

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780005832.0

[51] Int. Cl.

B01D 53/86 (2006.01)

B01J 21/00 (2006.01)

B01J 23/00 (2006.01)

F22B 37/00 (2006.01)

F22B 37/04 (2006.01)

F22B 37/10 (2006.01)

[43] 公开日 2009年3月11日

[11] 公开号 CN 101384338A

[22] 申请日 2007.1.3

[21] 申请号 200780005832.0

[30] 优先权

[32] 2006.2.16 [33] EP [31] 06003189.5

[86] 国际申请 PCT/EP2007/050030 2007.1.3

[87] 国际公布 WO2007/093453 德 2007.8.23

[85] 进入国家阶段日期 2008.8.18

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 简·布鲁克纳

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 侯宇

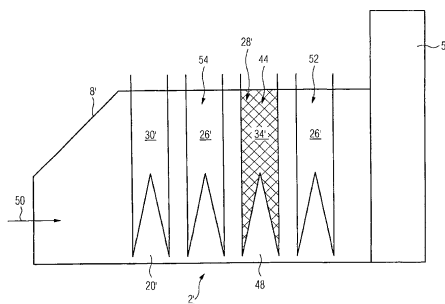
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

具有带用于净化废气的催化涂层的换热表面的锅炉

[57] 摘要

本发明涉及一种工业设备，尤其电站设备的锅炉(2、2')，包括一个被气密的围墙(8、8')包围的燃气通道(20、20')，其中，燃气通道(20、20')有多个可流过一种流动介质的加热面，应保证在结构和制造成本特别低的同时能非常可靠地净化从燃气通道(20、20')流出的燃气。为此按本发明规定，至少一个加热面在其面朝燃气的那一侧，至少部分施加一个催化涂层(44)。



1. 一种工业设备,尤其是发电站设备的锅炉(2、2'),包括一个被气密的围墙(8、8')包围的燃气通道(20、20'),其中,该燃气通道(20、20')有多个可流过一种流动介质的加热面,其特征为:至少一个加热面在其面朝燃气的那一侧至少部分带有一催化涂层(44)。

2. 按照权利要求1所述的锅炉(2、2'),其中,施加在所述加热面上的涂层(44)催化或导致在燃气内存在的有害物质,尤其是氮氧化物和/或碳氧化物转化或分解。

3. 按照权利要求1或2所述的锅炉(2、2'),包括一个用于还原剂尤其是一种含氨液体的喷入装置(46),它设置为当锅炉(2、2')运行时,由于喷入而掺入还原剂的燃气流向所述带有催化涂层的加热面。

4. 按照权利要求1至3之一所述的锅炉(2、2'),其中,所述表面催化涂层(44)由施加在所述加热面的基本材料上的纳米粒子构成,该纳米粒子则由氧化钛和/或五氧化钒和/或氧化钨制成和/或由沸石材料制成。

5. 按照权利要求1至4之一所述的锅炉(2、2'),其中,所述带有催化涂层的加热面是组合在围墙(8、8')内的壁加热面。

6. 按照权利要求1至5之一所述的锅炉(2、2'),其中,所述带有催化涂层的加热面是设在所述燃气通道(20、20')内部或伸入其内部的加热面,尤其是屏形加热面。

7. 按照权利要求1至6之一所述的锅炉(2、2'),其中,所述带有催化涂层的加热面设在一个区域内,当锅炉(2、2')额定负荷运行时在该区域内流过的燃气有温度范围从约300°C至400°C。

8. 按照权利要求1至7之一所述的锅炉(2'),其按卧式结构设计且尤其是废热锅炉,包括一个基本上水平方向流过燃气的水平烟道(48),其中,所述带有催化涂层的加热面是蒸发加热面(26')或为省煤器(28')配设的省煤器加热面(34')。

9. 按照权利要求1至7之一所述的锅炉(2),其按双烟道结构设计且尤其包括矿物燃料燃烧装置,其中,在运行时从下向上流过燃气的第一垂直烟道(10)在燃气方面通过一水平烟道(14)与从上向下流过的第二垂直烟道(16)连接,其中,所述带有催化涂层的加热面是设在所述水平烟道(14)区域

