



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101879397 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 11

(21) 申请号 201010176830. 1

(22) 申请日 2010. 05. 07

(30) 优先权数据

12/436849 2009. 05. 07 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S·D·德雷珀 S·拉比埃

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51) Int. Cl.

B01D 53/047(2006. 01)

F23R 3/28(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4345939 A, 1982. 08. 24,

CN 1030941 A, 1989. 02. 08,

CN 1215625 A, 1999. 05. 05,

CN 1222460 A, 1999. 07. 14,

CN 1746478 A, 2006. 03. 15,

CN 201209146 Y, 2009. 03. 18,

CN 1224046 A, 1999. 07. 28,

审查员 杜赞玲

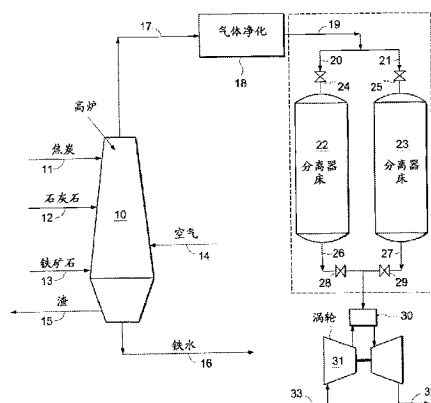
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

用于从高炉气中分离氮气的氧气浓缩器的使用

(57) 摘要

本发明涉及用于从高炉气中分离氮气的氧气浓缩器的使用。一种从包含氧气、氮气和未燃碳氢化合物的高炉排气流(17)中连续地移除氮气以便形成包含残余碳氢燃料的燃气涡轮发动机(31)的补充供给的方法:首先移除在高炉排气流(19)中夹带的固体颗粒以产生基本上无颗粒的气体(19);传送无颗粒的气流(19)通过包含能够从空气中吸附氮气的吸附材料的至少一个分离器床(22);吸附基本上所有的氮气,作为分离器床内的固体上的间隙氮气;将离开分离器的未吸附的碳氢燃料和氧气成分供给到燃气涡轮发动机(31)以及从分离器床中移除吸附的氮气。



1. 一种从包含空气和未燃碳氢化合物的高炉排气流中移除氮气以形成燃气涡轮发动机的补充供给的方法,其包括步骤:

移除在所述高炉排气流中所有的夹带的固体颗粒以形成无颗粒的气流;

传送所述无颗粒的气流通过并行操作的多个分离器床中的第一分离器床,其中,每个分离器床包括能够从所述无颗粒的气流中的空气中吸附氮气的吸附材料,并且其中,所述吸附材料形成包含沸石、活性碳、硅胶或矾土的珠子的分子筛;

吸附在所述无颗粒的气流中的所有的氮气,作为在所述多个分离器床中的所述第一分离器床内的固体上的间隙氮气;

在所述多个分离器床中的所述第一分离器床吸附所述氮气之后,将在所述无颗粒的气流中的未吸附的碳氢燃料和氧气成分供给到所述燃气涡轮发动机;以及

同时从所述多个分离器床中的第二分离器床排出吸附的氮气。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述移除夹带的固体颗粒的步骤将颗粒从 $8.1\text{g}/\text{Nm}^3$ 降低到 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的水平。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述从所述高炉排气流中移除氮气的步骤作为连续工艺实施。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,存在于所述高炉排气流中的氮气的量是45%到50%体积比。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括在将所述气流供给到所述燃气涡轮发动机之前传送所述无颗粒的气流通过胺或膜分离单元的步骤。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述移除夹带颗粒的步骤包括首先传送所述高炉排气流通过旋风分离器。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述分离器床中的至少一个操作以吸附氮气,而其余分离器床中的至少一个操作以从床中排出吸附的氮气。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述其余分离器床的所述一个通过降低所述床的操作压力以释放氮气而周期性地再生。

9. 一种用于从包含空气和未燃碳氢化合物的排气流中移除氮气以形成燃气涡轮发动机的补充供给的系统,其包括:

静电式除尘器,其在尺寸方面设置成移除夹带在所述高炉排气流中的固体颗粒以形成无颗粒的气流;

