



(10) 授权公告号 CN 102575899 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 31

F27B 1/22 (2006.01)

C21B 5/06 (2006.01)

C21B 7/22 (2006.01)

91617 2009. 10. 19 LU

(56) 对比文件

JP 昭 62-185810 A, 1987. 08. 14, 说明书第 2 页上部右栏第 3 段至第 3 页上部左栏第 2 段, 图 1.

2012. 04. 19

FR 2663685 A1. 1991. 12. 27. 全文.

EP 0175855 A2, 1986. 04. 02. 全文.

PCT/EP2010/065621 2010.10.18

US 3304074 A, 1967. 02. 14, 全文.

JP 昭 54-115605 A. 1979. 09. 08. 全文.

W02011/048045 EN 2011. 04. 28

JP 昭 55-134114 A, 1980. 10. 18, 全文.

(73) 专利权人 保尔伍斯股份有限公司

审查员 张勇福

地址 卢森堡卢森堡

(72) 发明人 米凯尔·苏沃罗夫

法比奥·法比奥拉

克里斯蒂亚诺·卡斯塔尼奥拉

卡诺·克罗萨

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

F27B 1/10 (2006.01)

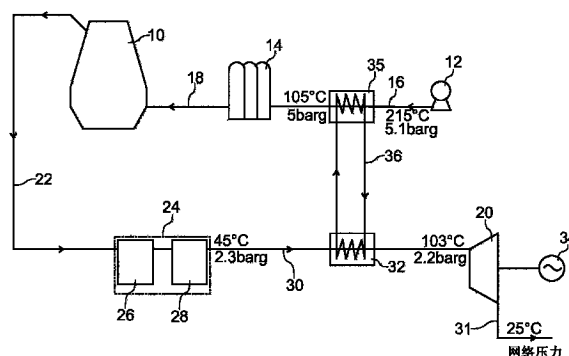
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

从鼓风炉设备内的气体中回收能量

(57) 摘要

本发明提供一种用于从具有炉顶气回收涡轮机系统的鼓风炉设备内的鼓风炉炉顶气中回收能量的工艺,其中该鼓风炉设备包括与至少一个鼓风预热器(14)关联的至少一个冷鼓风压缩机(12),且其中由鼓风炉(10)释放的加压炉顶气气流经过炉顶气净化单元(24)并被输入到接合于负载(34)的膨胀涡轮机(20)。根据该工艺,从加压冷鼓风中提取热量并将提取的热量至少部分被传递给膨胀涡轮机上游的被净化的炉顶气。



1. 一种用于从具有炉顶气回收涡轮机系统的鼓风炉设备内的鼓风炉炉顶气中回收能量的工艺,其中,所述鼓风炉设备包括与至少一个鼓风预热器(14)关联的至少一个冷鼓风压缩机(12),并且其中,由所述鼓风炉(10)释放的加压炉顶气气流经过炉顶气净化单元(24)并被输入到接合于负载(34)的膨胀涡轮机(20),其特征在于,从压缩冷鼓风中提取热量并且将提取的热量至少部分传递给所述膨胀涡轮机上游的被净化的炉顶气。

2. 根据权利要求1所述的工艺,其特征在于,在所述炉顶气净化单元(24)与所述膨胀涡轮机(20)之间设置有预热单元(32),所述预热单元(32)包括热交换器,所述热交换器具有所述被净化的炉顶气经过的吸热侧和供应有热交换流体的给热侧,从所述压缩冷鼓风中提取的热量已经被传递给所述热交换流体。

3. 根据权利要求2所述的工艺,其特征在于,在所述至少一个冷鼓风压缩机(12)与所述至少一个鼓风预热器(14)之间设置有冷鼓风热交换器(35),所述冷鼓风热交换器(35)具有所述压缩冷鼓风经过的吸热侧和所述热交换流体循环通过其中的给热侧。

4. 根据权利要求2所述的工艺,其特征在于,将热量增加给流向所述涡轮机上游的所述预热单元的热交换流体。

5. 根据权利要求3所述的工艺,其特征在于,将热量增加给流向所述涡轮机上游的所述预热单元的热交换流体。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的工艺,其特征在于,将热量进一步增加给所述涡轮机上游的被净化的炉顶气气流。

7. 一种鼓风炉设备,包括:

鼓风炉(10),连接至具有至少一个冷鼓风压缩机(12)和至少一个鼓风预热器(14)的鼓风系统,其中,在所述至少一个冷鼓风压缩机(12)中形成的压缩冷鼓风在所述至少一个鼓风预热器(14)中被加热,以便向所述鼓风炉(10)提供热鼓风;

炉顶气净化单元(24),接收从所述鼓风炉(10)中释放的炉顶气;

膨胀涡轮机(20),具有接合至负载(34)的输出轴,所述膨胀涡轮机(20)位于所述炉顶气净化单元(24)的下游;

预热单元(32),位于所述炉顶气净化单元(24)与所述膨胀涡轮机(20)之间以便加热被净化的炉顶气气流;

其特征在于,所述鼓风炉设备包括从所述压缩冷鼓风中提取热量并将其至少部分地传递给所述预热单元(32)中的所述被净化的炉顶气的装置。

8. 根据权利要求7所述的鼓风炉设备,其特征在于,所述预热单元(32)包括具有吸热侧和给热侧的热交换器,所述被净化的炉顶气在所述吸热侧流向所述涡轮机,所述给热侧被构造成接收来自所述冷鼓风的热量。

9. 根据权利要求8所述的鼓风炉设备,其特征在于,

在所述鼓风系统中的所述至少一个鼓风预热器(14)的上游安装热交换器(35),并且所述热交换器具有供应有所述压缩冷鼓风的给热侧和连接至热交换流体回路的吸热侧;并且

所述热交换流体回路(36)连接至所述预热单元(32)中的所述热交换器的所述给热侧。

10. 根据权利要求7所述的鼓风炉设备,其特征在于,所述鼓风炉设备进一步包括多个

热管,所述热管被布置成使其冷凝器部分在所述预热单元(32)处与所述被净化的炉顶气热交换,并且使其蒸发器部分与所述冷鼓风热交换。

11. 根据权利要求9所述的鼓风炉设备,其特征在于,在所述预热单元(32)与所述膨胀涡轮机(20)之间的净化的炉顶气气流中设置有另一预热单元(42)。

12. 根据权利要求9所述的鼓风炉设备,其特征在于,在所述热交换流体回路(36)中定位有加热器单元(40),以便向流到所述预热单元(32)的流体提供额外的热量。

13. 根据权利要求11所述的鼓风炉设备,其特征在于,在所述热交换流体回路(36)中定位有加热器单元(40),以便向流到所述预热单元(32)的流体提供额外的热量。

从鼓风炉设备内的气体中回收能量

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及鼓风炉设备 (blast furnace plant, 鼓风炉工厂设备) 内的气体处理, 且更具体地, 涉及在膨胀涡轮机内从炉顶气中回收能量。

背景技术

[0002] 如所公知的, 气体在鼓风炉 (BF) 操作中扮演着重要角色。首先, 气体主流是在鼓风炉的炉腹区与炉膛区之间的过渡处被吹动并将与炉料 (铁矿石、焦炭、熔剂等) 作用的气流 (或“鼓风”)。在鼓风气流到达鼓风炉风口之前, 其在通过再生炉 (regenerative stove) (也就是考珀式炉 (Cowper)) 时被预热, 再生炉通常是通过燃烧鼓风炉废气被加热的。在考珀式炉上游吸入的环境空气形成“冷鼓风 (cold blast)”, 而考珀式炉下游的被预热的鼓风被称为“热鼓风”。

[0003] 鼓风炉中的其他主要气流是在炉顶离开鼓风炉的气体, 也就是“炉顶气”或“鼓风炉气体”, 该气体是鼓风炉的副产物, 是在铁矿石被焦炭和 / 或其他燃料还原为金属铁时产生的。鼓风炉炉顶气通常用作炼钢厂或考珀式炉中的燃料, 但其也可在锅炉或发电厂中燃烧。它也可以在燃烧之前与天然气或焦炉煤气结合, 或者提供具有更高热值的气体或油的火焰柱 (flame support) 从而维持燃烧。

