



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103667573 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201310674082. 3

(22) 申请日 2013. 12. 13

(73) 专利权人 王少立

地址 114001 辽宁省鞍山市铁东区文化街
75 栋 4 单元 5 层 45 号

(72) 发明人 王太炎 王文骥 王少立

(74) 专利代理机构 鞍山大千专利事务所 21110

代理人 聂振峡

(51) Int. Cl.

C21B 13/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102268504 A, 2011. 12. 07, 说明书 11-14
段、22 段.

CN 101935732 A, 2011. 01. 05, 说明书第 4
段, 附图 1、2, 实施例 1.

CN 101643810 A, 2010. 02. 10, 全文.

CN 102605133 A, 2012. 07. 25, 全文.

CN 102851426 A, 2013. 01. 02, 全文.

CN 102994678 A, 2013. 03. 27, 全文.

CN 103146866 A, 2013. 06. 12, 全文.

审查员 朱虹

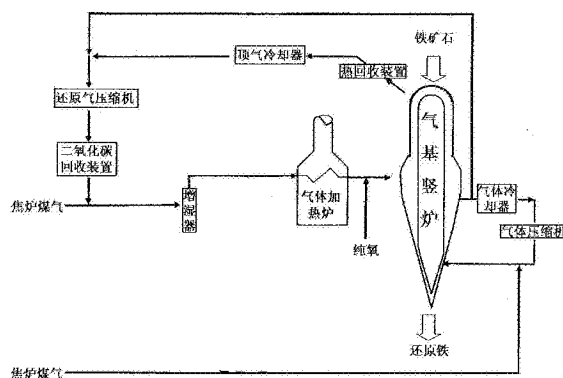
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺

(57) 摘要

本发明用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺, 其特征在于: 采用焦炉煤气为直接还原铁生产提供氢资源, 在气基竖炉中生产直接还原铁, 直接还原铁生产装置由冷却回路, 还原气体回路及反应塔组成, 在反应塔中生产直接还原铁。反应塔的上部为还原段, 下部为冷却段, 氧化球团通过上料系统进入反应塔顶部, 在重力的作用下向下移动, 在还原段预热并与还原气体进行还原反应, 生成直接还原铁; 在冷却段用冷却气体冷却到常温排出, 得到冷直接还原铁。本发明用高化学能的焦炉煤气代替天然气, 在气基竖炉中生产直接还原铁, 满足电炉炼钢的需求, 减少冶炼钢铁整体流程的能耗, 降低生产成本, 降低二氧化碳排放量, 推动实现绿色钢铁的进程。



1. 一种用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺,其特征在於:采用焦炉煤气为直接还原铁生产提供氢资源,在气基竖炉中生产直接还原铁,直接还原铁生产装置由冷却回路,还原气体回路及反应塔三个部分组成,最终在反应塔中生产直接还原铁,反应塔的上部为还原段,下部为冷却段,氧化球团通过上料系统进入反应塔顶部,在重力的作用下缓慢向下移动,在还原段预热并与还原气体进行还原反应,生成直接还原铁;在冷却段用冷却气体冷却到常温排出,得到冷直接还原铁;

直接还原铁生产工艺流程:采用焦炉煤气加热处理、焦炉煤气和铁矿石在气基竖炉中的自重整反应和还原反应、热还原铁冷却处理并对还原铁进行渗碳反应及还原气体回收循环利用,通过四个工艺步骤实现;

(1) 采用焦炉煤气加热处理:

将焦炉煤气送入增湿器中加入水蒸气,融合了水蒸气的焦炉煤气在加热器中加热到 930°C ,焦炉煤气中的甲烷气体和水一起加热后产生一氧化碳和氢气,其后向出口管道中喷入纯氧,进行部分燃烧,使焦炉煤气温度提高到 1050°C ,达到自重整反应和还原反应温度和热量平衡的要求,后进入气基竖炉中部;

(2) 焦炉煤气和铁矿石在气基竖炉中的自重整反应和还原反应:

加热后的焦炉煤气在气基竖炉中存在三种反应:自重整反应、还原反应和渗碳反应;气基竖炉的上部为还原段,下部为冷却段,氧化球团通过气基竖炉顶部的上料系统进入气基竖炉,在重力的作用下缓慢向下移动,进入气基竖炉中的高温焦炉煤气,将氧化球团加热到 600°C – 700°C ,同时高温的焦炉煤气在铁触媒的作用下,发生热裂解和自重整反应,产生还原气体氢气和一氧化碳,将焦炉煤气中的甲烷重整为氢气与一氧化碳,加热到 600°C – 700°C 的氧化球团与氢气、一氧化碳反应,脱出球团矿中的氧,生产出高质量的直接还原铁;

(3) 热还原铁冷却处理并对还原铁进行渗碳反应:

与还原性气体反应之后生成的热直接还原铁进入冷却段用冷却气体冷却到常温然后排出,得到的直接还原铁称为冷直接还原铁;在冷却段使用气体压缩机对补充的焦炉煤气加压然后进入冷却回路,循环冷却在气基竖炉还原段生产的直接还原铁,同时将焦炉煤气中的碳氢化合物裂解并对还原铁进行渗碳反应,在冷却段冷的焦炉煤气在冷却热还原铁的过程中会被加热,焦炉煤气被加热到 70°C ,将加热后的焦炉煤气直接送入还原气压缩机中进行加压处理然后送入二氧化碳回收装置,同时与补充的焦炉煤气一起送入增湿器中重新加热,然后循环进入气基竖炉,在冷却段使用气体冷却器对未达到温度 70°C 的焦炉煤气进行冷却处理,经气体压缩机加压后送入气基竖炉冷却直接还原铁;

(4) 还原气体回收循环利用:

用于冷却的循环气体经加压送入在气基竖炉顶部的还原气体回路系统,在气基竖炉顶部的高温还原性气体在反应段中在铁触媒的作用下,甲烷重整形成的氢气与一氧化碳,与铁精矿发生反应生成二氧化碳和水,经过加压送入反应塔顶部的冷却循环气体称为顶气,在气基竖炉顶部的顶气温度为 427°C ,顶气从气基竖炉顶部排除进入热回收装置生产蒸汽,经顶气冷却器中冷却分离出水,分离出水的顶气送入还原器压缩机进行加压,还原器压缩机需要控制整个工艺流程中气体的压力在4–6帕,加压的顶气送入脱二氧化碳装置,脱除二氧化碳和水的顶气与补充的焦炉煤气、及在冷却段加温到 70°C 的焦炉煤气一起送入增湿

器加热器中重新加热,然后循环进入气基竖炉;

生产原料为球团矿和焦炉煤气,对球团矿的要求为:Fe 64-66%, $\text{SiO}_2 < 3\%$,强度 2800-3000 牛顿,低温还原粉化率 $< 3\%$;

生产的直接还原铁质量指标:金属化率 94-96%,碳含量 4-6%。

用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁冶炼技术领域,特别涉及一种用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺。

