

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C21D 1/767 (2006.01)

C21D 1/76 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480005452.3

[43] 公开日 2006 年 3 月 29 日

[11] 公开号 CN 1754004A

[22] 申请日 2004.1.9

[21] 申请号 200480005452.3

[30] 优先权

[32] 2003.1.13 [33] US [31] 10/340,949

[86] 国际申请 PCT/US2004/000487 2004.1.9

[87] 国际公布 WO2004/063401 英 2004.7.29

[85] 进入国家阶段日期 2005.8.29

[71] 申请人 ATI 资产公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 布雷特·R·克鲁格

约翰尼·T·费拉拉

加里·D·麦克道尔

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 封新琴 巫肖南

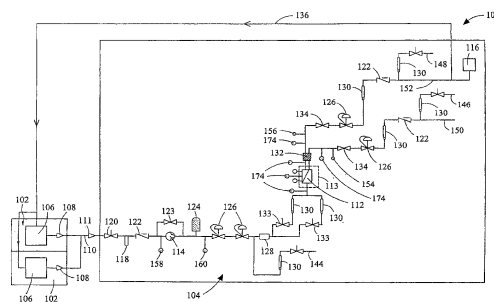
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

从处理炉废气中回收氢气的装置及方法

[57] 摘要

一种工业体系，包括用于在氢气的存在下处理制品的处理区和氢气回收装置。在一个实施方案中，所述氢气回收装置包括压缩机和具有氢气金属膜的分离区。所述压缩机接收和压缩从处理区排出的含氢输出气体。压缩气体被输送到分离区，在那里被分离为透过气体和贫氢残余气体。在一个实施方案中，透过气体被送回处理区。



1. 一种工业体系，该体系包括：
用于在氢气的存在下处理制品的处理区，所述处理区排放含氢输出气
5 体；以及
氢气回收装置，其包括：
接收至少一部分输出气体并排放压缩气体的压缩机；
包括氢气金属膜的分离区，所述分离区接收压缩气体并排放透过气体
和贫氢残余气体；以及
10 将透过气体从氢气回收装置输送到处理区的流体通道。
2. 权利要求1的工业体系，其中氢气回收装置是便携装置。
3. 权利要求1的工业体系，其中处理区包括退火炉。
4. 权利要求3的工业体系，其中退火炉是连续式退火炉。
5. 权利要求3的工业体系，其中退火炉是间歇式退火炉。
- 15 6. 权利要求1的工业体系，其中处理区包括粉末金属烧结炉。
7. 权利要求6的工业体系，其中烧结炉是连续式烧结炉。
8. 权利要求6的工业体系，其中烧结炉是间歇式烧结炉。
9. 权利要求1的工业体系，其还包括介于处理区和压缩机之间的预滤
器。
- 20 10. 权利要求9的工业体系，其还包括介于处理区和预滤器之间的水蒸
汽分离区。
11. 权利要求9的工业体系，其还包括介于压缩机和分离区之间的缓冲
罐。
12. 权利要求9的工业体系，其还包括介于压缩机和分离区之间的背压
25 调节器。
13. 权利要求1的工业体系，其还包括介于压缩机和分离区之间的线内
滤器。
14. 权利要求1的工业体系，其还包括介于压缩机和分离区之间的脱湿
区。
- 30 15. 权利要求1的工业体系，其还包括接收透过气体和残余气体的换热

器。

16. 权利要求 15 的工业体系，其还包括控制换热器下游的残余气体的回火保险器。

5 17. 权利要求 15 的工业体系，其还包括控制换热器下游的透过气体的回火保险器。

18. 权利要求 15 的工业体系，其还包括用于介于换热器和回火保险器之间的残余气流的脱湿区。

19. 权利要求 15 的工业体系，其还包括获取换热器下游的残余气体的取样口。

10 20. 权利要求 15 的工业体系，其还包括获取换热器下游的透过气体的取样口。

21. 权利要求 1 的工业体系，其还包括在分离区内支承氢气金属膜的隔板底座。

15 22. 权利要求 1 的工业体系，其还包括排放第二含氢输出气体的第二处理区，所述第二含氢输出气体被压缩机接收。

23. 一种工业体系，该体系包括：

第一处理区，其中在氢气存在下处理第一制品，所述第一处理区排放第一含氢输出气体；

20 第二处理区，其中在氢气存在下处理第二制品，所述第二处理区排放第二含氢输出气体；以及

氢气回收装置，其包括：

接收至少一部分第一和第二输出气体并排放压缩气体的压缩机；

包括氢气金属膜的分离区，所述分离区接收压缩气体并排放透过气体和贫氢残余气体；以及

25 将部分透过气体输送至第一和第二处理区的流体通道。

24. 权利要求 23 的工业体系，其中氢气回收装置是便携装置。

25. 一种连续退火体系，其包括：

适用于在氢气的存在下对制品进行退火且排放含氢输出气体的炉；

将制品输送至炉且从炉中取出制品的轨道；以及

30 氢气回收装置，其包括：

接收至少一部分输出气体并排放压缩气体的压缩机;

包括氢气金属膜的分离区,所述分离区接收压缩气体并排放透过气体和贫氢残余气体;以及

将透过气体输送至炉的流体通道。

- 5 26. 一种用在工业体系中的便携式氢气回收装置,所述工业体系包括排放含氢输出气体的处理区,所述回收装置包括:

外壳;

