



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103290160 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201210050397. 6

(22) 申请日 2012. 02. 29

(73) 专利权人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市宝山区富锦路 885 号

(72) 发明人 张友平 彭新 王峰 顾德仁

范建峰

(74) 专利代理机构 上海开祺知识产权代理有限公司

公司 31114

代理人 竺明

(51) Int. Cl.

C21B 13/02(2006. 01)

审查员 王良猷

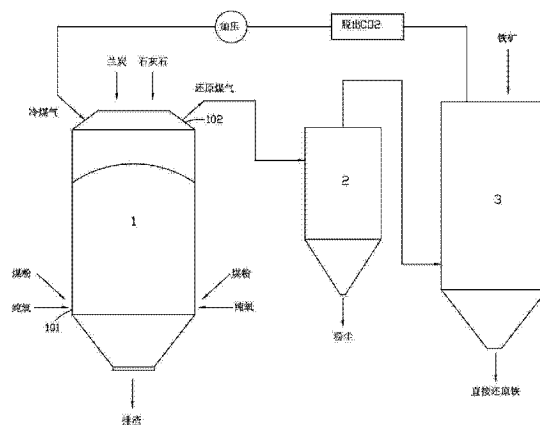
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺

(57) 摘要

一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺,包括如下步骤:1) 兰炭气化,兰炭由气化炉顶部加入,与气化炉下部喷吹的纯氧反应,通过气化炉氧风口喷吹煤粉,喷吹量 200 ~ 350kg/t 兰炭;喷入气化炉的纯氧压力 0.5 ~ 1.0MPa;气化炉出口煤气温度 1000 ~ 1300℃,煤气压力 0.45 ~ 0.95MPa;2) 煤气温度调节,通过冷煤气加入气化炉出口煤气,使气化炉出口煤气温度调节到 800 ~ 900℃,经过热旋风除尘器,将粉尘量减少到 50mg/m³以下;3) 煤气脱硫;4) 铁矿石还原,经过调温和除尘后的出口煤气通入还原竖炉下部,用于生产直接还原铁。本发明是以兰炭纯氧气化为主要特征的生产直接还原铁工艺,生产的直接还原铁可直接用于电炉炼钢,优于传统的以天然气为还原剂的直接还原炼铁流程。



1. 一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺,包括如下步骤:

1) 兰炭气化

粒度为 8 ~ 40mm 的兰炭由气化炉顶部加入,随着气化过程的进行,兰炭由上而下进入燃烧区,与气化炉下部喷吹的纯氧反应,燃烧区温度高达 2000℃ 以上,为了增加煤气量和调节燃烧区温度,通过气化炉氧风口喷吹煤粉,喷吹量为 200 ~ 350kg/t 兰炭;喷入气化炉的纯氧压力为 0.5 ~ 1.0MPa;气化炉产生的出口煤气温度为 1000 ~ 1300℃,煤气压力为 0.45 ~ 0.95MPa,煤气成分中 $\text{CO}+\text{H}_2$ 大于 95%,以体积比计;

2) 煤气温度调节

通过冷煤气加入气化炉出口煤气,将气化炉出口煤气温度调节到 800 ~ 900℃,然后经过热旋风除尘器,将粉尘量减少到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下;

3) 煤气脱硫

在气化炉顶部随兰炭一起加入石灰石,使出口煤气中 H_2S 含量小于 100ppm,石灰石的加入量为 10 ~ 20kg/t 兰炭,其根据兰炭硫含量的不同而定;

4) 铁矿石还原

经过调温和除尘后的出口煤气通入还原竖炉下部,用于生产直接还原铁,竖炉炉顶煤气经过 TRT 余压发电回收压力能,再脱除 CO_2 后用于气化炉出口煤气的温度调节,同时回收 CO_2 。

一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及直接还原铁制造技术,具体涉及一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺,其为一种节能型直接还原铁制造技术。

背景技术

[0002] 随着世界优质废钢资源的日益短缺,直接还原铁(DRI)生产技术日益受到冶金界的重视,近年来世界各国在开发直接还原铁生产技术方面都下了不少功夫,生产能力得到飞速发展,90年代以来世界直接还原铁产量以每年10%的幅度逐年增长。1970年全世界直接还原铁产量仅83万t,到1997年以已达3620万t。由于电炉炼钢比例的增长及对高等级钢材的需求增加,需要更多的直接还原铁这种纯净原料来保证钢材质量。直接还原技术也将进一步发展,2010年全世界直接还原铁的年产量达7000多万t。