内的加热面，尤其是过热加热面(30)，或者是设在第二垂直烟道(16)区域内的加热面，尤其是省煤器加热面(34)。

10. 按照权利要求1至9之一所述的锅炉(2、2')，其中，所述带有催化涂层的加热面是设在燃气通道出口端的空气预热器(36)的组成部分。

具有带用于净化废气的催化涂层的换热表面的锅炉

本发明涉及一种工业设备，尤其是发电站设备的锅炉，包括一个被气密的围墙包围的燃气通道，其中，该燃气通道有多个可流过一种流动介质的加热面。

在有锅炉的电站设备中，利用在燃烧矿物燃料时燃烧器方面产生的燃气或从燃气轮机流出的高温废气，蒸发在锅炉内的流动介质。锅炉为了蒸发流动介质通常有组合成加热面或成束的锅炉管，它们通过燃烧火焰的辐射热或通过与燃气对流换热的加热，导致在其中流过的流动介质蒸发。在这里，一部分加热面通常直接构成也称为烟道的燃气通道气密的围墙，而另一部分加热面，为了增大能有效利用的表面，悬挂在燃气通道内并伸入其内部。由锅炉提供的蒸汽又能例如用于连接的外部过程或也用于驱动汽轮机。若蒸汽驱动汽轮机，则通过透平轴通常带动发电机或加工机械。在带动发电机的情况下，由发电机产生的电流规定馈入联合电网和/或独立电网。

根据所使用燃料的类型以及取决于锅炉的设计特性曲线，离开锅炉或连接在其下游的工业设备的废气，带有形式上为氧化氮、氧化碳和/或氧化硫以及固体颗粒如飞灰和/或炭黑的有害物质，它们会破坏环境。当代的电站越来越多地试图采取所谓一次措施便已经能将有害物排放保持在低水平，这些措施尤其涉及锅炉的燃烧器或连接在其上游的燃气轮机，它们应导致优化低排放的燃烧过程。在不可能实施这些措施、或与费用巨大的设备改装措施相关联、或不足以达到低于法定的极限值的情况下，需要所谓二次措施，以便过滤、分离出在烟气或废气内所含的有害物质，或用其他方法使之无害化，例如通过化学变化成为对环境破坏较轻或更好处理的反应产物。

尤其为了减少在燃气中存在的氮氧化物，需要所谓 DeNo_x 催化器，它借助相关的支承结构悬挂在锅炉燃气通道内恰当的位置，可参见例如 EP0753701A1。在这种 DeNo_x 催化器中，流过的燃气内含有的氮氧化物通过喷淋或喷入氨溶液在催化物质参与下减少，此时，作为还原产物同时产生水 (H_2O) 和元素 (N_2)。此方法也称为选择性催化还原 (SCR)。在所描述的设计方案中存在的缺点是， DeNo_x 催化器在燃气通道内部需要附加的安装空间以及

需要比较复杂的悬挂和固定结构,由此提高锅炉建造和装配的总成本。此外,现有的老设备由于缺少安装空间,往往只能用比较高的费用重新装备和使之有能力。

因此本发明的目的是,提供一种前言所述类型的锅炉,它只需要特别低的结构和制造费用,与此同时保证燃气在出口端离开锅炉之前特别可靠地将其净化。

按本发明为达到此目的采取的措施是,至少一个加热面在其面朝燃气的那一侧至少部分带有一个催化涂层。

本发明考虑的出发点是,一种针对制造和装配费用特别低的指标设计的锅炉应当有特别低的结构高度,或在锅炉卧式结构形式时应有特别小的结构长度,从而将材料需求和建造围墙化费的时间以及必要时对附属的支承结构的静力学要求降到最低程度。可以达到一种特别紧凑和简单的结构形式,为此将迄今安装空间需求较高作为独立部件设置的那些废气净化装置,集成在反正已经存在并为了运行锅炉必不可少的传热件内,也就是说,尤其集成在由锅炉管构成的加热件和加热面内。通过将加热面不仅利用于传热,而且附加地利用来作为催化活性表面涂层的载体,可以在有高的净化效果的同时,达到特别有效和节省位置地集成燃气净化功能。在这里,所述涂层恰当地选择为,它通过与流过的燃气接触并相互作用,导致或至少促进在燃气内与之一起流动的有害物质分解或转化,同时在这种情况下本身不会被“耗尽”或损耗(催化原理)。因此,按照现在采用的设计方案,尤其免去了用于迄今通常单独的催化装置的支承结构。

在这种设计方案的一种实际上特别重要的应用中,有利地施加在锅炉加热面上的表面涂层获得这样的性能,即,它根据选择性催化还原(SCR)已知并证实可靠的工作原理(这一原理也使用于迄今常见的 DeNo_x 催化器和除氮设备中),催化或导致在燃气内存在的氮氧化物和/或碳氧化物的转化或分解。为此目的也有利的是,用于一种还原剂,尤其含氨液体的喷入装置,在锅炉的燃气通道中设置为,当锅炉运行时,由于喷入而掺入还原剂的燃气流向所述催化涂层的加热面。