由外壳支承的、接收输出气体并排放压缩气体的压缩机;

- 10 包括由外壳支承的氢气金属膜的分离区,所述分离区接收压缩气体并排放透过气体和贫氢残余气体;以及

将透过气体从该工业体系的分离区输送到处理区的流体通道。

27. 权利要求 26 的装置,其还包括介于压缩机和分离区之间的线内过滤器。

28. 权利要求 26 的装置,其还包括接收透过气体和残余气体的换热器。

- 15 29. 权利要求 28 的装置,其还包括控制换热器下游的残余气体的回火保险器。

30. 权利要求 28 的装置,其还包括控制换热器下游的透过气体的回火保险器。

- 20 31. 权利要求 28 的装置,其还包括获取换热器下游的残余气体的取样口。

32. 权利要求 28 的装置,其还包括获取换热器下游的透过气体的取样口。

33. 权利要求 26 的装置,其还包括在分离区内支承氢气金属膜的隔振底座。

- 25 34. 权利要求 26 的装置,其还包括接收压缩机上游的输出气体的脱水蒸汽区。

35. 权利要求 35 的装置,其还包括接收压缩气体的第一脱湿区。

36. 权利要求 36 的装置,其还包括位于分离区下游的、接收残余气体的第二脱湿区。

- 30 37. 一种用在工业体系中的便携式纯化装置,所述工业体系包括排放含

氢输出气体的处理区，所述纯化装置包括：

外壳；

由外壳支承的压缩机，所述压缩机接收输出气体并排放压缩气体；以及
包括由外壳支承的氢气金属膜的分离区，所述分离区接收压缩气体并排

5 放透过气体和贫氢残余气体。

38. 权利要求 37 的装置，其还包括用于存储透过气体的区域。

39. 一种用于回收在处理制品的工业方法中使用的氢气的方法，其中所述工业方法利用将含氢输出气体排放至第一排气区的第一处理区，所述方法包括：

10 将氢气回收装置连接至第一排气区；

压缩输出气体并向氢气回收装置输出压缩气体；

使氢气金属膜与压缩气体接触，以在氢气回收装置中提供贫氢残余气体和透过气体；以及

将至少第一部分透过气体输送至第一处理区。

15 40. 权利要求 39 的方法，其中连接氢气回收装置包括将氢气回收装置转移至第一处理区附近。

41. 权利要求 39 的方法，其还包括：

将氢气回收装置连接至第二处理区的第二排气区；以及

将第二部分透过气体输送至第二处理区。

从处理炉废气中回收氢气的装置及方法

5 发明人

Brett R. Krueger, 美国公民, 居住在: 36125 Providence School Road, Lebanon, Oregon 97355。

Johnny T. Ferara, 美国公民, 居住在: 2045 Robins Lane, No. 210, Salem, Oregon 97306。

10 Gary D. McDowell, 美国公民, 居住在: 35195 Cortez Place, Albany, Oregon, 97322。

背景技术

下面利用多种装置用于从气体混合物分离氢气的体系是公知的:

15 美国专利 5,354,547、5,447,559 和 5,753,010 描述了经由变压吸附体系 (pressure swing adsorption system) (PSA) 从气流-甲烷转化装置回收氢气。美国专利 4,813,980 描述了使用多柱 (multi-column) PSA 体系从烃类重整产物中回收氮、氢和二氧化碳。

美国专利 4,690,695 描述了与用于从甲烷的混合物中回收氢的 PSA 方法
20 组合的、使用一个或多个用于批量分离的渗透膜的气体分离法。

美国专利申请 US 2001/0045061 描述了一种燃料处理器, 其具有生氢区 (hydrogen-producing region) 和可包括氢气金属膜 (hydrogen metal membrane) 的分离区。

尽管存在上述已知体系, 但是仍然需要高效和通用体系用于在其它环境
25 种收集和纯化氢气。

发明内容

本发明的一个实施方案提供了一种工业体系, 其包括用于在氢气存在下
处理制品的处理区。该工业体系包括具有压缩机和分离区的氢气回收装置,
30 所述分离区具有氢气金属膜。压缩机接收和压缩从处理区排出的含有氢气的
输出气体。压缩气体被输送到分离区, 在那里被分离为富氢透过气体和贫氢

残余气体。在一个实施方案中，所述透过气体被送回处理区。

附图说明

在附图中示出了本发明的具体实施方案，其中使用相同的附图标记表示
5 相同的部件，且其中：

图 1 是表示本发明工业体系的实施方案的图；

图 2 是图 1 所示工业体系的氢气回收装置的实施方案的左视图；

图 3 是图 2 的氢气回收装置的正视图；

图 4 是表示本发明的连续退火体系的实施方案的图；以及

10 图 5 是本发明的氢气回收装置的实施方案的图。

具体实施方式

参考为说明本发明而非限制本发明的目的的附图时，应当理解，属于普通技术人员的理解范围内的、无助于理解本发明的各实施方案的标准要素或
15 特征在附图中省略，以提高附图的清晰度。此外，应当理解，这里描述为“垂直的”或“水平的”、“右”或“左”、“侧”、“顶”、“底”、“上游”或者“下游”的各要素和方向的特征是相对特征，其仅基于用于特定应用的给定元件的特定位置或方向。