[0004] 如还公知的, 几十年来, 鼓风炉都利用内部过压来操作, 借助适当选择炉子尺寸, 这允许显著提高材料和能量的转化, 且因此提高生铁的产量。

[0005] 当然, 内部过压下的操作也意味着显著增加了与设备和操作相关的附加成本。更具体地, 其要求在冷鼓风压缩机 (或鼓风机) 中产生具有适当供给压力水平的压缩空气从而形成冷鼓风。过压下的操作还常见的情况是离开炉顶气的气体处于显著高于大气压的压力。然而, 炉顶气仍含有可燃烧的成分, 主要是一氧化碳和较低含量的氢气, 并可用作低热值燃烧气体, 用于产生热能或者机械能和电能。

[0006] 离开鼓风炉的炉顶气还携带相当量的固体物质, 主要是灰尘形式的物质。在炉顶气的任何后续使用之前, 都要求除去这些固体材料。传统上这是在鼓风炉设备的气体净化分厂中完成的, 该厂通常包括第一干燥分离设备 (具有重力分离器 (除尘器) 和 / 或轴流旋风器 (axial cyclone) 和后续湿式精细净化设备 (湿式分离器)。由于湿式净化, 炉顶气温度下降约 100°C, 并饱和有水蒸气, 且包括额外的液体水滴。

[0007] 长期以来就已知, 在净化后, 除了利用炉顶气的热能, 还在膨胀涡轮机中回收加压鼓风炉炉顶气的气动能量 (pneumatic energy)。在涡轮机中, 炉顶气膨胀至接近大气压, 同时产生机械功。涡轮机转子可接合到例如发电机、冷鼓风压缩机、或任何其他负载。

[0008] 如现在还已知的, 通过在净化且因此冷却的炉顶气进入涡轮机之前对其加热, 可提高这种膨胀涡轮机 (也称为顶压回收涡轮机 (Top pressure Recovery Turbine)-TRT) 的效率。为此, 人们提出通过燃烧膨胀的炉顶气而预热涡轮机上游的净化炉顶气。可替换地, JP 62074009 提出通过热交换器从炉渣粒化过程中提取热量并将该热量传递到 TRT 上游的冷却净化的炉顶气。

[0009] FR2663685 描述了一种用于从鼓风炉气体中回收能量的工艺。鼓风炉气体经过精细和 / 或粗糙的灰尘过滤,然后进入与动力发生器接合的(压力回收)涡轮机,并且进一步进入气体管线以便进一步利用。在膨胀涡轮机(12)之前,如果需要的话,通过压缩机分流一定比例的气体(3-15%,优选5%),并且在燃烧室中该气体可能与高发热燃料(如天然气和焦炉煤气)浓缩物燃烧。然后燃烧气体在气体涡轮机中膨胀。气体涡轮机可以被接合至其自身的发电机或者经由离合器接合至膨胀涡轮机发电机。净化的鼓风炉气体的未分流部分在注入回收涡轮机之前,优选地通过与气体涡轮机中的膨胀燃烧气体热交换,其温度升高。冷鼓风气流的一部分可以在空气涡轮机中燃烧。

[0010] 发明目的

[0011] 本发明目的是提供另一种利用 TRT 从鼓风炉设备内的炉顶气中回收能量的改进的方式。

[0012] 通过根据本发明所述的方法和鼓风炉设备实现该目的。

发明内容

[0013] 本发明提出了管理鼓风炉设备中的气流的优化方式,该方式允许以提高的效率操作 TRT。根据本发明的方法,从冷鼓风预热器(cold blastpre-heater)(即考珀式炉等)上游的压缩冷鼓风气流中提取热量,并将该热量(至少部分地)传递到膨胀涡轮机上游的冷却净化的炉顶气。从冷中提取热量优选地是在其于冷鼓风主管中朝着预加热器行进时进行,而不会消耗此冷鼓风用于加热净化的炉顶气的目的。

[0014] 这样做,在再生炉之前可降低冷鼓风温度,且同时可提高冷却净化的炉顶气的温度,提高了考珀式炉和 TRT 两者的效率。实际上,已知的是在 TRT 之前提高炉顶气的温度提高了 TRT 的效率并避免了结冰的风险,同时在考珀式炉之前降低冷鼓风的温度提高了该预热步骤的效率。更特别地,冷鼓风的较低温度增加了考珀式炉的热容量。

[0015] 应该理解,现有技术的鼓风炉设备中,预热被净化炉顶气所需要的能量是通过燃烧提供的或者从外部媒介(如炉渣粒化)中提取的,且冷鼓风消除的热量被浪费,本发明的优点在于实现了冷鼓风与净化的炉顶气的热交换,对改善考珀式炉和涡轮机两者的性能是合适的。