[0003] 目前直接还原铁工业生产中,气基竖炉法Midrex, HYL-III法占据绝对优势。实践证明气基竖炉法具有生产技术成熟、设备可靠、单位投资少、生产率高(容积利用系数达 $8 \sim 10\text{t}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$),单炉产量大(达180万t/a),产品成本低等优点,具有很强的竞争力。但是它们均需采用天然气作还原气原料,因此其发展只能在天然气资源丰富并廉价的地区发展。

[0004] 由于煤在全世界和中国分布广、储量大、预计21世纪将有更多的煤基直接还原工厂投产。目前世界上占优势的煤基直接还原方法是回转窑法,这种方法的主要优点是可以直接用煤作燃料和还原剂,其缺点是单位投资高,生产率低(容积利用系数 $0.42\text{t}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)单炉产量低(最大为 $15 \sim 18$ 万t/a)。生产成本低,因此发展缓慢,到目前全世界煤基回转窑仅300万t/a生产能力,我国从70年代开始研究开发,迄今形成40万t/a生产能力。

[0005] 在我国煤炭丰富而缺少天然气的条件下,以煤气化为还原气来源的竖炉直接还原炼铁工艺有望成为未来的发展方向。就煤气化和竖炉直接还原炼铁方面而言,都各有成熟的工艺。煤气化工艺在化工行业已广泛应用,但由于气化压力、温度、煤气成分和硫含量等方面的不同,目前各种煤气化工艺产生的煤气并不能直接应用于直接还原铁的生产。申请者曾以国际上先进的shell煤气化工艺为起点,研究了煤气化工艺与竖炉技术相结合生产直接还原铁的技术经济性。以工业氧及水蒸汽为氧化剂、采用成熟的粉煤加压气化、煤气变换和脱硫、炉顶气脱除 CO_2 循环利用技术及直接还原竖炉技术,生产出直接还原铁。上述以煤气化为基础的直接还原炼铁工艺,尽管技术上能够实现,但流程复杂,投资高,在目前我国的现实条件下,并不具有良好的经济性。其它各种以煤为主要原料的气化工艺也难以满足竖炉生产直接还原铁的要求。

[0006] 中国专利CN1109911“一种煤基造气竖炉法生产海绵铁的方法”公开的技术是以水煤浆气化为原料产生还原气,该合成气中有效气成分低,需冷却到常温,脱除 H_2S 和 CO_2 后再将还原气再加热到竖炉所需要的温度($800\sim 900^\circ\text{C}$)。中国专利CN1109510“氧煤-气基直接还原工艺”采用煤氧常压气化,合成气经除尘脱硫后仍需加压、加热后才能进入直接还原竖炉。中国专利CN1152619“还原气生产海绵铁联产合成氨的方法”公开的技术也是以水

煤浆气化为基础,冷却后的合成气经净化处理和升温后进入还原竖炉,竖炉出口的尾气用于合成氨。中国专利 CN1275624 “煤造气竖炉还原铁矿石的海绵铁生产工艺及其装置”公开的技术是以德士古水煤浆气化为基础,产生的合成气需低温脱硫和 CO₂ 脱除工序,净化后的还原气进入竖炉生产海绵铁。美国专利 US3844766 “用液体或固体原料将铁氧化物还原成金属海绵铁的方法”,是将原料液体油或煤与水蒸汽和氧气混合喷入部分氧化气化炉中进行气化,产生的气体脱除 CO₂ 后经换热式加热器和气体变换器从室温进一步加热到还原反应所要求的温度(约 815℃)等。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺,以兰炭纯氧气化为主要特征生产直接还原铁,生产的直接还原铁可直接用于电炉炼钢,优于传统的以天然气为还原剂的直接还原炼铁流程。

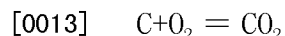
[0008] 近年来,我国兰炭产能增长迅速,2010 年产能规模约为 4500 万吨,已经初步形成了一个产业集群和相对稳定的市场体系。兰炭也称半焦,结构为块状,颜色呈浅黑色。兰炭是由优质精煤块低温干馏而成的,作为一种新型的炭素材料,以其固定炭高(>82%)、比电阻高、化学活性高、含灰份低、铝低、硫低、磷低的特性,已部分取代冶金焦广泛应用于钢铁和铁合金的生产,其应用领域也在不断扩大。