图 1 描述工业体系 100 的实施方案。工业体系 100 可包括至少一个在氢
20 气的存在下对制品实施处理的处理区 102，以及包括外壳或框架 103 的氢气回收装置 104，如图 2 所示。处理区 102 可包括炉或其它热处理室 106，于其中在氢气的存在下对制品进行高温处理。炉 106 例如可以是退火炉或者粉末金属烧结炉或者其它任何高温炉。处理区 102 适用于实施如连续光亮退火法（bright annealing process）、粉末金属烧结法或者其中含氢气体（例如纯氢
25 气或者与其它气体组合的氢气）在处理中用作非反应气氛等的其它任何方法。在处理区处理的制品可以是处于各种加工阶段的部件或产品，以及原材料或整批材料。含氢废气可从炉 106 的排气口 108 排出，并在连接至横向进给线 110 的废气口 111 处被导入氢气回收装置 104。来自横向进给线（infeed line）110 的废气流经包括氢气金属膜（HMM）112 的分离区 113，所述氢气
30 金属膜 112 例如是美国专利 6,419,726 中描述的 HMM，在此引入该专利的全部内容作为参考。其它 HMM 也可以用于从废气流中分离氢气。流经 HMM

112 的气体（此后称作“透过气体（permeate gas）”）是从废气流中分离出来的氢气。透过气体可以被转移回处理区 102 连续使用，或者被转移回存储容器 116 以后使用，或者作为缓冲物在需要时有助于气体至处理区 102 的转移状态。其中存储的氢气透过气体可以用作缓冲物的应用实例包括，在需要时

5 向需要即时负荷跟随能力（immediate load-following capability）的燃料电池体系供应氢气，或者向粉末金属生产依赖氢气的间歇过程的补给中供应氢气，或者向连续工艺烧结或退火炉中供应氢气，在所述炉中激活负载/无负载腔室（load/unload vestibules），导致体积排放（volumetric discharge）和氢气损失。

- 10 在一个实施方案中，氢气回收装置 104 还可以包括压缩机 114，压缩机 114 位于介于废气口 111 和分离区 113 之间的横向进给线 110 上。见图 1-3。压缩机 114 例如可以是被设定用于氢气供给（hydrogen service）的隔膜压缩机。其它合适的压缩机的实例包括但不限于无油活塞、旋转螺杆和水封压缩机。压缩机 114 可用于将废气的压力从低水平例如 0.03 MPa 数量级的压力
- 15 增大至适于有效操作 HMM 112 的水平，该水平可以高出几个数量级，例如 4 MPa 的压力。可以根据生产者的说明书，基于废气流的性质和 HMM 112 所需的操作条件例如操作压力、操作温度和操作流量来选择压缩机 114。压缩机节流阀 123 例如针阀可以连接至压缩机 114 以调节提供给压缩机 114 的进气口的压力大小，使得在操作过程中保持正压，从而防止产生真空条件和
- 20 空气可能进入该回收装置。

- 处理区 102 中的工业生产方法会产生颗粒物，其会进入废气流并对氢气回收装置 104 的许多元件造成破坏，或者减少这些元件的使用寿命。预滤器 118 可以连接至介于处理区 102 和压缩机 114 之间的横向进给线 110，以除去所述颗粒物。预滤器 118 可以是例如具有可换滤筒的防护罩过滤器
- 25 （canister filter）、自清洁过滤器或者另一种类型的颗粒过滤器。可以通过隔离阀 120（例如手动球阀或自动阀）控制废气流至预滤器 118。单行止回阀 122a 可以连接至横向进给线 110，从而将过滤气体抽至压缩机 114。

- 在一个实施方案中，氢气回收装置 104 可以包括涌浪抑制装置（surge suppression devices），以减小对 HMM 112、压缩机 114 或氢气回收装置 104
- 30 的其它元件的冲击荷重。涌浪抑制装置例如可以包括缓冲储罐（accumulator storage tank）124 和位于压缩机 114 下游的背压（backpressure）或双级调节

器 126a。线内过滤器 128 还可以连接至位于压缩机 114 下游的横向进给线 110，从而在压缩后提供额外的颗粒筛选。

5 压缩废气可流经进料流量计 130a 例如转子流量计，而后于进料口 186 进入分离区 113，如图 2 所示。在分离区 113 中，氢气选择性地流经 HMM 112，并从废气流中分离出来。分离之后，两股分开的气流可从分离区 113 排出，即渗透气流（纯化氢气）经透过气体口 182 排出，而“残余”气流（贫氢废气）经残余气体口 184 排出。可以设置一个或多个横向流量计 130a 用于处理不同容量的废气，例如由氢气回收装置 104 实施的不同工业生产方法产生的高容量和低容量废气，设置这些横向流量计用于精确测量在低流量或高流量状态时，例如，在相对于稳态操作的启动或关闭状态时的横向废气流量。10 可以通过流量计隔离阀 133a 控制位于分离区 113 上游的每一个流量计 130a，以选择具有合适的流动容量并能够精确测量横向废气流的流速的流量计。

在一个实施方案中，可以在分离区 113 下游设置换热器 132，以冷却残余气流和渗透气流，当它们从分离区 113 排出时，所述气流可以达到高温例如 400°F。换热器 132 可以将残余和渗透气流冷却至室温，以避免对分离区 15 113 下游的元件造成破坏。换热器 132 例如可以是具有蛇形管的浸没式换热器。也可以使用其它类型的换热器 132 例如空气-空气式、液体-空气式、制冷剂-空气式、管壳式、板框式换热器。