并行操作的多个分离器床,其中,每个分离器床包括能够吸附在所述无颗粒的气流中的所有的氮气的吸附材料;

第一气体传输阀,其可操作以引导包含氮气的所述无颗粒的气流进入并通过所述并行操作的分离器床中的第一分离器床;

第二气体传输阀,其可操作以从所述多个分离器床中的第二分离器床排出吸附的氮气;以及第三气体传输阀,其可操作以引导所述多个分离器床中的第一分离器床下游的所述无颗粒的气流进入到所述燃气涡轮发动机的燃烧器中。

10. 根据权利要求9所述的用于从包含空气和未燃碳氢化合物的排气流中移除氮气以形成燃气涡轮发动机的补充供给的系统,其特征在于,所述吸附材料形成包含沸石、活性碳、硅胶或矾土的珠子的分子筛。

11. 根据权利要求 9 所述的用于从包含空气和未燃碳氢化合物的排气流中移除氮气以形成燃气涡轮发动机的补充供给的系统,其特征在于,存在于所述排气流中的氮气的量是 45%到 50%体积比。

12. 根据权利要求 9 所述的用于从包含空气和未燃碳氢化合物的排气流中移除氮气以形成燃气涡轮发动机的补充供给的系统,其特征在于,所述分离器床包括并行操作的多个分离器床,其中,所述操作为每次操作一个床。

用于从高炉气中分离氮气的氧气浓缩器的使用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使用在铸造高炉气中可获得的余热和机械能的方法,更具体地涉及用于处理包含残余量的未燃碳氢燃料的高温高炉排气以形成用于燃气涡轮发动机的清洁的补充燃烧气体和工作流体的工艺。

背景技术

[0002] 众所周知,将铁矿石还原成商品级铁和钢的高炉操作遭受显著的低热效率。典型的高炉仅仅使用供应到冶炼厂以制造粗铁的总热能的大约 66%,其中需要非常大量的空气以燃烧焦炭供给。还已知的是,高炉排气流经常包含在铁矿石还原工艺中必须释放的、处理的或保持未使用的可使用量的未燃碳氢化合物。

[0003] 以前保存高炉操作期间及其之后产生的热能的努力主要集中在减少执行初始铸造操作所必需的燃料量,诸如减少用于加热铁矿石的焦炭气、天然气或加热油的量。基于可通过增加燃料气体供给的输入温度改进任何冶金工艺的经济性的理论,其它方法已企图使来自高炉排气的热量再循环以支持铁矿石的初始提炼。

[0004] 近年来,提出有限数量的技术以通过在下流操作中更好地利用高炉排气的热量和潜在功来改善铸造操作的热效率,包括驱动发电设备的旋转件的气流。然而,这些已知的工艺遭受显著的低热效率,以及由于在排气中存在固体颗粒而引起的操作问题。此外,对于较小尺寸的铸造炉,相关的燃气涡轮发动机的发电容量在经济性上可能是不合理的。

[0005] 购买并安装所需的发电设备的初始投资可能是非常昂贵的,这使得收回下游工艺中的投资的时间令人无法接受地长。许多称为“联合”的工厂也没有足够的空间来容纳从排出的高炉气中发电所必需的相对复杂和昂贵的设备,这主要因为需要容纳在铸造操作开始时以环境空气的形式引入到高炉中的大量的氮气。来自普通高炉的标称排气流包括 45-50% 体积比的氮气。

[0006] 因此,迄今为止,处理高炉排气的大多数传统工厂不能够完全重新捕获排气在其离开高炉时的燃烧值或潜在功。典型地,气体在 1.5 和 2.0 巴计量之间的压力下在具有较高的可感热容量(气体温度典型地在 150°C 和 200°C 之间)的情况下产生于炉子。排气还包含氮气和气态形式的未燃碳氢燃料的残余量。已尝试回收残余燃料成分和/或使用从排出的高炉气中可获得的工作力。然而,不变地,这种工艺因在排气中存在氮气、二氧化碳和一氧化碳而遭遇有限的成功,这些排气中的氮气、二氧化碳和一氧化碳倾向于降低任何随后使用的燃料值,尤其在燃气涡轮发动机中。