[0009] 在此背景下,本发明提出一种以兰炭纯氧气化生产直接还原铁的工艺流程。其原理是将兰炭颗粒在填充床内采用纯氧气化,产生的热煤气经过兑冷煤气将温度调节到 800-900℃,然后将煤气除尘后通入直接还原竖炉,生产的直接还原铁可作为炼钢短流程生产的优质原料,提高钢铁产品的竞争能力。在兰炭气化过程中,通过氧气风口向气化炉内喷吹煤粉,一方面可调节燃烧区的温度,同时增加煤气发生量。针对现有煤气化生产直接还原铁的技术难点,采用兰炭纯氧气化工艺和其它技术手段,满足竖炉工艺的要求。

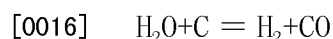
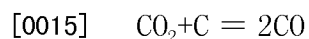
[0010] 本发明提出了一种兰炭纯氧气化方案,出口煤气由竖炉净化后的冷煤气来调节温度,再经热旋风除尘后用于竖炉生产直接还原铁。兰炭气化炉加入石灰石的目的是生产低硫煤气,该工艺流程的技术路线如下:

[0011] 作为一种半焦,兰炭一般含固定碳大于 82%,挥发份小于 4%,具有一定的粒度分布,在本技术条件下,要求兰炭粒度为 8~40mm。

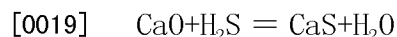
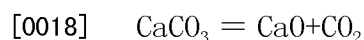
[0012] 将纯氧喷入具有一个或多个风口的兰炭气化炉中,在风口前形成回旋燃烧区,兰炭和煤粉的燃烧反应为:



[0014] 随着向外围扩散,又接着发生如下反应:



[0017] 同时在气化炉中上部还发生如下反应:



[0020] 兰炭纯氧气化炉具有以下特点:

[0021] ●对兰炭粒度、硫含量和灰份具有很大的兼容性。对于大于 8mm 的兰炭颗粒都可

用于气化。

[0022] ●用纯氧作为气化剂,获得的煤气中有效气成分高,CO+H₂ 大于 95%。

[0023] ●在兰炭气化过程中,通过氧气风口向气化炉内喷吹煤粉,一方面可调节燃烧区的温度,同时增加煤气发生量。

[0024] ●气化压力 0.45 ~ 0.95MPa,有利于实现与还原竖炉的衔接。

[0025] ●石灰石的加入可实现煤气脱硫,通过控制石灰石的加入量来控制煤气的硫含量,可将煤气 H₂S 含量控制在 100ppm 以下,满足直接还原铁生产对煤气硫含量的要求。

[0026] ●熔渣主要由兰炭的灰份和脱硫产物以及未反应完全的 CaO 组成,易于从下部排出。

[0027] 气化炉产生的煤气经冷却煤气(由竖炉出口煤气脱除 CO₂ 后获得)汇兑后将煤气温度调节到 800 ~ 900℃,进入竖炉生产直接还原铁,主要化学反应如下:

[0028] $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 = 2\text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$,

[0029] $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{FeO} + \text{CO}_2$,

[0030] $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$,

[0031] $\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$

[0032] 还原竖炉的操作压力为 0.4 ~ 0.9MPa。操作压力越高,煤气还原能力越强,竖炉产能越大。同时也减少了炉顶煤气携带出的粉尘量,意味着铁矿耗量的减少,生产成本降低。但操作压力越高,对设备要求也越高,需要综合考虑。

[0033] 具体地,本发明的技术方案是:

[0034] 一种兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺,包括如下步骤:

[0035] 5) 兰炭气化

[0036] 粒度为 8 ~ 40mm 的兰炭由气化炉顶部加入,随着气化过程的进行,兰炭由上而下进入燃烧区,与气化炉下部喷吹的纯氧反应,燃烧区温度高达 2000℃ 以上,为了增加煤气量和调节燃烧区温度,通过气化炉氧风口喷吹煤粉,喷吹量为 200 ~ 350kg/t 兰炭;喷入气化炉的纯氧压力为 0.5 ~ 1.0MPa;气化炉产生的出口煤气温度为 1000 ~ 1300℃,煤气压力为 0.45 ~ 0.95MPa,煤气成分中 CO+H₂ 大于 95%,以体积比计;

[0037] 6) 煤气温度调节

[0038] 通过冷煤气加入气化炉出口煤气,将气化炉出口煤气温度调节到 800 ~ 900℃,然后经过热旋风除尘器,将粉尘量减少到 50mg/m³ 以下;