在一个实施方案中，可以分别经手动或自动的分离式背压调节器 126b、126c 20 输送渗透和残余气流，以控制各种压力和流动参数。还可以为渗透和残余气流设置回火保险器(flash back exchanger)134b、134c，以增加在氢焰前缘（hydrogen flame front）存在时的阻燃性。还可以经流量计 130b 和 130c 以及单向止回阀 122b、122c 输送渗透和残余气流，以防止空气进入氢气回收装置。渗透气流可以从透过气体输出口 152 排出，可经返回管道 136 被送回处理区 102 再利用，或者被送至储罐 116。残余气流可从残余气体输出口 150 25 排至大气中。

在一个实施方案中，氢气回收装置 104 可以包括取样台 138，用于对废气、透过气体和残余气体进行取样。见图 2。取样台 138 可包括具有流量指示器 130d'、130e'、130f 的样品气体控制盘 140，所述流量指示器连接至分别用于废气、残余气体和透过气体的转子流量计 130d、130e、130f。还可以 30 为废气取样口 144、残余气体取样口 146 和透过气体取样口 148 分别设置连

接至气相色谱仪的连接端口 142a、142c、142b。

氢气回收装置 104 还可以包括残余气体压力计 154、透过气体压力计 156、位于压缩机 114 上游的废气压力计 158 和位于压缩机 114 下游的废气压力计 160。见图 1。

- 5 在一个实施方案中，氢气回收装置 104 可以包括脱水蒸汽区 302，该脱水蒸汽区 302 包括脱水蒸汽设备，用于防止蒸发的水冷凝成液体，从而堵塞体系管道或元件孔。见图 5。当遇到具有高露点例如露点 $>1^{\circ}\text{C}$ 的废气流时，必须除去水蒸汽。水蒸汽排除设备可包括例如，聚结过滤器（coalescing filter）、制冷冷却体系、或者干燥剂型干燥器吸收技术（desiccant dryer
- 10 absorption technology）。脱水蒸汽区 302 可以设置在回收装置的入口或者隐藏在该装置内部。可以通过安装在脱湿区（moisture removal region）312 和 326 内的水分离设备在脱湿区内进一步除去来自回收装置内部的冷凝水，所述水分离设备例如是分离器或过滤器，用于在中心收集和自动排放收集的液态水。
- 15 图 5 示意性地说明了包括脱水蒸汽区 302 和两个脱水/脱湿区 312，326 的氢气回收装置的实施方案。横向废气流 300 可进入脱水蒸汽区 302，且相继流经横向压力和流量调节区 304、过滤区 306、气体压缩区 308、涌浪抑制区 310、脱湿/脱水区 312 以及横向流量测量区 314，而后到达加热区 318，加热区 318 包括氢气分离区 316，废气流 300 在分离区 316 被分离成渗透气流 320 和残余气流 322。然后，渗透气流 320 和残余气流 322 流经冷却区 324。废气流 322 还可以流经脱湿区 326。然后，渗透气流 320 和残余气流 322 流经火焰（回火）保护区 328、排放压力和流量调节区 330 和回流保护区 332，而后从氢气回收装置 104 中排出。可以在各检测点对气流进行取样，所述检测点是例如对于废气流 300 标记为 A，对于残余气流 322 标记为 B 和 D，以及对于渗透气流标记为 C。可将被取样的气体导入气体样品盘 334。
- 20 25

- 30 在一个实施方案中，可以为氢气回收装置 104 装配滚轮 162，滚轮 162 连接在外壳 103 上并提供活动性和便携性。见图 2 和 3。可容易地将氢气回收装置转移到或者重新设置在处理区 102 附近。这种活动性是可行的，因为包括了上述现有技术的 HMM 112 装置的设计使得装置 104 紧凑且重量相对较轻，装置 104 可以被支承在用于转移的滚轮 162 上，因此是“便携的”。在一个实施方案中，氢气回收装置 104 的重量约为 2500 磅。还可以设置角

轮升降机构 164, 以在操作过程中提升氢气回收装置 104 离开用于稳定支承的滚轮 162。还可以将额外的水准器 166 (例如定位螺栓) 连接在外壳 103 上, 以配置额外的调平装置。在另一个实施方案中, 可以将氢气回收装置 104 固定在固定位置。

- 5 氢气回收装置 104 还可以包括具有合适厚度的基板 168, 以减小压缩机 114 的往复运动造成的振动, 且该基板连接在外壳 103 上以防止压缩机 114 在操作过程中过度振动。还可以为压缩机 114 设置密封法兰 (containment flange) 115 以消除压缩机头的显著形变和对压缩机内部隔膜的破坏。见图 3。另外, 可以使用隔振底座 (vibration isolation mounts) 170 将 HMM 112 固定
- 10 在外壳 103 上, 隔振底座 170 可以减小从压缩机至 HMM 112 的振动量。隔振底座 170 可由多种材料制成, 所述材料包括例如标准氯丁橡胶、高阻尼有机硅弹性体、橡胶等, 还可以包括金属元件例如弹簧、金属板、隔板等。