[0016] 本发明一个特别显著的方面在于获得了冷鼓风与冷却净化的炉顶气之间的一种“自调节”热交换。实际上,鼓风炉上游的鼓风气流条件影响鼓风炉下游的炉顶气气流条件(反之亦然),且表现为使这两种气流处于热交换关系自动地补偿一侧或另一侧的变化。

[0017] 可以注意到,该工艺比 FR2663685 中描述的工艺简单得多,因为在瞬间工艺中,除了热量减少之外,冷鼓风气流不受影响,并且特别是不会部分地分出而与炉顶气在气体涡轮机中燃烧。

[0018] 实际上,本方法提出了一种在 TRT 之前预加热净化的炉顶气的更加简单和有效的方式,其有益于整个厂的经济。

[0019] 本发明还涉及一鼓风炉设备,其包括:

[0020] 鼓风炉,连接到鼓风系统(blast air system),该鼓风系统具有至少一个冷鼓风压缩机和至少一个鼓风预热器,其中,在冷鼓风压缩机(一个或多个)中形成的压缩冷鼓风在鼓风预热器(一个或多个)中被加热,以便向鼓风炉提供热鼓风;

- [0021] 炉顶气净化单元,接收从鼓风机释放的炉顶气;
- [0022] 膨胀涡轮机,具有接合到负载的输出轴,该膨胀涡轮机设置在炉顶气净化单元的下游;
- [0023] 预热单元,位于炉顶气净化单元与膨胀涡轮机之间,以便加热被净化的炉顶气气流;以及
- [0024] 从压缩冷鼓风中提取热量并将其至少部分地传递给预热单元中的净化的炉顶气的装置。
- [0025] 应该指出,任何适当的技术可用来从压缩冷鼓风中提取热量并将其至少部分地传递给净化的炉顶气。在这方面,人们可使用任何适当类型的结合热交换流体回路的热交换器。一种可能类型的热交换系统是所谓的“热管 (heat pipe)”(直的或环形的),其中蒸发器部件设置在冷鼓风一侧而冷凝器部件设置在净化的炉顶气一侧。

附图说明

- [0026] 现在将通过实例参考附图来描述本发明,附图中:
- [0027] 图 1 是具有气体能量回收系统的本鼓风机设备的第一实施例的示意图;
- [0028] 图 2 是具有气体能量回收系统的本鼓风机设备的替换实施例的示意图。

具体实施方式

[0029] 在图 1 中示意性示出本鼓风机设备的第一实施例(仅示出空气处理/调节设备)。参考标号 10 表示鼓风机,热鼓风从鼓风机系统输入至该鼓风机中,该鼓风机系统包括鼓风机 12(或压缩机)和包括一组三个再生炉 14 的预热器单元,这在本领域中是常见的。鼓风机 12 压缩空气并形成冷鼓风流,该冷鼓风流流经冷鼓风主管 16 到达再生炉 14。该冷鼓风流在再生炉 14 中被加热到 900℃到 1300℃之间的温度并流经热鼓风主管 18 到达风口(未示出),在风口处热鼓风被注入鼓风机 10 中。

[0030] 鼓风机 10 释放的炉顶气至少部分地被引导到炉顶气回收涡轮机 20,以便从中回收气动能量。参考标号 22 表示将炉顶气运送到气体净化分厂 24 的废气管。炉顶气净化分厂 24 可以包括与一与湿式分离器 28 顺次连接的干式分离器 26。可以在分厂 24 中采用任何适当类型的净化技术。

[0031] 被净化的炉顶气气流通过管 30 经由预热单元 32 供应至涡轮机 20,以便加热由于单元 24 中的净化工艺已被冷却下来的净化的炉顶气气流。在涡轮机 20 中,净化的炉顶气膨胀到较低的压力和温度并将机械功提供至接合到涡轮机输出轴的负载 34(这里示为发电机)。然后,涡轮机 20 下游的膨胀炉顶气经由出口管 31 可返回到净化气体网络(clean gasnetwork)或传输到使用者/消费者设施,如电站。