[0007] 因此,假如供给到涡轮发动机的氮气量可显著减少,那么存在提高燃气涡轮发动机的结合的燃料供给的总体热效率的可能。在过去,利用市场上可获得的“氧气浓缩器”,分子筛(molecular sieve)已小规模用于从环境空气中分离 N_2 。一种称为“变压吸附”(“PSA”)的已知方法基于种的分子特征和对吸附材料的亲合力,成功地用于在压力下将特定气体种从气体混合物中分离。PSA 在环境温度附近操作,因此不同于导致气体分离的低温蒸馏技术。专用的吸附材料作为分子筛,优选在高压下吸附目标气体种。然后,该工艺转换到低压

以使吸附材料解除吸附。

[0008] 由于多种原因,采用 PSA 技术的传统氧气浓缩器不能大规模地有效地用于处理高炉排气或产生到燃气涡轮发动机的补充供给。例如,传统的氧气浓缩器在清除诸如存在于高炉排气流中的一氧化碳、二氧化碳或氩气的高炉燃烧的其它副产物时不是有效的。

[0009] 来自铸造高炉的排气造成使未经处理的气体对于下游燃气涡轮发动机中的使用不可接受的另一个重要问题。由于在初始高炉操作期间产生和夹带于排气中的固体颗粒的存在,该气体不能直接供给到燃烧器或产生动力的燃气涡轮发动机的任何级中。燃气涡轮发动机的制造商通常要求大约 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的最大进口颗粒负荷。因此,在任何高炉气能够合格地在燃气涡轮发动机中使用之前,它必须经过清洁以将该气体从其初始的“肮脏”状态(典型地 $8.10\text{g}/\text{Nm}^3$) 转换到燃气涡轮进口所需的标准。

发明内容

[0010] 根据本发明的从高炉排气流中分离氮气的工艺包括基本步骤:(1) 移除在高炉排气流(通常包含大约 45-50% 氮气、氧气、残余碳氢燃料化合物以及碳颗粒)中夹带的固体颗粒,以形成基本上无颗粒的气流;(2) 传送无颗粒的气流通过包含能够从该气流中的空气中吸附氮气的吸附材料的至少一个分离器床;(3) 吸附存在于气流中的基本上所有的氮气,作为位于至少一个分离器床中的固体上的间隙(interstitial) 氮气;(4) 将离开分离器的任何未被吸附的碳氢燃料和氧气成分作为补充燃料供给到燃气涡轮发动机中;以及(5) 从分离器床上移除吸附的氮气。

附图说明

[0011] 图 1 是本发明的示例性实施例的工艺流程图,其示出用于在将气流引入到燃气涡轮发动机中之前移除存在于高炉气流中的基本上所有的游离氮气的设备的要件和关键工艺流程。

具体实施方式

[0012] 如上所述,高炉排气的主要组成气体包括氮气、二氧化碳、一氧化碳、氧气、少量惰性化合物(例如,氩)以及残余的未燃碳氢燃料成分。本发明的分离器/浓缩器系统移除大部分的游离氮气,从而增加可获得的氧气和气态碳氢化合物的量。在本发明的示例性实施例中,移除夹带的固体颗粒的步骤将颗粒浓度从大约 $8.1\text{g}/\text{Nm}^3$ 降低到大约 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的水平。优选地,用于实施该工艺的吸附材料包括包含沸石、活性碳、硅胶或矾土的珠子的分子筛。根据本发明的方法还设想使用并行操作的多个分离器床,也就是说,至少一个分离器床吸附氮气,而其它床操作成移除已吸附的氮气。

[0013] 重要地,本发明以改善下游燃气涡轮发动机的总体效率方式首先处理然后再利用高炉排气。大多数高炉气的 N_2 含量在干燥基础上典型地在 45% 到 50% 体积比之间。尽管排气包括可用量的氧气和碳氢燃料,但是存在于高炉气中的氮气的量显著地降低该气体的热值。气流中的氮气和燃烧副产物的量还使得使用传统的气体净化方法隔离任何剩余的碳氢燃料变得困难和昂贵。

