



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103451344 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201310392489. 7

(22) 申请日 2013. 09. 02

(73) 专利权人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 30 号

(72) 发明人 郭汉杰 韩谊 李永麒 赵松梅

孙贯永 李彬

(74) 专利代理机构 北京金智普华知识产权代理

有限公司 11401

代理人 皋吉甫

(51) Int. Cl.

C21B 11/00(2006. 01)

审查员 彭梅香

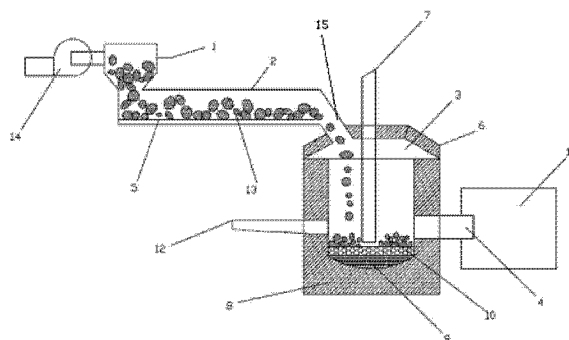
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置及其工艺

(57) 摘要

本发明涉及一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置及其工艺,该装置包括竖炉、预还原炉、电炉及电炉侧壁上的旋风炉的联用。竖炉出口与预还原炉入口直接相连,预还原炉与电炉通过管道相连,旋风炉与电炉通过管道相连。工艺过程包括首先将铁矿粉、煤粉、石灰和粘结剂制成 $\phi 10 \sim 40\text{mm}$ 的含碳球团,在竖炉内利用 $160 \sim 500^\circ\text{C}$ 温度的烟气烘干后进入与竖炉相连的预还原炉,并在由电炉内排出的 $300 \sim 1450^\circ\text{C}$ 的烟气温下进行预还原,再进入电炉,在 $1500 \sim 1800^\circ\text{C}$ 的温度下进行还原熔分;旋风炉是以煤、空气及氧气为原料,供给电炉约 $1000 \sim 1500^\circ\text{C}$ 的高温气体。此方法的特点在于能源效率高;使用各种煤和各种铁矿,铁的回收率高。



1. 一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置, 该装置包括引风机(14)、竖炉(1)、还原炉(2)、电弧炉(3) 和若干旋风炉(11) 组成, 其特征在于, 所述还原炉(2) 为直道型还原炉, 所述还原炉(2) 的炉体内设有链式传动装置(5); 所述引风机(14) 通过管路与所述竖炉(1) 的一端连接, 所述竖炉(1) 底部的出料口与所述还原炉(2) 的进料口连接, 所述还原炉(2) 的出料口通过管路三(15) 与所述电弧炉(3) 的进料口连接, 所述旋风炉(11) 设置在所述电弧炉(3) 一侧, 通过管路四(4) 与所述电弧炉(3) 的联通, 所述管路三(15) 为水冷钢管内衬耐火材料的管道。

2. 根据权利要求 1 所述的 CEO 复合型熔融还原炼铁装置进行还原的工艺, 其特征在于, 具体包括以下步骤:

首先, 将原料按照一定比例加入混料机混合过程加入总量的 8 ~ 14% 的水, 然后压制成型直径 $\phi 10 \sim 40\text{mm}$ 的球团;

其次, 开启旋风炉、电弧炉和引风机, 所述旋风炉煤粉和空气为原料, 以流量为 $100 \sim 1800 \text{Nm}^3/\text{tFe}$, 将温度为 $1000 \sim 1500^\circ\text{C}$ 的高温气体吹入到所述电弧炉内, 所述电弧炉内在所述高温气体和电极的共同作用下, 炉内温度为 $1500 \sim 1800^\circ\text{C}$, 安装于所述竖炉进料口的引风机将所述电弧炉内排出的高温烟气依次引入到直道型还原炉和竖炉内, 分别将直道型还原炉加热到 $300 \sim 1450^\circ\text{C}$, 将竖炉内的温度自上到下加热到 $160 \sim 500^\circ\text{C}$, 将上述步骤 1 压制好的球团混料送入所述竖炉内, 所述球团混料在所述竖炉内下落的过程中被干燥脱水; 其中, 所述旋风炉中耗煤量为 $300 \sim 500 \text{kg}/\text{tFe}$; 所述空气中混合加入 2-4% 的氧气, 氧气的纯度为 99%; 所述电弧炉电极为石墨电极或自焙电极, 耗电量为 $100 \sim 1000 \text{kwh}/\text{tFe}$;