- 在一个实施方案中, 氢气回收装置 104 可以包括电力控制盘 172, 用于容易接近并控制装置 104 的电气系统。可以设计该电气系统加热 HMM 112
- 15 并通过例如热电偶 174 监控各位置的温度。可以通过选择开关 177 来控制热电偶 174, 选择开关 177 可读取多个单独热电偶的输出值。见图 3。还可以设计电气系统用于在发生“温度过载 (overload) 条件”时停止工业体系 100 的操作。可以借助自动控制例如由可编程的逻辑控制器 (PLC) 提供的控制、计算机控制、遥控或互联网控制、对接处理区 102 的炉 106 的控制等来操作
- 20 电气系统。电气系统还可以包括两个温度控制器 179, 以控制和监控 HMM 112 的加热循环。电气系统还可以向压缩机 114 提供电力。可以将压缩机启动/关闭按钮 176 设置在电力控制盘 172 中或者设置在单独的控制箱中。还可以为电气系统设置计时器 178。

- 在一个实施方案中, 氢气回收装置 104 可以包括气体控制盘 180, 气体
- 25 控制盘 180 带有标度盘或者控制检测点 130a'、130b'、130c'、126b'、126c'、156'、154'、160'、133a'、120'和 123'分别用于控制: 流量计 130a、130b、130c, 透过气体和残余气体背压调节器 126b 和 126c, 透过气体压力计 156, 残余气体压力计 154, 压缩机横向压力计 160, 高低横向流隔离阀 133a, 以及位于废气口 111 下游的废气横向隔离阀 120 和压缩机节流阀 123。为了进一步
- 30 在氢气回收装置 104 中控制废气流的处理, 可以在该回收体系中引入自动气体控制设备例如质量流量控制器、压力传感器和机械阀。这些元件可以进一

步与装置内的 (on site) 计算机或者可编程的逻辑控制器(PLC)耦联, 或者经由互联网连接用于远程计算机控制, 这些元件适用于连续无人操作。

5 氢气回收装置 104 可以可拆装式地结合在具有处理区的任何工业体系 100 内, 所述处理区需要连续或间歇流入氢气并产生含氢废气。它还可以结合在一个或多个工业体系 100 中, 或者与多个处理区 102 一起使用。氢气回收装置 104 的便携性增加了它同时地或者交替地与一个或多个工业体系一起使用的通用性和方便性。因此, 便携式氢气回收装置 104 可以在需要时从工业体系 100 或者处理区 102 上分开, 转移和连接至另一个工业体系 100 或处理区 102。或者, 氢气回收装置 104 可以同时连接至相应于一个或多个工业体系 100 的多个处理区 102。

图 4 说明了氢气回收装置 104 在连续退火体系 200 中的使用。轨道 201 将待处理的制品或材料 209 运送到退火炉 206 内并从炉 206 中取出经处理的材料。炉 206 排出富氢废气, 该富氢废气经横向管道 210 被送入氢气回收装置 104。氢气回收装置 104 接收来自炉 206 的输出气体, 从废气流中分离氢气, 并经由返回管道 236 将回收的氢气送回炉 206, 在退火工艺中再次利用。

相似地, 可以在粉末金属烧结体系或在氢气的存在下操作的其它任何高温处理体系中使用氢气回收装置 104。氢气回收装置 104 可以连续补充由废气流损失的氢气, 可以进行操作用来补充单独的氢气源, 或者可以在需要时用来代替单独的氢气源。

20 尽管为了说明而不是限制本发明描述了本发明的具体实施方案, 但是本领域的普通技术人员应当理解, 在不偏离本发明的实质的情况下, 可以在本发明的原则和范围内对细节、部件的材料和布置进行各种变化。因此, 上述描述并非要限制本发明的范围。本发明的范围仅由所附的权利要求书及其等同物确定。