[0014] 因此,在一个示例性实施例中,相比于传统的氧气“浓缩器”,本发明更大规模地使

用分子筛床,以便选择性地移除氮气和潜在地移除诸如 CO 和 CO₂ 的其它气体,从而在增加排气的内在热值和潜在在工作力的同时显著增加氧气的百分比。在过去,传统的氧气浓缩器用于制造高纯氧气(典型地在 50-95%之间的范围内,取决于到浓缩器的输入),但是并未在高炉气流的典型流动状态下。现在已经发现,控制用于高炉气流的分子筛特性和在如下所述的工艺流状态下移除氮气显著改善下游燃气涡轮的总体热效率。一旦移除诸如氮气的气体,可应用诸如胺或膜分离单元的气体捕获技术以进一步提高气体热值。此外,通过回收高炉气中的热能和工作能,铸造将更加能量有效和从环保角度来看更加“绿色”。

[0015] 分离器床(在此称为“氮气移除床”)以与称为“变压吸附”或“PSA”的氧气浓缩器相同的总体原理操作。这里,PSA 方法依赖于在并行操作的不同吸附剂分离器床上的压力转换,以便减少供给到床上的气体混合物中的一种特定成分(氮气)的量。在大多数变压吸附工艺中,压力下的气体在增加的压力下倾向于被吸引到固体表面(“被吸附”)。当压力降低时,气体可被释放,或者从系统中“解除吸附”并移除。

[0016] 已经发现改进的 PSA 工艺有利地用于分离高炉排气中的氮气,这是因为氮气倾向于吸引到床材料的固体表面,达到与比其它组分(尤其是氧气)不同的程度。本发明的示例性实施例使用至少两个并行操作的床。当一个床达到其吸附氮气的容量的极限时,该床可以通过降低压力并释放所吸附的氮气而再生。然后该床准备开始生产氮气耗尽但氧气和残余碳氢燃料成分更高的排气的另一个周期。因为 PSA 工艺优先吸附氮气超过吸附氧气,所以与吸附剂接触的增压空气包含显著更高的氧气的体积百分比。富含氧气的气流可连续地从吸附区排出(例如,作为燃气涡轮燃烧器的补充供给),同时吸附的氮气在降低压力状态下可被清除。

[0017] 尽管存在诸如一氧化碳和惰性化合物的其它组分,但是已经发现不同类型的 PSA 床材料,包括沸石或甲醚珠子,从排气流中有效地移除氮气。此外,通过使用本文描述的并行操作的多个变压吸附床,穿过该床的氮气可以以纵列的方式有效地移除,从而显著增加剩余在排气中的残余氧气和未燃碳氢化合物成分的量。

[0018] 图 1 中描述的工艺示出并行操作的两个分离器(浓缩器)中的每一个,其中,各分离器包括用于经受处理的高炉排气的主进口和出口气体控制阀、以及包含氮气吸附剂媒介(典型地以珠子的形式)的分子筛床。在第一分子筛床的填充周期期间,第一进口和出口阀开启,第二进口和出口阀关闭,以允许排气供给中的氮气吸附在第一分离器中。当吸附工艺继续时,离开第一分离器的游离氮气(即不能被吸附的氮气)的量将随着时间逐渐增加,直到该量达到阈值浓度水平,在该水平上,到第一分离器的供给必须切换到并行操作的分离器。

[0019] 在第二分子筛床的填充周期期间,第一输入和输出阀关闭,第二输入和输出阀开启,以允许气流通过分离器进入到燃气涡轮。在各个相应的分子筛床的填充周期完成之后,用于该特定分离器的出口阀可开启,以允许位于吸附珠子上的间隙氮气从分离器中移除,而第二分离器仍在填充。

[0020] 用于实施图 1 所示的本发明的 PSA 系统的吸附剂典型地包括因为其大的表面面积而被选择的多孔材料。典型的吸附剂包括活性碳、硅胶、矾土和沸石珠子。尽管吸附在表面上的气体典型地由单一气体层构成,但是该珠子能够吸附占其非常大部分重量的氮气。因此,沸石和活性碳(“碳分子筛”)具有筛子特征,其能够基于尺寸排除气体分子并限制吸附