[0032] 应该理解,本鼓风机设备包括从压缩冷鼓风中提取热量并将其至少部分传递给预热单元 32 中的净化的炉顶气的装置。这有利地通过安装在传输压缩冷空气到再生炉 14 的冷鼓风主管 16 上的热交换器 35 实现。在热交换器 35 中,冷鼓风与以 36 表示的热交换回路的热交换流体形成热交换关系(然而不混合)。热交换回路优选包括将热交换流体从热交换器 35 输送到预热单元 32 的泵送系统(未示出),提取的热量在预热单元中至少部分被传递至净化的炉顶气。

[0033] 从冷鼓风提取热量从而将其传递到净化的炉顶气提供了一种非常有利的方 式：在净化的炉顶气在 TRT 系统中膨胀之前预热该净化的炉顶气。这也提高了再生炉 14 和涡轮机 20 两者的效率。与冷鼓风热量被浪费并且预热净化的炉顶气需要燃烧器等所已知的方法相比，获得了“自调节”效果。实际上，鼓风炉上游和下游的气流条件被关联，下面是说明如何操作的实例。

[0034] 实例

[0035] 炉顶气压力 (TGP) 越高，热鼓风压力 (HBP) 越高： $HBP = TGP + dP$ ，其中 dP 是在涡轮机 20 之前的鼓风管线 (blast line)、鼓风炉 (BF) 和气体净化厂 24 中的压力损耗（根据 BF 特性， dP 大约是范围在 1.0–2.5bar 之间的常数）。而且，TGP 越高，在 TRT20 中的膨胀期间，炉顶气温度 (TGT) 下降就越多。

[0036] 在 TRT20 之前预热净化的炉顶气是有意义的。如果净化的炉顶气没有预热，则在 TRT20 之后的 TGT 将较低，导致 TRT 结冰的风险且发电机 34 中产生的电能减少。然而，如果在 TRT20 之后的 TGT 太高，也产生问题，诸如涡轮机 20 过热或 TRT 下游的洁净气体网络中的密封材料过度受热。

[0037] 然而，通过在 TRT 之前利用从冷鼓风中回收的热量预热炉顶气，可实现有利的预热方案，该方案提供自动、适当的加热。如果鼓风炉 10 中的炉顶气压力增加，则鼓风机 12 必须补偿该压力增加，且冷鼓风压力增加，同时冷鼓风温度相应地升高。

[0038] 同时，涡轮机 20 处的压力差增加。但防止了结冰风险等，因为鼓风炉下游的压力增加表示鼓风炉 10 上游的冷鼓风的压力和温度增加，且因此更多的热量可从冷鼓风经由热交换回路 36 传递到净化的炉顶气。

[0039] 类似地，当减小 TGP（如停止鼓风炉）时，涡轮机 20 之前的 TGT 降低，因为 HBP 也与 HBT 一起降低，且需要较少的热量来预热 TRT 之前的炉顶气。这是有利的，因为从压力也降低的冷鼓风可获得较少的热量。

[0040] 为了示例的目的，我们已经报告了图 1 中鼓风炉 10 的气体处理回路的不同位置处的温度和压力。这些值已经计算。如看到的那样，鼓风机将 215℃ 和 5.1barg 的压缩空气送入冷鼓风主管 16。在经过热交换器 35 的给热侧之后，冷鼓风处于 105℃ 和 5barg。

[0041] 在净化后，炉顶气的温度降到 45℃，处于 2.3barg。然后炉顶气气流经预热器 32 的给热回路，这里其温度提升到 103℃，处于 2.2barg。然后，预热的炉顶气气流入涡轮机 20 并在 25℃ 和网络压力下离开涡轮机。

[0042] 从冷鼓风到炉顶气的热量传递是通过热交换回路 36 实现的，该热交换回路与热交换器 35 的吸热侧和预热单元 32 的给热侧 (heat-giving side) 流体连通。可以注意到在该实例中，离开热交换器 35 的热交换流体的温度为 170℃；在预热单元 32 之后，热交换流体将大部分热量提供给炉顶气并具有 75℃ 的温度。

[0043] 如从该实例中看到的那样，通过提高其效率，该操作方案足以在避免结冰风险和过热的水平上预热 TRT 之前的炉顶气。换句话说，自调节效果不仅允许加热 TRT 之前的炉顶气，而且在鼓风炉设备内提供可靠适当的 TRT 系统操作，也可用于 TRT 下游的使用者。