[0039] 7) 煤气脱硫

[0040] 在气化炉顶部随兰炭一起加入石灰石,使出口煤气中 H₂S 含量小于 100ppm,石灰石的加入量为 10 ~ 20kg/t 兰炭,其根据兰炭硫含量的不同而定;

[0041] 8) 铁矿石还原

[0042] 经过除尘和调温后的出口煤气通入还原竖炉下部,用于生产直接还原铁,竖炉炉顶煤气经过 TRT 余压发电回收压力能,再脱除 CO₂ 后用于气化炉出口煤气的温度调节,同时回收 CO₂。

[0043] 本发明以兰炭为主要能源和还原剂,气化过程中没有焦油产生,获得的煤气有效气(CO+H₂)含量高;通过喷吹煤粉增加煤气量和调节燃烧区温度;煤气发生炉产生的煤气由竖炉返回的冷煤气进行温度调节,减少了高温煤气激冷到室温的热损失及冷煤气再加热

到竖炉直接还原温度的燃料消耗,同时避免了还原气在加热过程中析碳反应的发生;通过加入石灰石的方法,实现兰炭气化过程中的煤气脱硫,满足了直接还原铁对硫含量的要求;气化煤气调节温度后经过热旋风除尘通入竖炉生产直接还原铁;竖炉炉顶煤气脱除 CO_2 后用于发生炉煤气的温度调节,同时将 CO_2 捕集,减少 CO_2 的排放。

[0044] 本发明的有益效果

[0045] 1. 我国煤炭资源丰富,具有充足的兰炭产能,因此本发明可以在我国缺乏石油天然气资源的条件下实施。

[0046] 2. 直接以块矿或球团矿为原料,避免传统高炉炼铁工艺的烧结工序,减少了投资,减少了环境污染。

[0047] 3. 以兰炭为主要能源和还原剂,避免使用昂贵的焦炭,实现无焦炼铁,节省投资,减少污染。

[0048] 4. 气化煤气由冷煤气来调节温度,实现了热量的合理利用,减少了热量损失,提高能源利用率。

[0049] 5. 由于有效的温度调节,避免了含 CO 高的冷煤气加热到 $400\sim 700^\circ\text{C}$ 过程中发生的严重析碳故障。

[0050] 6. 在直接还原铁生产过程中,实现了 CO_2 捕获,显著降低了对环境的污染。

附图说明

[0051] 图 1 为本发明兰炭生产直接还原铁的工艺流程示意图。

[0052] 图 2 为本发明实施例的示意图。

具体实施方式

[0053] 下面结合实施例对本发明做进一步说明。

[0054] 参见图 1、图 2,本发明的兰炭纯氧气化生产直接还原铁工艺,包括如下步骤:

[0055] 1) 兰炭气化

[0056] 粒度为 $8\sim 40\text{mm}$ 的兰炭由气化炉 1 顶部加入,随着气化过程的进行,兰炭由上而下进入燃烧区,与气化炉 1 下部喷吹的纯氧反应,燃烧区温度高达 2000°C 以上,为了增加煤气量和调节燃烧区温度,通过气化炉 1 氧风口 101 喷吹煤粉,喷吹量为 $200\sim 350\text{kg/t}$ 兰炭;喷入气化炉的纯氧压力为 $0.5\sim 1.0\text{MPa}$;气化炉 1 产生的出口 102 煤气温度为 $1000\sim 1300^\circ\text{C}$,煤气压力为 $0.45\sim 0.95\text{MPa}$,煤气成分中 $\text{CO}+\text{H}_2$ 大于 95% ,以体积比计;

[0057] 2) 煤气温度调节

[0058] 通过冷却煤气加入气化炉 1 出口煤气,将气化炉 1 出口煤气温度调节到 $800\sim 900^\circ\text{C}$,然后经过热旋风除尘器 2,将粉尘量减少到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下;

[0059] 3) 煤气脱硫

[0060] 在气化炉 1 顶部随兰炭一起加入石灰石,使出口煤气中 H_2S 含量小于 100ppm ,石灰石的加入量为 $10\sim 20\text{kg/t}$ 兰炭,其根据兰炭硫含量的不同而定;

[0061] 4) 铁矿石还原

[0062] 经过除尘和调温后的出口煤气通入还原竖炉 3 下部,用于生产直接还原铁,还原竖炉 3 炉顶煤气经过 TRT 余压发电回收压力能,再脱除 CO_2 后用于气化炉出口煤气温度调