较大分子的能力。在这种情况下,床优先吸附游离氮气并允许氧气和残余碳氢化合物从分离器连续地排出。

[0021] 具体地参考图 1,传统的高炉构造包括炉子本身 10,其在尺寸方面设置为接收作为还原铁矿石以生产铁水 16 的主要燃烧反应物的铁矿石供给 13、焦炭 11、石灰石 12 和环境空气 14。当炉子在稳态状态下操作时,产生的废渣 15 从高炉中连续地移除。离开高炉的气流包括在高炉操作期间产生的相当大部分的氮气、未使用的氧气、氩气和残余量的未燃碳氢化合物,所有这些气体结合成在 17 处离开炉子的排气流。在气流可用于任何下游涡轮操作之前必须从系统中移除的硬颗粒成分通过如图所示在标记为“气体净化”的步骤 18 中移除,并可包括例如静电式除尘器。

[0022] 产生的清洁的、即无颗粒的、高炉排气流 19 穿过如图所示的并行操作的氮气分离器 (“浓缩器”) 22 和 23,以便提供作为到燃气涡轮发动机 31 的供给的高炉排气的连续使用。在一个操作序列中,分离器 22 和 23 各包括主要的进口和出口线路 20, 21, 26 和 27,其分别具有相应的气体控制阀 24, 25, 28 和 29,用于控制经受使用依次操作的并行分离器处理的高炉排气。各分离器包括包含氮气吸附剂媒介 (典型地以珠子的形式) 的分子筛。在第一分子分离器床的填充周期期间,第一进口和出口阀 24 和 28 开启,第二进口和出口阀 25 和 29 关闭,以允许排气供给中的氮气在第一分离器中被吸附。

[0023] 一旦在第一分离器中达到阈值吸附水平,控制阀 24 和 28 关闭,分离器 23 中的阀 25 和 29 开启以允许连续的氮气移除工艺。然后,在各个分离器中的吸附的氮气能够通过降低各个完全填充的分离器中的压力而从系统中移除 (排出),如上所述。图 1 还示出从分离器 22 和 23 中产生的基本上无氮气和无颗粒的产物流如何能够直接供给到示出为具有传统的输入和排气流 33 和 32 的燃气涡轮发动机 31 的燃烧室 30 中。

[0024] 如上所述,通过使用改进的 PSA 工艺,本发明利用在不同的氮气吸收床中的交替压力序列的重复周期。最终结果是随着时间进行的连续的和更有效的浓缩器操作,以及比小型的传统氧气浓缩器更大规模地处理高炉排气的能力。因此,诸如图 1 所示的多床系统用于提高浓缩器效率和增加到下游燃气涡轮发动机的总体气体产量。

[0025] 图 1 还示出在气体穿过并行浓缩器之前处理高炉气排出所必需的除尘构件 (大体示出为“气体净化”阶段 18,其可包括例如静电式除尘器) 的使用。用于本发明的颗粒提取系统可包括初步和精细尘粒的净化阶段。例如,初步净化阶段可包括直接连接到高炉炉喉的竖直的压力容器,由此炉气从主排气管竖直进入压力容器。在进入压力容器时的横截面的增加导致气体速度的降低。在该气流在压力容器顶部离开捕尘器之前,最粗糙的颗粒从气体流中竖直下降。然后,分离的颗粒收集到集尘斗中并在压力容器的底部移除。预清洁的高炉气从捕尘器传送到精细清洁阶段,其通常包括移除剩余的最小的夹带颗粒的至少一个气体洗涤器或静电式除尘器 (例如,图 1 中的净化阶段 18)。

[0026] 高炉气还可在离开捕尘器之后和在传送到精细清洁阶段之前穿过旋风分离器 (未示出)。旋风分离器通常包括并行连接的一个或更多个分离器。高炉气高速切向地供给以便颗粒通过离心力甩到旋风分离器的外壁并从外壁向下滑入到集尘斗中。