将干燥好的球团导入所述直道型预还原炉中, 球团随炉底链式传动装置以 $1 \sim 20 \text{m}/\text{min}$ 的速度运行, 在温度为 $300 \sim 1450^\circ\text{C}$ 进行预还原, 使球团混料金属化率达到 $20 \sim 90\%$, 预还原结束后球团的温度为 $600 \sim 1450^\circ\text{C}$, 直接热装入与所述还原炉相连的电弧炉中, 在温度为 $1500 \sim 1800^\circ\text{C}$ 进行还原—熔分, 并最终形成液态铁水, 铁的回收率达 98%。

一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置及其工艺

[0001] 技术领域：

[0002] 本发明属熔融还原炼铁设备及工艺，具体涉及一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置及其工艺。

[0003] 背景技术：

[0004] 高炉炼铁工艺经过近百年的发展，已达到相当完善的地步。但其生产流程有其难以克服的缺陷，首先是高炉生产需要品位较高的铁矿石原料和优质焦炭，其次配合高炉生产进行的烧结和炼焦工艺是高污染流程。为了克服高炉炼铁的种种问题，人们研究开发了多种非高炉炼铁法，它们省去了烧结和焦化工序。目前按产品形态不同，非高炉炼铁分为直接还原和熔融还原两种方式。

[0005] 直接还原炼铁工艺是非高炉炼铁的主要方法之一，它是以气体燃料、液体燃料或非焦煤为能源和还原剂，在铁矿石不熔化的情况下被还原得到固态还原铁的方法。直接还原铁工艺又分为气基还原和煤基还原。气基直接还原法在直接还原炼铁工艺中占统治地位，但由于该方法受地域条件和原料条件的限制，发展很不平衡，它仅适合于天然气资源较为充足的地方利用高品位的铁矿进行还原，而以廉价的非焦煤为主要还原剂的直接还原炼铁法可有效避免这种地域限制。煤基还原法以回转窑为主，但也有很多问题，首先结圈问题一直以来都困扰着该工艺的发展，另外效率低，还原速度慢，能耗也较高，这都限制了该工艺的进一步发展。

[0006] 熔融还原炼铁是现代炼铁工业最前沿的技术之一，还处于开发阶段。目前成熟的方法有 COREX 法、韩国 POSCO 公司的 FINEX 都已经进入商业化生产，其余方法技术尚未成熟。在相对成熟的两种方法中，COREX 法的冶炼成本目前还不能与高炉相比，因此推广受到限制；而 POSCO 公司的 FINEX 法中，吨铁用煤 1000Kg 的情况下，还需要用纯氧 500Nm³以上，这就需要配套一个比相同炼钢产量规模大 10 倍的制氧厂（注：一般用铁水炼钢的耗氧量为 50 Nm³/吨钢），对于一个年产 500 万吨钢铁的中等规模的钢铁企业，按照年作业时间 8000 小时计算，每小时 625 吨钢和铁，炼钢需要配套的制氧机组为 31250 Nm³/h，而一般制氧机组 6000 Nm³/h 的投资为 3000 万元人民币，与炼钢配套的制氧投资为 1.6 亿左右人民币，而如果使用 POSCO 公司开发的 FINEX 法，与炼铁配套的制氧则需要 16 亿人民币的投资。这是一个非常大的数字，如果把这个投资计算进去，POSCO 公司的 FINEX 法在炼铁的投资上能否和高炉流程竞争，还需要研究。另外，从能源转化的角度，每次转化都有一定的利用率。氧是用电制得的，也就有用电制氧的效率问题。能不能把制氧所用的电直接使用到直接还原的流程中，这样不仅可以节省制氧投资，也可能会节省用电制氧环节的能源转化引起的损失。如果考虑到能源与投资的合理利用，用部分电取代氧，也比全用氧减少投资。