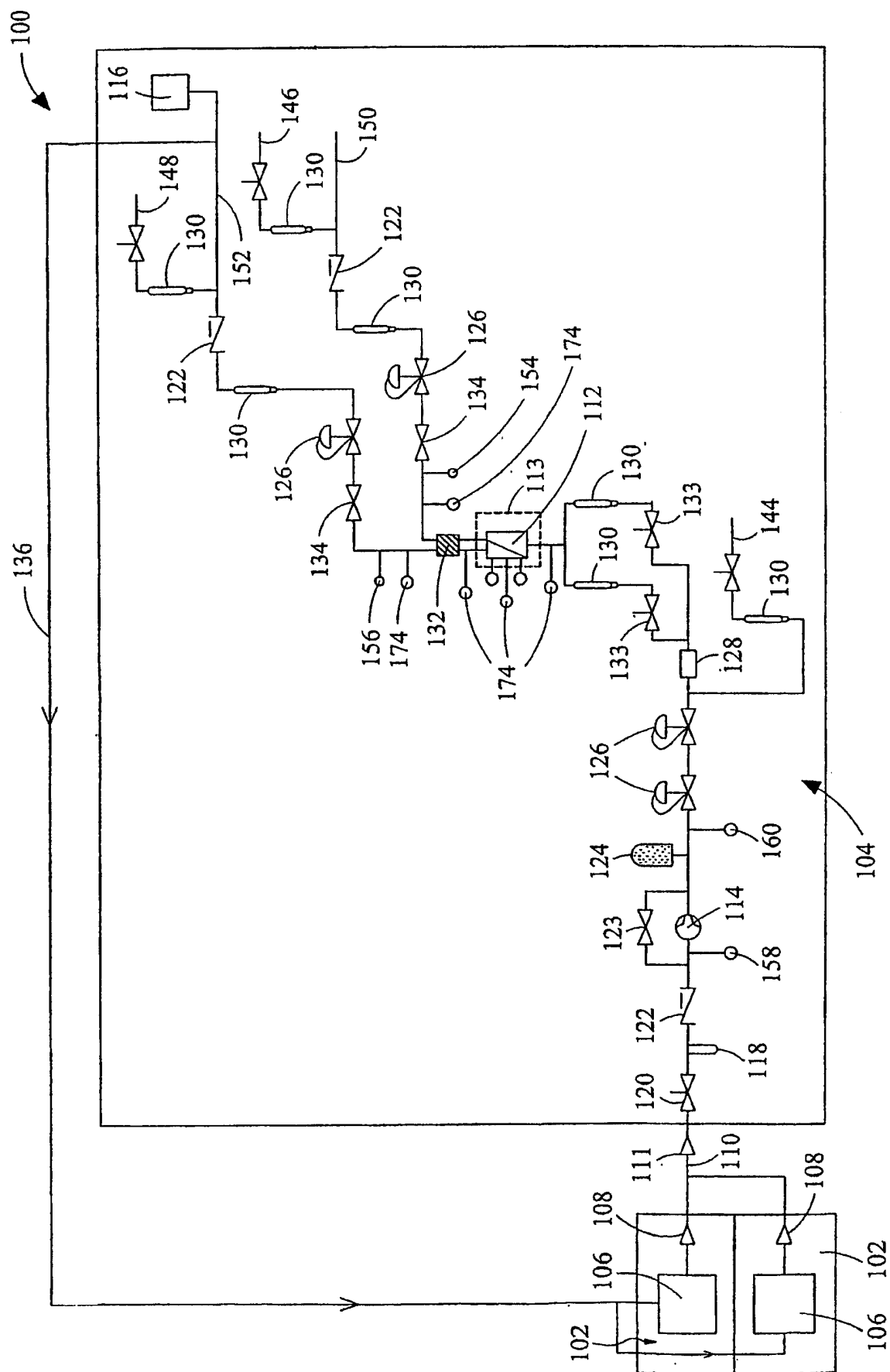


图 1

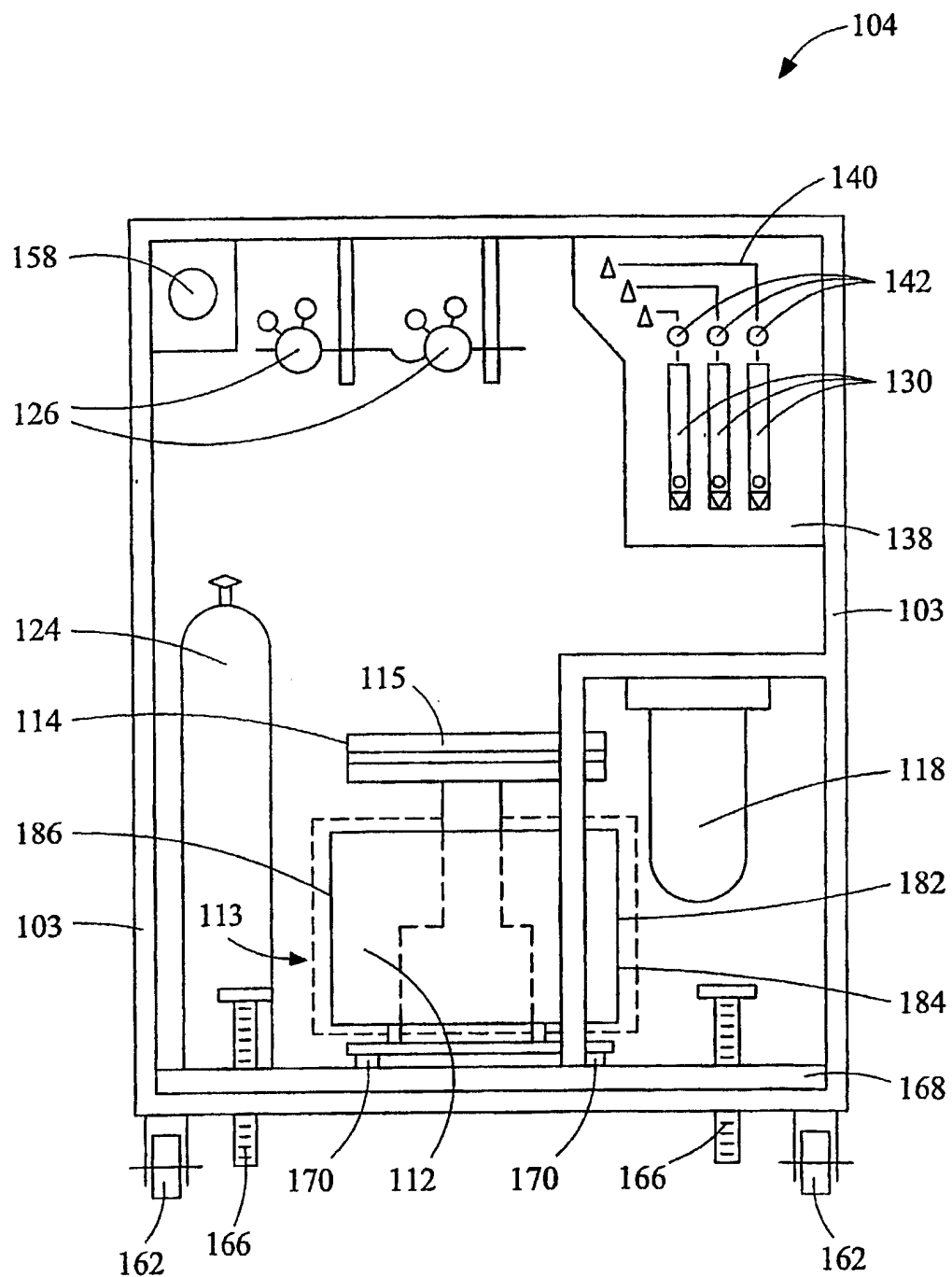