背景技术

[0002] 目前,国内在现有技术中钢铁冶炼行业主要是以高炉炼铁为主,但高炉炼铁存在成本高、效率低、污染严重等问题。在西方发达国家甚至某些发展中国家,直接还原短流程工艺已经逐步代替高炉成为钢铁冶炼的主要生产模式。聚焦全球直接还原铁生产,美国钢铁的核心技术十分成熟,其中直接还原电炉炼钢短流程技术,在世界上处于领先地位。美国年产钢 9000 万吨左右,用直接还原短流程工艺生产的钢占半壁江山。美国钢铁公司是美国最大的钢铁公司,长期生产处于亏本边缘,其竞争失败的重要原因即是沿用传统长流程工艺,而没有利用气体资源生产直接还原铁,短流程炼钢。印度钢铁业发展起步较晚,但发展速度较快,得益于广泛使用直接还原短流程生产方式。据了解,印度目前年产钢 7000 万吨左右,而直接还原铁产量为 3500 万吨左右。80-90% 的直接还原铁加入电弧炉或感应炉中炼钢,直接还原短流程工艺成为印度钢铁业的主流技术。阿联酋阿布扎比钢铁厂,采用 ENERGIRON 短流程工艺,建设两套直接还原铁装置,年产直接还原铁 320 万吨,100% 直接还原铁电炉炼钢,已形成 300 万吨短流程联合钢铁厂,计划 2014 年再建设两套直接还原短流程装置,粗钢产量达 650 万吨,为世界钢铁业转型升级创建新的模式。阿布扎比钢铁厂由 DANIELI 总承包,包建,并将 ENERGIRON 短流程技术,推向世界各地,已接受订货七个厂家,装置总产能达 12150 万吨,并为各生产厂家提供技术支撑和技术保证。ENERGIRON 技术与电炉炼钢的整合,为钢铁业节能,减排,降低生产成本,提供工业性生产实践经验;为钢铁业转型升级,提供新的途径。马来西亚粗钢年产量 300-350 万吨左右,由于东马(沙捞越)西马(东海岸)盛产天然气,使用气基竖炉直接还原短流程工艺,年产直接还原铁近 200 万吨,并取得节能、减排、环保的效果。马来西亚丁加努州 POWAJA 型钢厂,原设计 60 万吨直接还原短流程钢铁厂,经墨西哥 HYLSA 公司四次改造升级,直接还原铁年产量达到 90 万吨。为短流程钢铁厂提供铁资源。通过上述各国钢铁发展方式的剖析,不难看出,直接还原电炉炼钢短流程将成为世界钢铁未来发展的主流技术,气基竖炉直接还原技术将成为直接还原铁生产的主要生产方式。但天然气的短缺成为阻碍世界直接还原铁工业发展的一个主要原因。

发明内容

[0003] 本发明克服了上述存在的缺陷,目的是为解决高炉炼铁存在成本高、效率低、污染严重等问题,提供一种用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺。

[0004] 本发明用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺内容简述:

[0005] 本发明用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺,其特征在于:采用焦炉煤气为直接还原铁生产提供氢资源,在气基竖炉中生产直接还原铁,直接还原铁生产装置由冷却回路,还原气体回路及反应塔三个部分组成,最终在反应塔中生产直接还原铁,反应塔的上部

为还原段,下部为冷却段,氧化球团通过上料系统进入反应塔顶部,在重力的作用下缓慢向下移动,在还原段预热并与还原气体进行还原反应,生成直接还原铁;在冷却段用冷却气体冷却到常温排出,得到冷直接还原铁;

[0006] 直接还原铁生产工艺流程:采用焦炉煤气加热处理、焦炉煤气和铁矿石在气基竖炉中的自重整反应和还原反应、热还原铁冷却处理并对还原铁进行渗碳反应及还原气体回收循环利用,通过四个工艺步骤实现;

[0007] (1) 采用焦炉煤气加热处理:

[0008] 将焦炉煤气送入增湿器中加入水蒸气,融合了水蒸气的焦炉煤气在加热器中加热到 930℃,焦炉煤气中的甲烷气体和水一起加热后产生一氧化碳和氢气,其后向出口管道中喷入纯氧,进行部分燃烧,使焦炉煤气温度提高到 1050℃,达到自重整反应和还原反应温度和热量平衡的要求,后进入气基竖炉中部;

[0009] (2) 焦炉煤气和铁矿石在气基竖炉中的自重整反应和还原反应:

[0010] 加热后的焦炉煤气在气基竖炉中存在三种反应:自重整反应、还原反应和渗碳反应;气基竖炉的上部为还原段,下部为冷却段,氧化球团通过气基竖炉顶部的上料系统进入气基竖炉,在重力的作用下缓慢向下移动,进入气基竖炉中的高温焦炉煤气,将氧化球团加热到 600℃-700℃,同时高温的焦炉煤气在铁触媒的作用下,发生热裂解和自重整反应,产生还原气体氢气和一氧化碳,将焦炉煤气中的甲烷重整为氢气与一氧化碳,加热到 600℃-700℃的氧化球团与氢气、一氧化碳反应,脱出球团矿中的氧,生产出高质量的直接还原铁;

[0011] (3) 热还原铁冷却处理并对还原铁进行渗碳反应:

[0012] 与还原性气体反应之后生成的热直接还原铁进入冷却段用冷却气体冷却到常温然后排出,得到的直接还原铁称为冷直接还原铁;在冷却段使用气体压缩机对补充的焦炉煤气加压然后进入冷却回路,循环冷却在气基竖炉还原段生产的直接还原铁,同时将焦炉煤气中的碳氢化合物裂解并对还原铁进行渗碳反应,在冷却段冷的焦炉煤气在冷却热还原铁的过程中会被加热,焦炉煤气被加热到 70℃,将加热后的焦炉煤气直接送入还原气压缩机中进行加压处理然后送入二氧化碳回收装置,同时与补充的焦炉煤气一起送入增湿器中重新加热,然后循环进入气基竖炉,在冷却段使用气体冷却器对未达到温度 70℃的焦炉煤气进行冷却处理,经气体压缩机加压后送入气基竖炉冷却直接还原铁;

[0013] (4) 还原气体回收循环利用:

[0014] 用于冷却的循环气体经加压送入在气基竖炉顶部的还原气体回路系统,在气基竖炉顶部的高温还原性气体在反应段中在铁触媒的作用下,甲烷重整形成的氢气与一氧化碳,与铁精矿发生反应生成二氧化碳和水,经过加压送入反应塔顶部的冷却循环气体称为顶气,在气基竖炉顶部的顶气温度为 427℃,顶气从气基竖炉顶部排除进入热回收装置生产蒸汽,经顶气冷却器中冷却分离出水,分离出水的顶气送入还原器压缩机进行加压,还原器压缩机需要控制整个工艺流程中气体的压力在 4-6 帕,加压的顶气送入脱二氧化碳装置,脱除二氧化碳和水的顶气与补充的焦炉煤气、及在冷却段加温到 70℃的焦炉煤气一起送入增湿器加热器中重新加热,然后循环进入气基竖炉。

[0015] 采用焦炉煤气生产直接还原铁的短流程工艺,生产原料为球团矿和焦炉煤气,对球团矿的要求为:Fe 64-66%, SiO₂ < 3%,强度 > 2800-3000 牛顿,低温还原粉化率 < 3%;

[0016] 焦炉煤气要求是经过净化处理后的煤气,其主要成分(% 体积):

[0017] H_2 62%, CH_4 26%, CO 6%, CO_2 2%, N_2 2%, O_2 0.15%, $CmHn$ 3-4%;其杂质含量控制指标:苯 < 2000mg/Nm³, 萘 < 50mg/Nm³, 焦油 < 10mg/Nm³, H_2S < 20mg/Nm³, HCN < 200mg/Nm³;

[0018] 生产的直接还原铁质量指标:金属化率 94-96%, 碳含量 4-6%。

[0019] 本发明用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺,采用焦炉煤气为直接还原铁生产提供氢资源,用高化学能的焦炉煤气代替天然气,在气基竖炉中生产合格的直接还原铁,满足电炉炼钢的需求,减少钢铁全流程的能耗,降低生产成本,降低二氧化碳排放量,推动实现绿色钢铁的进程。

附图说明

[0020] 图 1 是用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺流程图。

具体实施方式

[0021] 本发明用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺是这样实现的,下面结合附图做具体说明。

[0022] 本发明是一种用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺,采用焦炉煤气为直接还原铁生产提供氢资源,在气基竖炉中生产直接还原铁,直接还原铁生产装置由冷却回路,还原气体回路及反应塔三个部分组成,最终在反应塔中生产直接还原铁,反应塔的上部为还原段,下部为冷却段,氧化球团通过上料系统进入反应塔顶部,在重力的作用下缓慢向下移动,在还原段预热并与还原气体进行还原反应,生成直接还原铁;在冷却段用冷却气体冷却到常温排出,得到冷直接还原铁。

[0023] 直接还原铁生产工艺流程:采用焦炉煤气加热处理、焦炉煤气和铁矿石在气基竖炉中的自重整反应和还原反应、热还原铁冷却处理并对还原铁进行渗碳反应、还原气体回收循环利用通过四个工艺步骤实现;

[0024] (1) 采用焦炉煤气加热处理:

[0025] 将焦炉煤气送入增湿器中加入水蒸气,融合了水蒸气的焦炉煤气在加热器中加热到 930℃,焦炉煤气中的甲烷气体和水一起加热后产生一氧化碳和氢气,其后向出口管道中喷入纯氧,进行部分燃烧,使焦炉煤气温度提高到 1050℃,达到自重整反应和还原反应温度和热量平衡的要求,后进入气基竖炉中部。

[0026] (2) 焦炉煤气和铁矿石在气基竖炉中的自重整反应和还原反应:

[0027] 加热后的焦炉煤气在气基竖炉中存在三种反应:自重整反应、还原反应和渗碳反应;气基竖炉的上部为还原段,下部为冷却段,氧化球团通过气基竖炉顶部的上料系统进入气基竖炉,在重力的作用下缓慢向下移动,进入气基竖炉中的高温焦炉煤气,将氧化球团加热到 600℃ -700℃,同时高温的焦炉煤气在铁触媒的作用下,发生热裂解和自重整反应,产生还原气体氢气和一氧化碳 ($CH_4+H_2O=CO+3H_2$ $CH_4+CO_2=2CO+2H_2$ $2CH_4+O_2=2CO+4H_2$ $O_2+2H_2=2H_2O$ $CH_4=2CO+2H_2$),焦炉煤气中所含有的 30% 甲烷重整为 70% 氢气与 30% 一氧化碳。加热到 600℃ -700℃ 的氧化球团与氢气、一氧化碳反应,脱出球团矿中的氧,生产出高质量的直接还原铁 ($Fe_2O_3+3CO=2Fe^0+3CO_2$ $Fe_2O_3+3H_2=2Fe^0+3H_2O$),为电炉炼钢提供优质的原料。

[0028] (3) 热还原铁冷却处理并对还原铁进行渗碳反应:

[0029] 与还原性气体反应之后生成的热直接还原铁进入冷却段用冷却气体冷却到常温然后排出,得到的直接还原铁称为冷直接还原铁;在冷却段使用气体压缩机对补充的焦炉煤气加压然后进入冷却回路,循环冷却在气基竖炉还原段生产的直接还原铁,同时将焦炉煤气中的碳氢化合物裂解并对还原铁进行渗碳反应 ($3\text{Fe}^0 + \text{CH}_4 = \text{Fe}_3\text{C} + 2\text{H}_2$, $3\text{Fe} + 2\text{CO} = \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2$),在冷却段冷的焦炉煤气在冷却热还原铁的过程中会被加热,焦炉煤气被加热到 70°C ,将加热后的焦炉煤气直接送入还原气压缩机中进行加压处理然后送入二氧化碳回收装置,同时与补充的焦炉煤气一起送入增湿器中重新加热,然后循环进入气基竖炉,加热到 70°C 得焦炉煤气要比进入到加热炉中的常温焦炉煤气更能达到节能的效果,在冷却段使用气体冷却器对未达到温度 70°C 的焦炉煤气进行冷却处理,经气体压缩机加压后送入气基竖炉冷却直接还原铁;。

[0030] (4) 还原气体回收循环利用:

[0031] 用于冷却的循环气体经加压送入在气基竖炉顶部的还原气体回路系统,此时在气基竖炉顶部主要存在的气体有高温的还原性气体在反应段中在铁触媒的作用下,甲烷重整形成的氢气与一氧化碳,与铁精矿发生反应生成二氧化碳和水,经过加压送入反应塔顶部的冷却循环气体,这些气体统称为顶气,此时在气基竖炉顶部的顶气温度为 427°C ,顶气从气基竖炉顶部排除进入热回收装置生产蒸汽,经顶气冷却器中冷却分离出水,分离出水的顶气送入还原器压缩机进行加压,还原器压缩机需要控制整个工艺流程中气体的压力在 4-6 帕,加过压的顶气送入脱二氧化碳装置,脱除二氧化碳和水的顶气与补充的焦炉煤气及在冷却段加温到 70°C 的焦炉煤气一起送入增湿器加热器中重新加热,然后循环进入气基竖炉。