[0007] 本发明针对现有炼铁工艺的优缺点及我国能源资源的实际情况，开发一种竖炉、预还原炉、电弧炉三个设备联用，不用焦炭、并使能源得到高效合理利用，投资大幅度减少的一种用煤、部分电量和少量的氧的三步法熔融还原炼铁工艺。

[0008] 以下为已公开的熔融还原铁相关发明专利：

[0009] [张宜平等 申请号：200710148673.1] 公开了一种煤基还原金属化球团的熔分炉

炼铁法工艺过程,包括将铁矿粉、煤粉和粘接剂按比例混合、压球、烘干和经转底炉熔融还原成为金属化球团的步骤,以及将固相的热金属化球团装入熔分炉进行终还原的步骤,也是一种二步法熔融炼铁工艺。该工艺的特征在于熔分炉由竖炉和前炉构成,前炉为燃烧室,由两个天然气烧嘴沿切线方向,向燃烧室内喷射天然气,通过烧嘴的中孔将加热到 1000℃ 的含氧量为 30% 的富氧空气喷入助燃,使燃烧室的温度达到 1800 ~ 2000℃,高温热气由燃烧室进入竖炉中,继续加热球团,使之最终还原成液态生铁,渣铁分离,铁水进入铁水罐和 / 或铸铁机铸成板铁,分理处的渣则进入渣罐中。转底炉和熔分炉排放的高温烟气为 1100℃,一部分到烘干炉烘干球团,其余部分进入余热锅炉后进行利用。

[0010] [秦廷许 申请号:201010204541.8]公开了一种转底炉供热的方法与装置,该方法利用转底炉自身产生的烟气余热,先经后燃烧室升温至 1300℃,再分别引入并联连接的球式热风炉和火管式回转干燥机,通过相互衔接的球式热风炉、热管换热器和火管式回转干燥机等组合余热利用装置的协调工作,实现了发生炉煤气燃料和助燃空气的双预热和分级换热,确保转底炉烧嘴处燃烧的火焰温度 $\geq 2200^{\circ}\text{C}$,使高温还原得以实现的同时,实现了铁矿粉的干燥处理。

[0011] [万天骥等 200510104882.7]公开了一种转底炉熔融还原炼铁工艺,该工艺是一种以铁矿粉和煤粉混合制成的自还原球团为原料的二步法熔融还原炼铁工艺。第一步以转底炉实行预还原,从而获得金属化率 $> 80\%$ 的金属化球团,第二步金属化球团热装入熔融造气炉,实现终还原和渣铁分离,得到液态铁,同时产生煤气,作为自身热风炉及转底炉燃气使用。该工艺的最大特点是能源的综合利用,他的转底炉预还原过程并不需要外供燃料,完全是利用熔融造气炉产生的副产品煤气为燃料。

[0012] [董杰等 申请号:200910015461.5]公开了一种含铁物料转底炉双联连续炼钢工艺方法及装置,该工艺是一种用含铁物料转底炉双联连续生产钢水的工艺,熔炼炉内预先形成熔池,喷出含碳物料和氧气,形成泡沫渣;含铁物料通过转底炉还原成金属化率 90 ~ 97%、温度 900 ~ 1200℃ 的含铁物料,通过高温加料系统加入到熔炼炉内被融化还原,同时向熔炼炉内加入熔剂造渣,对钢水脱硫、脱磷,吹入 1200 ~ 1250℃ 的高温氧气或富氧空气,与熔炼炉产生的 CO 燃烧,燃烧产生的高温传至渣面,加速含铁物料和熔剂的熔化,并使用氩气枪向熔炼炉熔池中吹入惰性气体,搅拌熔池钢水,通过熔炼炉底吹氧透气砖向熔炼炉熔池吹入氧气,对钢水进行脱碳、提升钢水温度和搅拌熔池。钢水通过虹吸口连续流入吹氧炉,并加入少量熔剂到吹氧炉内造渣脱硫、脱磷,用插入式氧枪吹氧进一步调整钢水中的 C 含量和温度,以获得钢水直接供 LF 或 RH 精炼炉。