节,同时回收 CO_2 。

[0063] 实施例

[0064] 生产直接还原铁所用的原料兰炭和喷吹用煤粉以及铁矿石的主要成分分别见表 1、表 2 和表 3。采用纯度为 99.6% 氧为气化剂。

[0065] 表 1 兰炭的主要成分, %

[0066]

成分	固定碳	挥发份	水分	灰份	S
含量	85.95	3.43	4.53	5.67	0.05

[0067] 表 2 喷吹煤粉的主要成分, %

[0068]

成分	固定碳	挥发份	水分	灰份	S
含量	77.13	8.39	2.21	12.32	0.15

[0069] 表 3 铁矿石主要成分, %

[0070]

成分	TFe	FeO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	S
含量	65.95	0.43	2.37	2.53	0.67	0.08	0.03

[0071] 纯氧喷入兰炭气化炉内,回旋区理论燃烧区温度大于 2000°C ,兰炭和喷吹的煤粉在此燃烧,产生的煤气到达炉顶时温度约 1200°C ,煤气成分见表 4。

[0072] 表 4 兰炭气炉炉顶煤气成分, %

[0073]

成分	CO	H_2	CO_2	Ar	N_2	H_2S
% Vol	84.73	10.09	3.01	0.14	1.54	0.01

[0074] 竖炉煤气脱除 CO_2 后的产物,其中富含 CO 的部分用于气化炉出口煤气温度调节,将气化炉出口煤气调节到 850°C ;富含 CO_2 的部分可另做它用,从而减少 CO_2 的排放。竖炉出口煤气和脱除 CO_2 后的冷煤气的成分见表 5 和表 6。

[0075] 表 5 竖炉出口煤气成分, %

[0076]

成分	CO	H_2	CO_2	H_2O	N_2	H_2S
% Vol	54.73	5.07	33.01	5.13	1.82	0.01

[0077] 表 6 冷煤气主要成分, %

[0078]

成分	CO	H_2	CO_2	Ar	N_2	H_2S
----	----	--------------	---------------	----	--------------	----------------------

% Vol	89.02	6.23	2.01	0.23	2.15	0.001
-------	-------	------	------	------	------	-------

[0079] 850℃的气化炉出口煤气经过热旋风除尘,将含尘量降低到 50mg/m³ 以下,然后通入竖炉生产直接还原铁。进入竖炉的煤气成分和生产的直接还原铁成分见表 7 和表 8。

[0080] 表 7 进入竖炉的还原煤气成分, %

[0081]

成分	CO	H ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ S
% Vol	85.94	9.35	2.6	1.7	0.005

[0082] 表 8 竖炉生产的直接还原铁成分, %

[0083]

矿种	全铁	金属铁	金属化率	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	C	S
球团	88.44	81.78	92.47	2.93	2.97	0.62	1.80	0.02

[0084] 兰炭气化炉每气化 1 吨兰炭、消耗 1050m³ 纯度为 99.6% 的氧气,喷吹煤粉 350kg,消耗石灰石 15kg,产生表 4 成分的煤气 2750m³。工艺过程中保证竖炉压力为 0.4~0.9MPa,生产的直接还原铁可作为冶炼优质钢的原料。

[0085] 在上述直接还原铁生产工艺中,除对还原煤气温度和硫含量具有严格要求外,直接还原铁的质量还与铁矿石原料的质量密切相关。在上述实施例,若铁矿石采用如表 9 所示的优质球团矿,可获得一级直接还原铁,产品中全铁含量大于 92%,金属化率大于 92%

[0086] 表 9 球团矿主要成分, %

[0087]

成分	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S
含量	69.04	0.31	1.17	0.53	0.56	0.09	0.04

[0088] 本发明将兰炭气化技术和竖炉直接还原工艺有效结合,以兰碳纯氧气化为还原气来源,实现低硫直接还原铁生产。具有良好的技术经济指标。本发明工艺流程易于实现,结构紧凑,具有设备可靠和投资低等特点。