图 2

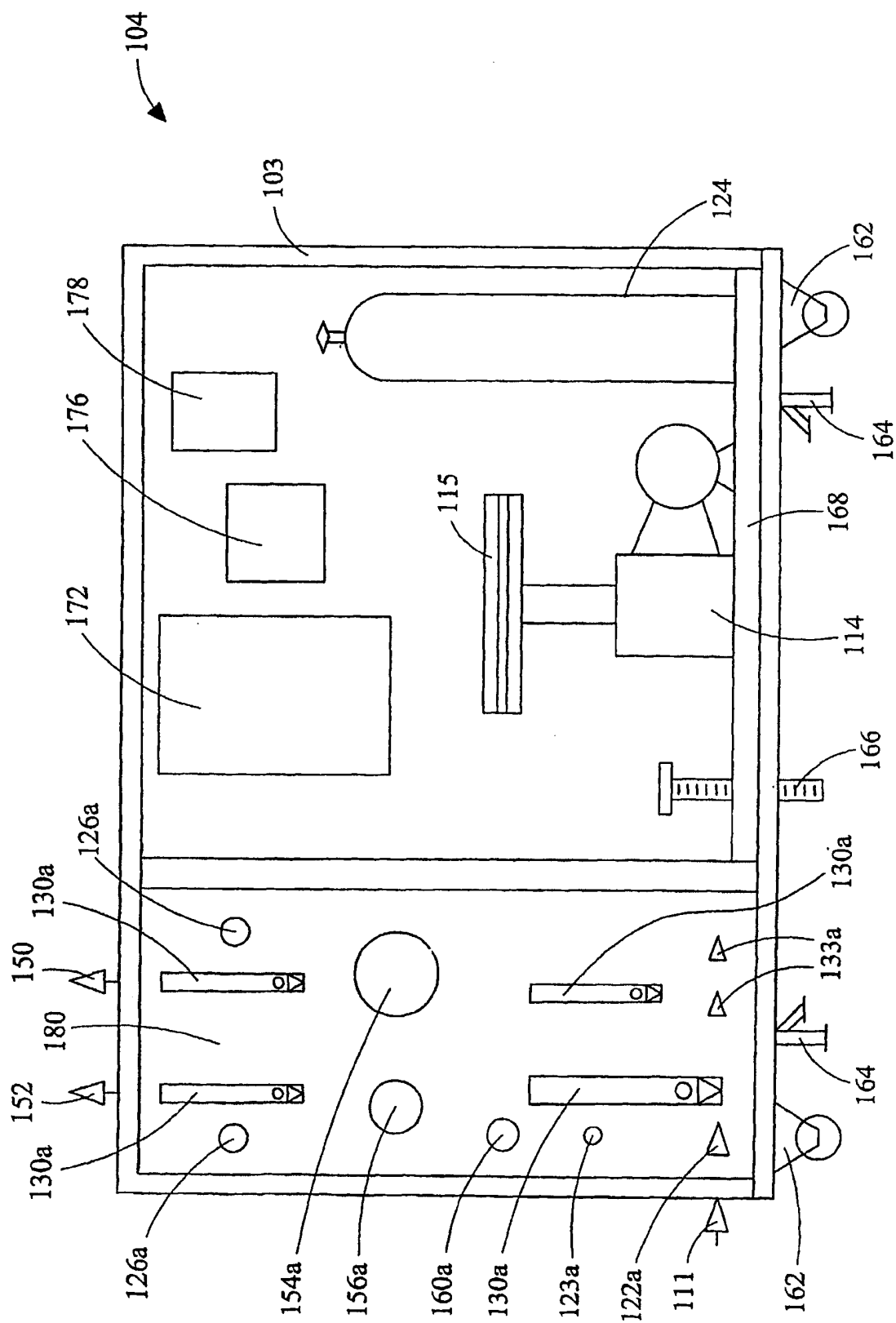


图 3