[0013] 由于高炉冶炼存在着对原料要求苛刻、能耗较高及环境污染严重等问题,积极开展非高炉炼铁方面的研究工作,寻找能够替代高炉的炼铁方法是近年来世界各国一直努力的方向。这些方法主要集中在直接还原炼铁和熔融还原炼铁两个方面,目前已有不少的工艺投入生产或计划投入生产。

发明内容

[0014] 为了解决上述问题,本发明的目的是提供一种工艺设备包括用于球团料预热、干燥脱水的竖炉,对球团料进行预还原的预还原炉及用于渣铁熔的 CEO 复合型熔融还原炼铁装置及其工艺。

[0015] 本发明的技术方案是一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置,该装置包括引风机、竖炉、还原炉、电弧炉和若干旋风炉组成。

[0016] 其中,所述还原炉为直道型还原炉,所述炉体内设有链式传动装置;所述引风机通过管路一与所述竖炉的一端连接,所述竖炉底部的出料口通过管路二与所述还原炉的进料口连接,所述还原炉的出料口通过管路五与所述电弧炉的进料口连接,所述旋风炉通过管路六与所述电弧炉连接;所述引风机与所述竖炉的进料口连接,用于将所述电弧炉内的高温烟气依次引入到直道型还原炉和竖炉内。

[0017] 进一步,所述管路六的为水冷钢管内衬耐火材料的管道。

[0018] 本发明的另一目的是提供上述 CEO 复合型熔融还原炼铁装置进行还原的工艺,具体包括以下步骤:

[0019] 首先,将原料按照一定比例加入混料机混合过程加入总量的 8~14% 的水,然后压制制成直径 ϕ 10~40mm 的球团;

[0020] 其次,开启旋风炉、电弧炉和引风机,所述旋风炉煤粉和空气为原料,以流量为 $100\sim 1800\text{Nm}^3/\text{tFe}$,将温度为 $1000\sim 1500^\circ\text{C}$ 的高温气体吹入到所述电弧炉内,所述电弧炉内在所述高温气体和电极的共同作用下,炉内温度为 $1500\sim 1800^\circ\text{C}$,安装于所述竖炉进料口的引风机将所述电弧炉内排出的高温烟气依次引入到直道型还原炉和竖炉内,分别将直道型还原炉加热到 $300\sim 1450^\circ\text{C}$,将竖炉内的温度自上到下加热到 $160\sim 500^\circ\text{C}$,将上述步骤 1 压制好的球团混料送入所述竖炉内,所述球团混料在所述竖炉内下落的过程中被干燥脱水;其中,所述旋风炉中耗煤量为 $300\sim 500\text{kg}/\text{tFe}$;所述电炉电极为石墨电极或自焙电极,耗电量为 $100\sim 1000\text{kwh}/\text{tFe}$ 。

[0021] 将干燥好的球团导入所述直道型预还原炉中,球团随炉底链式传动装置以 $1\sim 20\text{m}/\text{min}$ 的速度运行,在温度为 $300\sim 1450^\circ\text{C}$ 进行预还原,使球团混料金属化率达到 $20\sim 90\%$,预还原结束后球团的温度为 $600\sim 1450^\circ\text{C}$,直接热装入与所述还原炉相连的电弧炉中,在温度为 $1500\sim 1800^\circ\text{C}$ 进行还原一熔分,并最终形成液态铁水,铁的回收率达 98%。

[0022] 本发明的原理是:

[0023] 竖炉用于含碳球团干燥脱水,竖炉球料出口与预还原炉入口处衔接,使球团经过脱水干燥预热直接进入预还原炉进行预还原;预还原炉相当于经过改造转底炉,即将圆型转底炉改为直道型,虽然占地面积稍有增加,但机械部分的投资会大大减少;炉底部为链带式结构方便的传送装置。球团经预还原后从预还原炉出口处直接热装入电炉,电炉入口与预还原炉出口衔接;球团在电炉内进行还原-熔分。电炉由电极供电,电极可用石墨电极也可用自焙电极;为减轻电能压力,用旋风炉为电炉提供高温气体供热;旋风炉安装在电炉侧壁,旋风炉以空气(或富氧空气)通过煤粉的燃烧,通过水冷钢管内衬耐火材料的管道为电炉提供高温气体供热。