[0032] 采用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺,生产原料为球团矿和焦炉煤气,对球团矿的要求为:Fe 64-66%, $\text{SiO}_2 < 3\%$,强度 $> 2800-3000$ 牛顿,低温还原粉化率 $< 3\%$;

[0033] 焦炉煤气要求是经过净化处理后的煤气,其主要成分(% 体积):

[0034] H_2 62%, CH_4 26%, CO 6%, CO_2 2%, N_2 2%, O_2 0.15%, CmHn 3-4%;其杂质含量控制指标:苯 $< 2000\text{mg}/\text{Nm}^3$,萘 $< 50\text{mg}/\text{Nm}^3$,焦油 $< 10\text{mg}/\text{Nm}^3$, H_2S $< 20\text{mg}/\text{Nm}^3$,HCN $< 200\text{mg}/\text{Nm}^3$;

[0035] 生产的直接还原铁质量指标:金属化率 94-96%,碳含量 4-6%。

[0036] 在渗碳反映作用下直接还原铁中的碳主要以碳化铁的形式存在,含碳 3% 以上的高碳直接还原铁中有 70% 的铁与碳结合成碳化铁,经过渗碳反映之后的碳化铁可增强直接还原铁的稳定性和炼钢的活性,有利于产品的运输和炼钢操作。

[0037] 实施例:

[0038] 采用本发明用焦炉煤气生产直接还原铁短流程工艺生产直接还原铁,已经过试验及检测证明:

[0039] 生产的原料为球团矿和焦炉煤气,对球团矿的要求为:Fe 64-66%, $\text{SiO}_2 < 3\%$,强度 $> 2800-3000$ 牛顿,低温还原粉化率 $< 3\%$ 。

[0040] 焦炉煤气要求是经过净化处理后的煤气,其主要成分(% 体积):

[0041] H_2 62%, CH_4 26%, CO 6%, CO_2 2%, N_2 2%, O_2 0.15%, CmHn 3-4%;其杂质含量控制指标:苯 $< 2000\text{mg}/\text{Nm}^3$,萘 $< 50\text{mg}/\text{Nm}^3$,焦油 $< 10\text{mg}/\text{Nm}^3$, H_2S $< 20\text{mg}/\text{Nm}^3$,HCN $< 200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

[0042] 生产的直接还原铁质量指标:金属化率 94-96%,碳含量 4-6%。

[0043] 采用本发明用焦炉煤气生产直接还原铁电炉炼钢短流程新工艺生产直接还原铁,

主要原燃材料消耗以及吨直接还原铁成本如下：

[0044]

项目	单耗(单位：吨直接还原铁)
球团矿	1.39 吨
焦炉煤气	560 Nm ³ /吨
电力	102 kW/h
氧气	19 Nm ³
氮气	9.5 Nm ³
水	1.4 吨
生产成本	1853.16 元 / 吨

[0045] 高炉铁主要还原剂是焦炭,吨高炉铁耗焦炭 0.5 吨(包括喷吹煤),吨焦炭价格为 2200 元,吨高炉铁耗焦炭费为 1100 元。吨直接还原铁耗焦炉煤气 560Nm³,每立方米焦炉煤气按一元计,吨直接还原铁为 560 元,两种铁产品耗还原剂(通称为燃料)费用之差为 1100 - 560 = 540 元。如果按年产 50 万吨铁产品计,年可为铁厂节省费用为 50 万 × 540 元 = 2.70 亿元。

[0046] 直接还原铁可以代替废钢(吨直接还原铁 = 吨废钢),吨直接还原铁成本价为 1853.16 元,废钢市场价为 2226.67 元,差价为 373.51 元。按年产 50 万吨直接还原铁,年创利为 50 万 × 373.51 = 1.86 亿元。

[0047] 直接还原炼铁是氢冶金在炼铁工艺的应用,氢还原基本反应式为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 3\text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$ 。由此可见,氢冶金最终产品是水而不是 CO₂,从理论而言,CO₂排放为零。根据生产统计数据表明,直接还原炼铁比高炉炼铁 CO₂排放减少 38%,这是低碳炼铁所期待的,是绿色钢铁所必须的,其创造的社会效益是可观的。

