 相同,第一步先还原铁,经磨矿-磁选分离出还原铁后排出氧化磷和矿渣,可除磷 $80 \sim 90\%$ ,第二步在化铁炉中氧化气氛下二次除磷,第三步在炼钢过程中除磷。

#### [0040] 实施例 6

[0041] 以含碳镍球团矿为生产直接还原镍的原料和除尘颗粒。粗煤气从煤气化炉产出,温度达到 $1000 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ ,煤灰熔点 $> 1300^{\circ}\text{C}$ ,粗煤气氧化度 $\leq 15\%$ ,压力 $0.25 \sim 4\text{MPa}$ ,经第一段粉尘沉降室、挡板除尘,输入装有镍矿品位 $0 \sim 40\%$ 的含碳镍球团矿做除尘颗粒的

竖炉中；粗煤气压力降到 0.25 ~ 0.8MP，含碳镍球团矿粒度为 10 ~ 50mm。粗煤气在还原竖炉移动颗粒床中进行第二段除尘，还原竖炉还原段温度保持在 1000 ~ 1200℃，还原镍后的粗煤气与还原尾气、煤热解气一同从竖炉顶部排出竖炉，此时炉顶煤气温度已降至 150 ~ 300℃。炉顶煤气再经电袋复合第三段除尘，脱除 H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等有毒有害气体后，作为化工原料气或燃气使用。粉尘集中后作为建材原料使用，回收的 S、CO<sub>2</sub> 作为化工原料使用。生产出的直接还原镍达不到炼钢用的质量要求，需经球磨机磨成粉，再经磁选选出还原铁粉，经压制成还原镍球团用于炼钢。直接还原镍粉也可以制成阳极板用于生产电解镍。

[0042] 实施例 7

[0043] 以含碳钴球团矿为生产直接还原钴的原料和除尘颗粒。粗煤气从煤气化炉产出，温度达到 1000 ~ 1200℃，煤灰熔点 > 1300℃，粗煤气氧化度 ≤ 15%，压力 0.25 ~ 4MPa，经第一段粉尘沉降室、挡板除尘，输入装有钴矿品位 0 ~ 40% 的含碳钴球团矿做除尘颗粒的竖炉中；粗煤气压力降到 0.25 ~ 0.8MP，含碳钴球团矿粒度为 10 ~ 50mm。粗煤气在还原竖炉移动颗粒床中进行第二段除尘，还原竖炉还原段温度保持在 1000 ~ 1200℃，还原钴后的粗煤气与还原尾气、煤热解气一同从竖炉顶部排出竖炉，此时炉顶煤气温度已降至 150 ~ 300℃。炉顶煤气再经电袋复合第三段除尘，脱除 H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等有毒有害气体后，作为化工原料气或燃气使用。粉尘集中后作为建材原料使用，回收的 S、CO<sub>2</sub> 作为化工原料使用。生产出的直接还原钴达不到质量要求，需经球磨机磨成粉，再经磁选选出还原钴粉。