[0024] 由于本发明的目的是优化并综合利用煤、电、氧三种能源,故竖炉、预还原炉全部通过电炉内剩余的高温余热进行供热,高温气体由旋风炉产生供给电炉,余热气体通过管道输送经直道型预还原炉,再经过竖炉,竖炉的烟气温度通过其球团的加入多少的调节,始终控制在 160°C ,这就使得能源的利用效率达到最大化,还优化了能源的结构,减少了制氧投资,达到能源的综合利用。既解决竖炉、预还原炉供热问题,同时也为高温余热排放找到了出路。

[0025] 本发明在能源的优化和综合利用方面具有以下特点：

[0026] 1、为回避目前成熟的直接还原炼铁流程 10 倍与炼钢工序的用氧而产生的投资规模的增加，把制氧所用的电能直接用于熔分，可以节省制氧投资，也可节省用电制氧环节的能源转化损失。

[0027] 2、位于电炉的侧壁位置配置 1-4 台在发电企业已经使用成熟的燃煤旋风炉，为电炉提供 1000 ~ 1500℃ 的高温气体，以取得电炉内部分电能的消耗，使熔分电炉装置内的能量由电能和燃煤旋风炉提供的高温烟气共同提供。旋风炉相当于高炉的热风炉，根据给电炉熔分炉所需要的高温气体的温度，在燃煤所需的空气中配加一定量的氧气。

[0028] 3、熔分电炉装置的富余高温气体全部进入预还原炉，为预还原炉内的球团料提供最高约 1400℃ 的温度，以满足球团料的预还原过程。

[0029] 4、经过预还原炉还原后，剩余的高温气体的温度至少含有 400℃ 以上，该部分能量继续提供给竖炉，用以干燥、预热竖炉内的球团。在竖炉内烟气温度为 160 ~ 500℃。通过竖炉顶部的球团的加入量调节，使竖炉顶部气体出口处温度始终不低于 160℃ 的露点，从而使整个系统的热量的利用率达到最大化。

[0030] 本发明球团料的预热和预还原所需的能量完全由熔分电炉装置产生的高温气体提供，不需要任何的外加燃料，由于熔分电炉的部分能量是经燃煤旋风炉产生的高温气体代替，所以电能消耗较少，工艺本身适用范围较广。

[0031] 本发明的优点是：

[0032] 1、球团料经预还原炉预还原后得到的球团金属化率高，大大减轻了熔分电炉终还原的压力，加快了渣铁分离过程，也延长了熔分电炉耐材的使用寿命。

[0033] 2、完全以煤为还原剂，符合当前炼铁工业发展的趋势。

[0034] 3、在熔分电炉上加装燃煤旋风炉装置为电炉提供部分能量，大大降低了电炉电能的消耗，同时由于旋风炉连接在电炉外面，煤粉的灰分不会被带入电炉内，减少了熔分电炉内的渣量，减轻了熔分过程的负担。

[0035] 4、预热竖炉、预还原炉、熔分电炉和旋风炉经过有效地连接，在合理、高效优化利用煤、电、氧三种能源的同时，使整个熔融炼铁设备的功能得到最大化地发挥。况且煤、电、氧三种能源也可根据炼铁企业所在地域机动的配置，当地煤少或运输不方便的对方可以多用电；煤的资源丰富、价格廉价的地方可多用煤；天然气丰富的地方，旋风炉的燃煤可以用天然气取代。

[0036] 5、渣铁分离效果好，其中铁的收率可达 98%。

附图说明

[0037] 图 1 为本发明的工艺流程图。

[0038] 图 2 为本发明的装置的结构示意图。

[0039] 图中：

[0040] 1、竖炉；2、预还原炉；3、电弧炉；4、管路四；5、链式传动装置；6、电炉盖；7、电极；8、电炉内耐火材料层；9、铁水；10、渣；11、旋风炉；12、铁、渣出口；13、球团；14、引风机；15、管路三。