[0027] 尽管结合目前被视为最实用和优选的实施例来描述本发明,但是应理解的是,本发明不局限于所公开的实施例,而正相反,本发明意图覆盖包括在所附权利要求的精神和范围内的各种变更和等价布置。

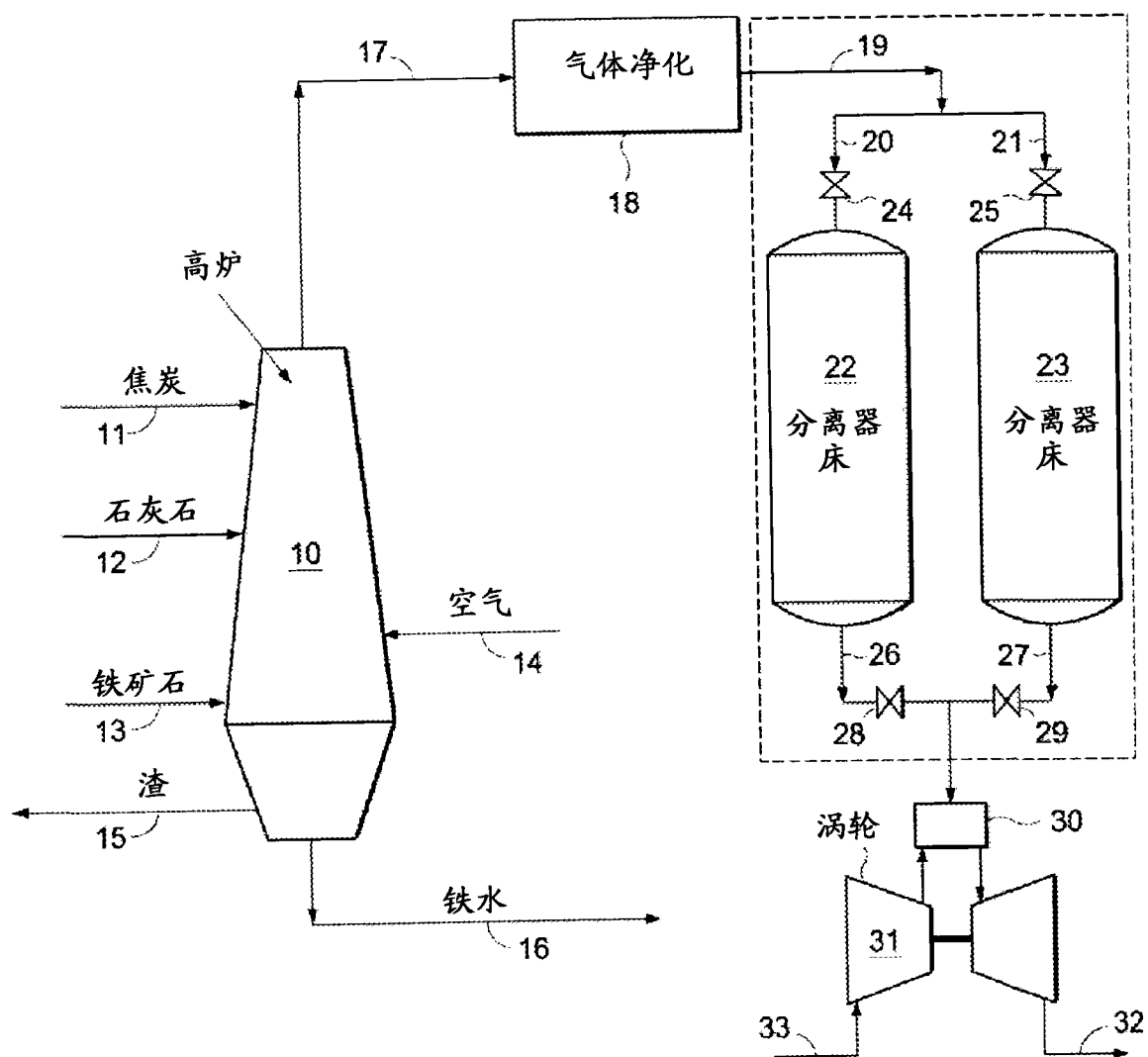


图 1