[0044] 如图 1 所示，虽然在传统操作条件下从冷鼓风提取的热量可能是充足的，但人们可能希望能够向涡轮机 20 上游的净化炉顶气提供额外的热量。在图 2 中示出这样做的两种可替换或互补方式，其中相同的参考标号表示鼓风炉设备的相同部件。

[0045] 首先,可通过以 40 表示的燃烧器等提供额外的热量,该燃烧器安装在热交换回路中,且位于从热交换器 35 到预热单元 32 的热交换流体的液流上。此外,预热器 42 可安装在净化气体管 30 上,在预热单元与涡轮机 20 之间。任何适当类型的技术可用于额外的加热器 40 和 42,如与热交换器接合的燃烧器。

[0046] 还要指出,上面的描述是为了说明的目的。这里的术语热交换器包括任何适当类型的装置,其中气流 / 空气流可与另一气体或流体涡轮机形成热交换关系,而不用彼此混合。任何与鼓风炉中的使用相兼容的技术都可使用。具体地,可使用热管将热量从冷鼓风传递给净化的炉顶气,这里冷凝器部分可设置在预热单元 32 中,且蒸发器部分设置在冷鼓风一侧。而且对于膨胀涡轮机 20、气体净化分厂 24、再生炉 14 或热交换流体回路 36,不再需要进一步的说明,因为这是本领域技术人员已知的设备类型及用途。