具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术方案做进一步说明。

[0042] 如图 2 所示,本发明一种 CEO 复合型熔融还原炼铁装置,该装置包括引风机、竖炉、还原炉、电弧炉和若干旋风炉组成,所述还原炉为直道型还原炉,所述炉体内设有链式传动装置;所述引风机通过管路一与所述竖炉的一端连接,所述竖炉底部的出料口通过管路二与所述还原炉的进料口连接,所述还原炉的出料口通过管路五与所述电弧炉的进料口连接,所述旋风炉通过管路六与所述电弧炉连接;所述引风机与所述竖炉的进料口连接,用于将所述电弧炉内的高温烟气依次引入到直道型还原炉和竖炉内。

[0043] 实施例 1:

[0044] 将 72% (重量,下同) 的海沙钛铁矿粉 (全铁含量 52-56%, TiO_2 6-8%, 其他元素略)、16% 煤粉 (灰份 20-25%, 硫 0.65-0.75%), 9% 石灰 (含 CaO 90% 以上), 3% 粘接剂混匀加适量水后造球。

[0045] 采用 200KW 的直流电弧炉,在电弧炉上部连接一个 4 米长的底部链式传动的预还原炉,预还原炉的另一段与一个 1 米高的竖炉相连;在离电弧炉的底部 200mm 高的位置,开一个 $\Phi 100$ 的出铁、渣孔。在不出铁渣时,燃煤旋风炉通过出铁渣孔给电弧炉吹入 1400 摄氏度的热风。旋风炉的燃煤量为 100Kg/h,给旋风炉鼓风的空气中混合加入 2-4% 的氧气,氧气的纯度为 99%。

[0046] 将造好的球连续加入竖炉中,20 分钟后先前加入的球团进入预还原炉,通过链式传动装置,球团料从预还原炉的低温段通过 30 分钟逐渐运行到与电炉相连接高温段,还原球团有的金属化率达到 80%。还原球团进入电炉后,进行最终还原和熔分约 20 分钟,每小时产生铁 400Kg,得到的铁水成分为 Fe :98.56%、C :0.52-0.66 %、S :0.11-0.21%、P :0.01-0.2%、Si :0.025-0.3%、Mn :0.02-0.03%。这实际上已经是钢了,只是硫含量超标。

[0047] 吨钢的原料消耗为 :2 吨铁矿,1100Kg 的煤 (包括还原用煤和旋风炉用煤),耗氧 200 Nm^3 ,耗电 500 度。

[0048] 实施例 2:

[0049] 配料方案同实施案例 1.

[0050] 采用 400KW 的直流电弧炉,在电弧炉上部连接一个 4 米长的底部链式传动的预还原炉,预还原炉的另一段与一个 1 米高的竖炉相连;在离电弧炉的底部 200mm 高的位置,开一个 $\Phi 100$ 的出铁、渣孔。

[0051] 把旋风炉甩开不用。

[0052] 将造好的球连续加入竖炉中,20 分钟后先前加入的球团进入预还原炉,通过链式传动装置,球团料从预还原炉的低温段通过 30 分钟逐渐运行到与电炉相连接高温段,还原球团有的金属化率达到 40%。还原球团进入电炉后,进行最终还原和熔分约 20 分钟,每小时产生铁 400Kg。