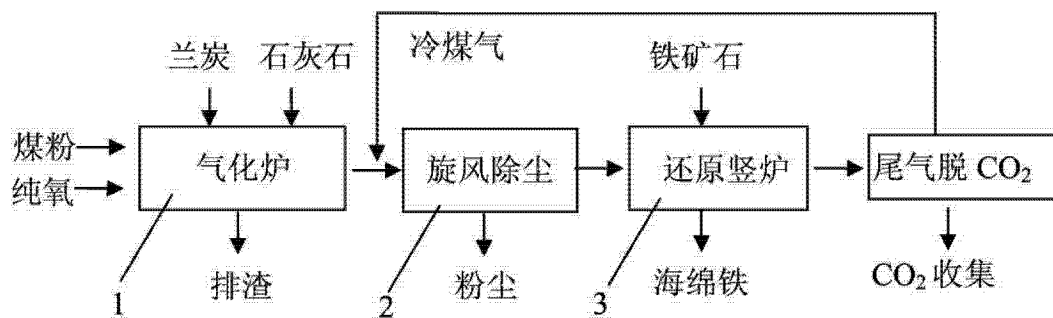


图 1

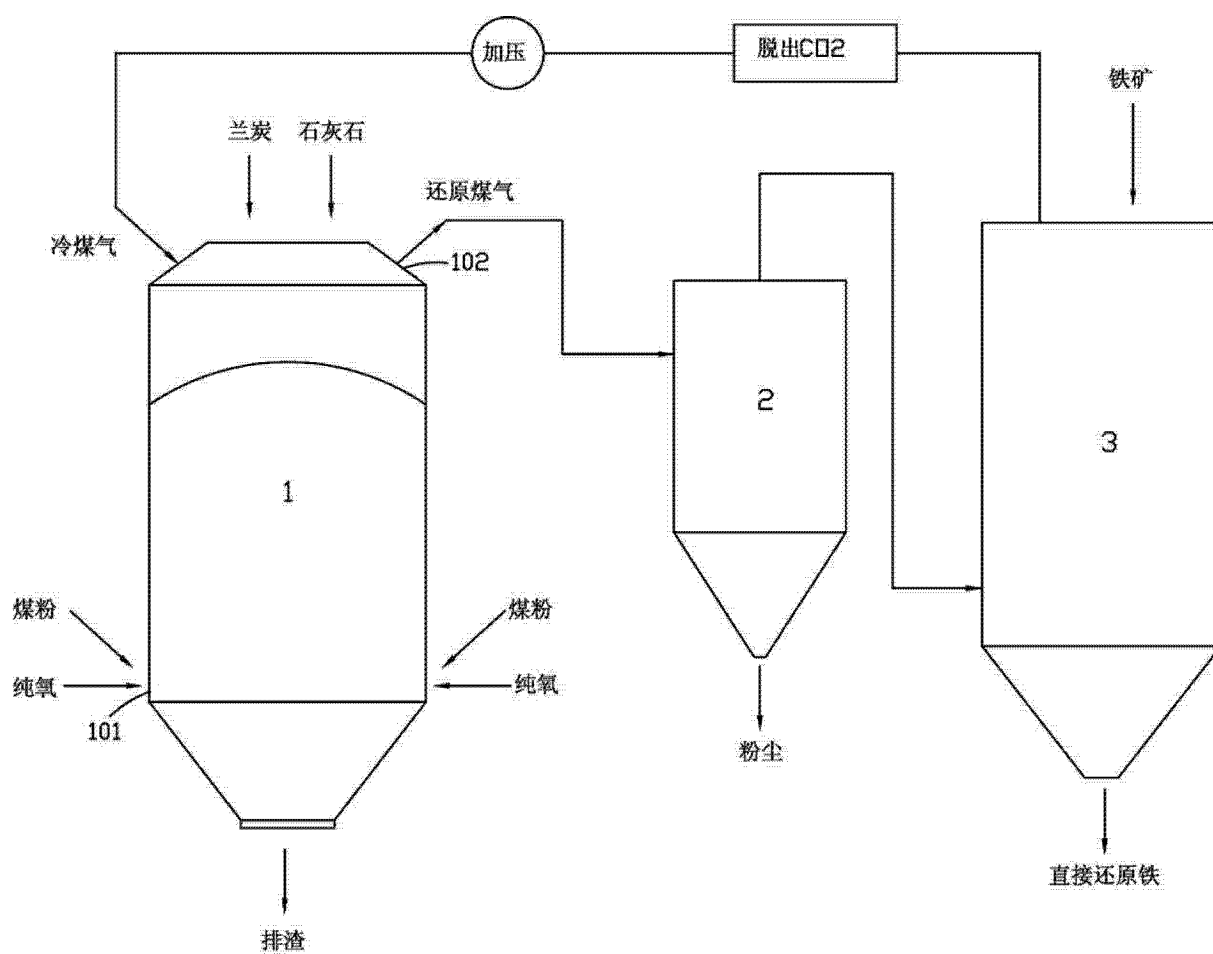


图 2