[0048] 直接还原铁是纯净铁,S 含量为 0.002 以下,P 含量为 0.002 以下,为电炉冶炼纯净钢创造条件;为钢厂生产高附加值钢材,提高钢材质量创造有利条件,增加钢厂的效益。

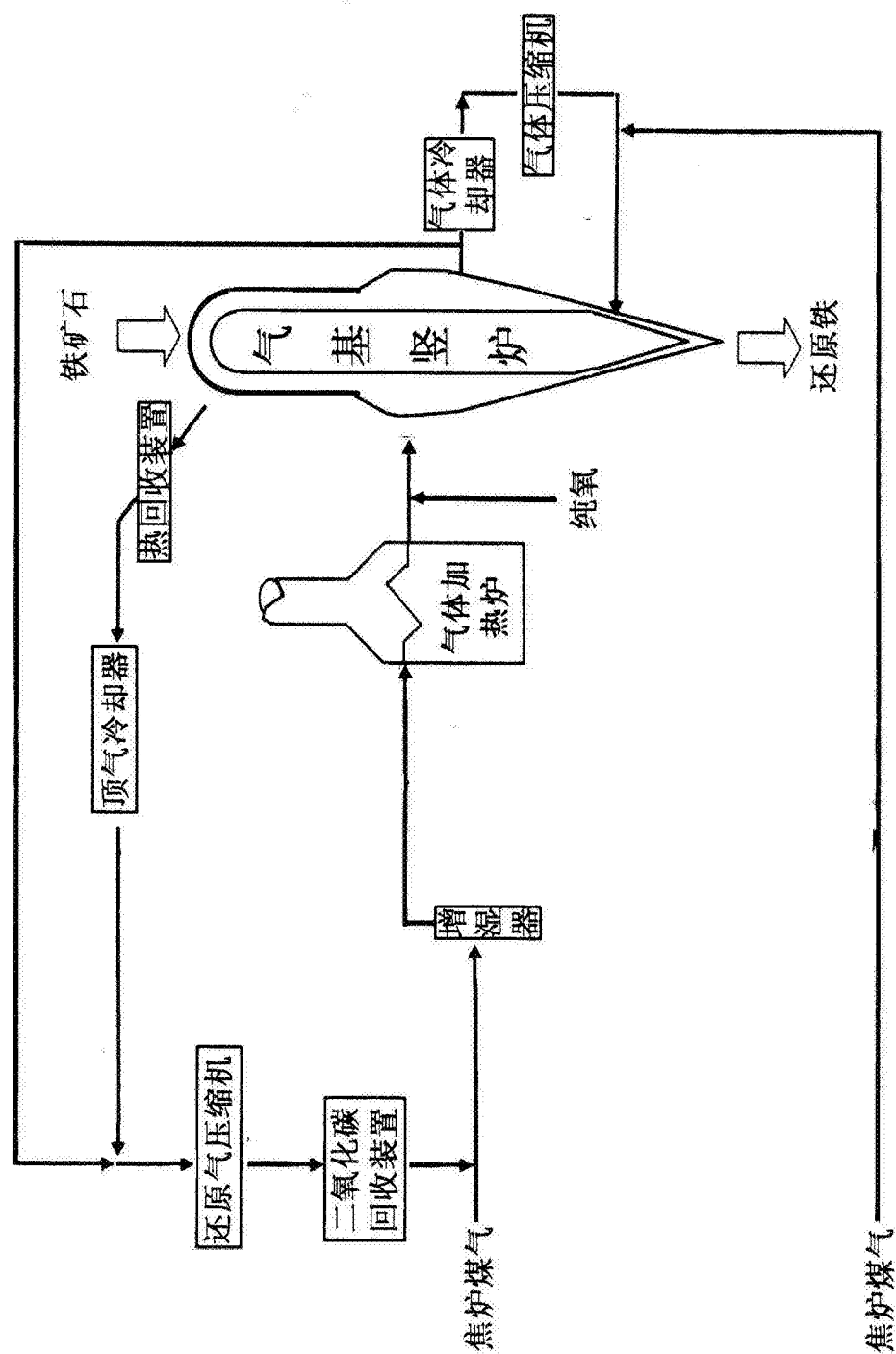


图 1