[0053] 得到的铁水成分同实施案例 1。

[0054] 吨钢的原料消耗为 :2 吨铁矿,320Kg 的煤 (还原用煤),耗电 1000 度。

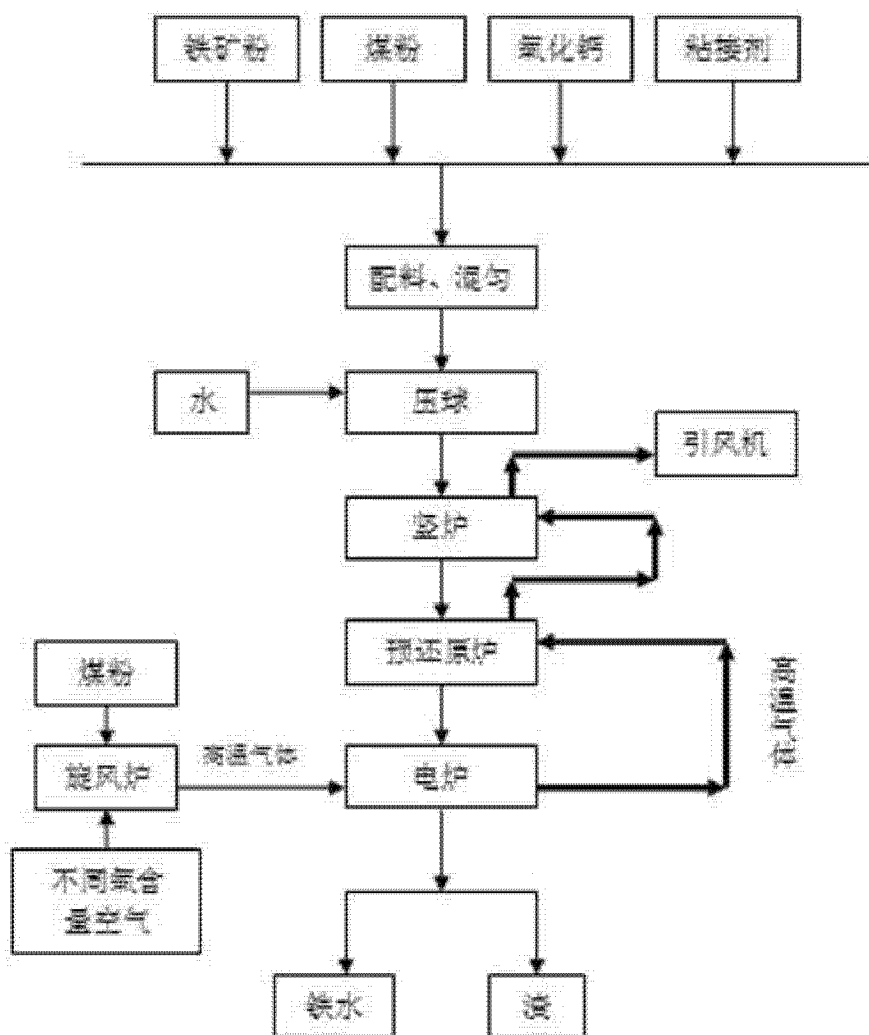


图 1

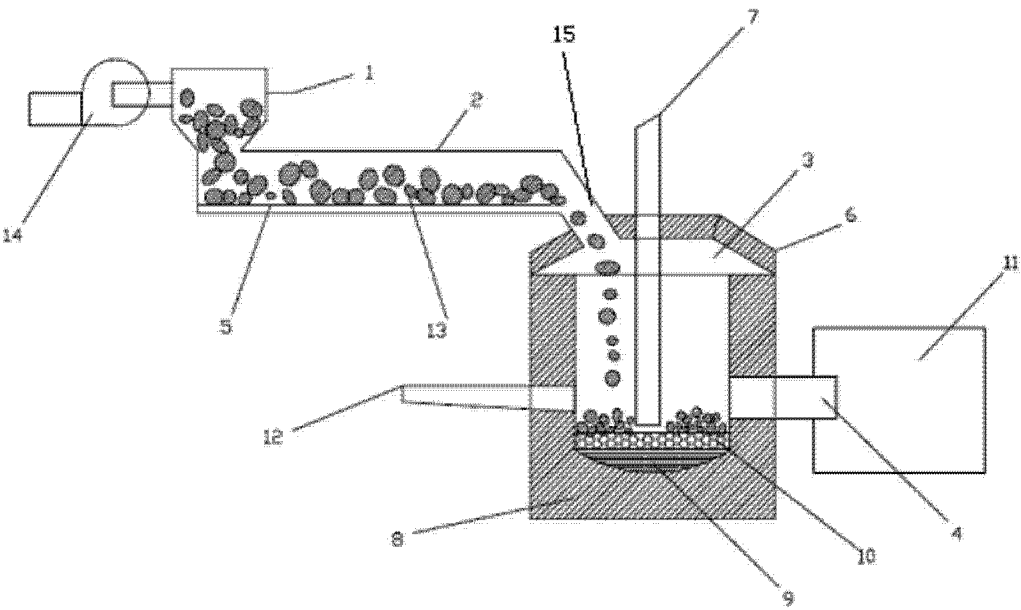


图 2