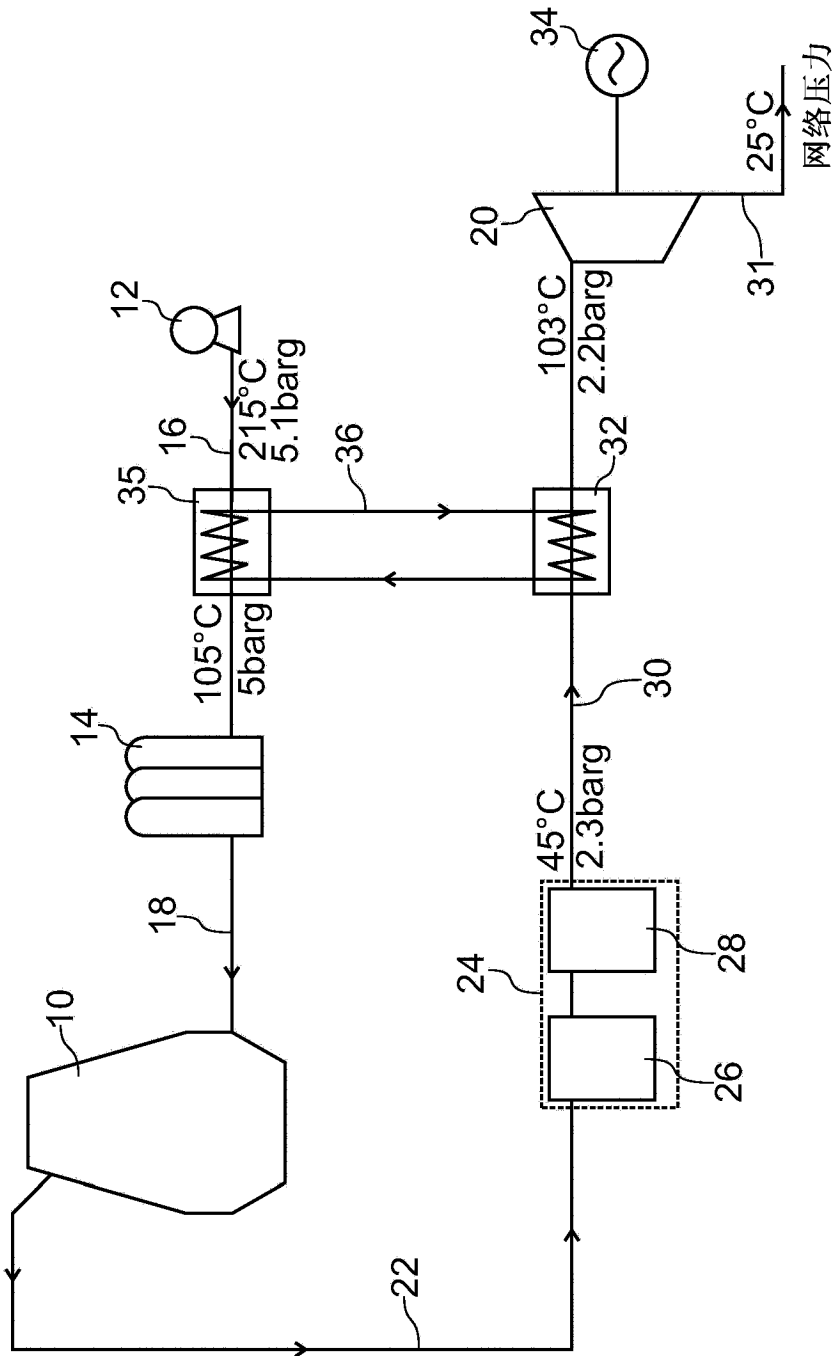


图 1

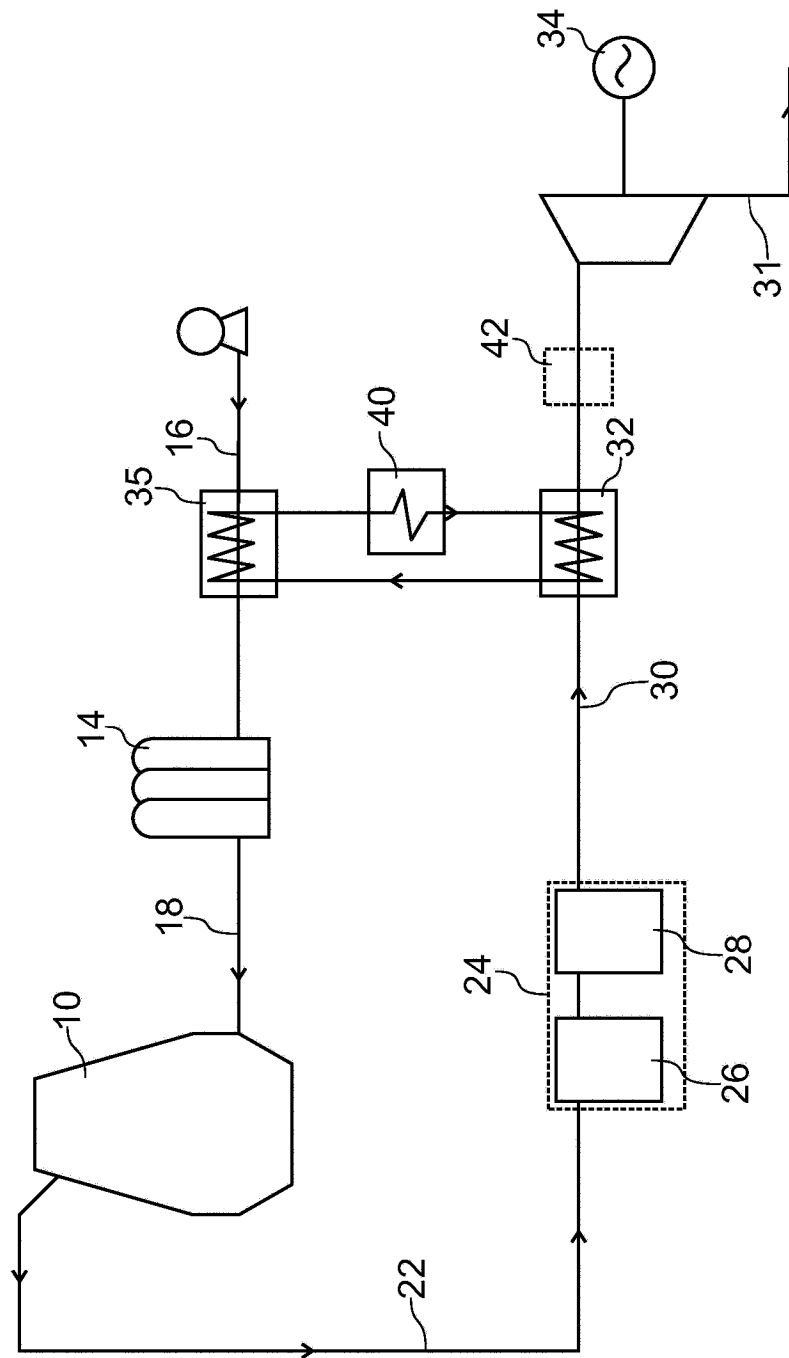


图 2