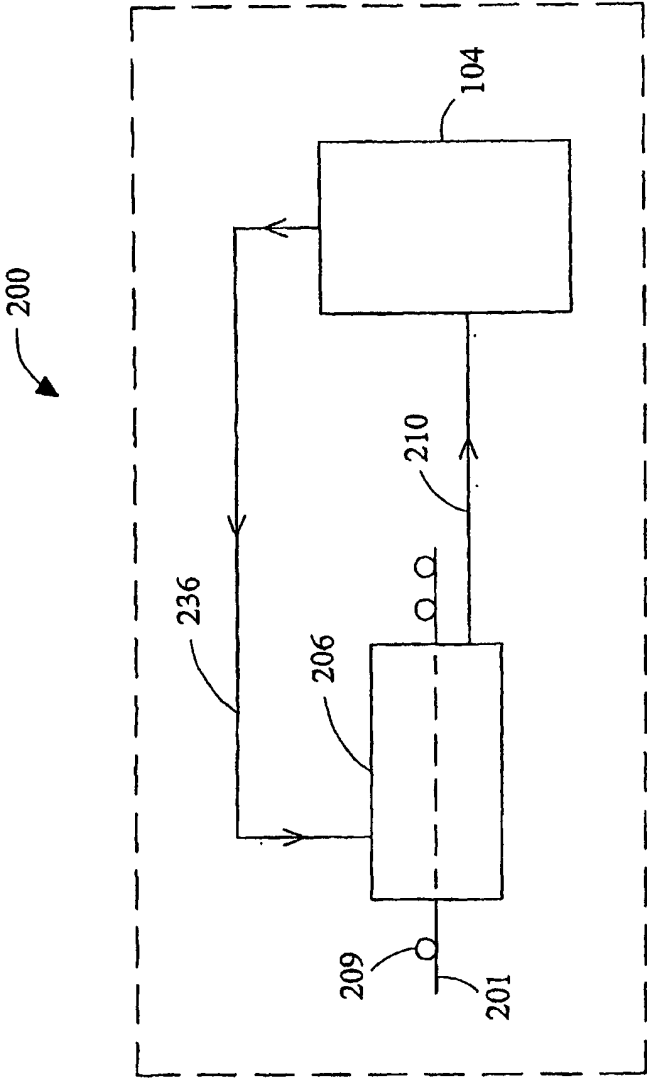


图 4

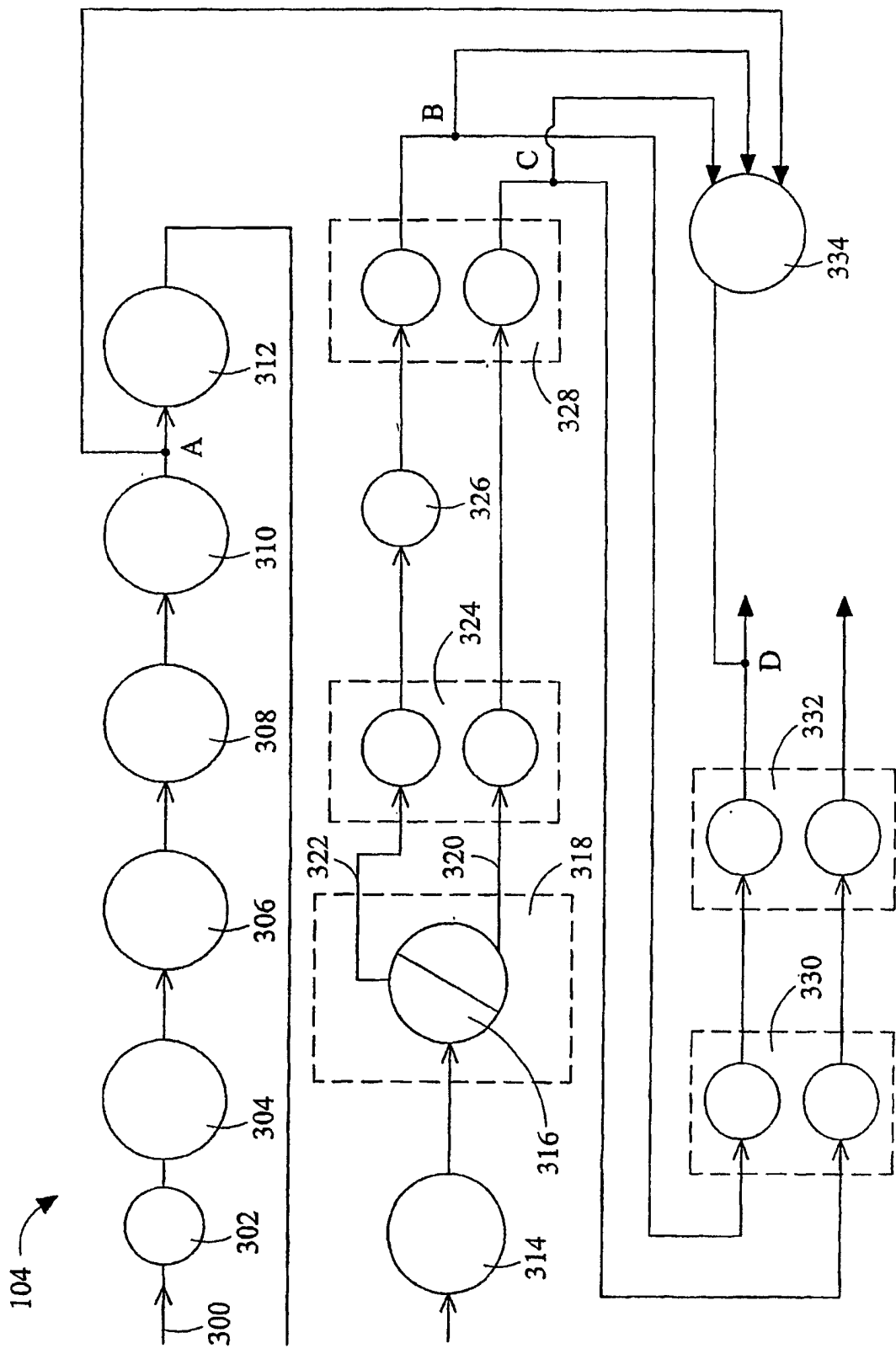


图 5