换句话说:在一个或多个加热面上,或在构成所述加热面的锅炉管表面上的催化活性涂层,用于引发和/或维持加入燃气内的还原剂与燃气的氮氧化物之间的反应。按 SCR 法,氮氧化物借助通常与作为载流体的空气一起喷

入烟道或燃气通道内的还原剂，由于催化物质的存在和参与，还原为氮和水。

在锅炉中氮氧化物的析出，通常与燃烧的矿物燃料的种类及锅炉运行方式有关。因此，为了尽可能在所有的运行状态遵守法定的极限值，通常要喷入的还原剂量根据所使用的矿物燃料和瞬时运行参数改变。

特别有效的催化涂层可以在回归到对纳米结构研究的新认识的情况下实现。在这里可借助纳米技术达到的设计目的尤其是，涂层材料可以简便而持久地施加在锅炉加热面的几乎任意表面结构上。对于氮氧化物分解的催化作用，作为催化物质可尤其使用氧化钛、五氧化钒或氧化钨。与之不同，也可以采用以沸石为基础的催化剂。在这方面作为优选的材料尤其可列举铵沸石(Ammoniummordenit)和 H- β 沸石。最后还可以设想，将来找到或发展一些催化物质，它们即使没有喷入还原剂或其他化学试剂，也能引发或促使分解燃气携带的有害物质(例如氮氧化)。在这种情况下便可以取消上述喷入装置。

一个或多个催化涂层的加热面可以涉及构成燃气通道围墙部分区域的壁加热面。附加地或与之不同，可以采用伸入燃气通道内部具有所述类型催化表面涂层的加热面或其他内装件。在这里，屏形加热面指的是一些为了流过流动介质并联的、汇入一个公共的进口集箱和一个公共的出口集箱的锅炉管，其中，这些锅炉管紧密并列地处于一个平面内，并因而构成一些悬挂在烟道内部的板状加热面。与之不同，涂层的加热面也可以是所谓的管束加热面，此时与屏形加热面不同，各管不是通过连接板互相连接。尤其在引入这种位于内部的加热面时，总共可提供使用于催化涂层的表面比较大。由此可以达到迄今不可能达到的对于燃气所携带的有害物质的还原率，并因而也可靠和持续地低于即便非常低的有害物质极限值，为此不需要提高制造成本，或影响锅炉能量利用效率地进行妥协设计，例如不利的温度剖面、容忍流动不稳定性、复杂的燃烧方案和燃烧器构型等。

为了特别有效地废气净化，催化涂层的加热面应设在燃气通道的一个区域内，此区域鉴于一般在其中存在的工作温度，保证通常对温度敏感的催化净化法的高效率。因此，在按 SCR 原理为燃气除氮时，所述催化涂层加热面有利地布置在这样一个区域内，即，在该区域内流过的燃气温度范围当锅炉按额定负荷运行时在约 300°C 至 400°C 之间。

在这里说明的设计方案可以应用于不同结构形式和运行方式的锅炉，例如是卧式或立式锅炉以及按自然循环、强制循环或强制直流，以及按不同的

燃烧方案，例如漩涡层燃烧或干态粉燃烧。加热面(例如可以包括蒸发加热面、过热加热面以及属于省煤器或空气预热器的加热面)就流动介质而言的连接也几乎可以任意规定。

按特别优选的尤其适用于例如连接在燃气轮机下游的废气锅炉的第一方案，锅炉包括一个基本上水平方向流过燃气轮机燃气或废气的、也称为水平烟道的燃气通道，它有一些分别施加催化涂层的加热面。在这里可尤其涉及在锅炉一个区域内的蒸发加热面或省煤器加热面，在此区域中流过的燃气通常有温度从约 300℃ 至 400℃。

按同样特别有利的尤其在借助装入锅炉内的燃烧器燃烧矿物燃料的情况下恰当的第二方案，锅炉建造为一个按双烟道结构形式的立式锅炉，以及包括在运行时从下向上流过燃气的第一垂直烟道，后者就燃气而言通过水平烟道与从上向下流过的第二垂直烟道连接。在这种情况下，所述催化涂层的加热面优选地设在水平烟道或在第二垂直烟道区域内，或也设在就燃气而言连接在其下游的燃气通道的一个区段内，其中，根据催化物质规定的工作温度，优选地可涉及过热加热面，省煤器加热面或也可以涉及空气预热加热面。

采用本发明获得的优点尤其在于，通过在存在于锅炉中的加热面上施加针对废气净化和除氮的催化活性涂层，可以取消迄今常用的需要单独安装空间的 DeNo_x 催化器，由此可以实现锅炉的一种特别紧凑和便宜的结构形式。因为可提供用于涂层的加热面比较大，所以即使对一个或多个燃烧器的要求低，也能达到非常高的有害物质还原率。此外，现有的其中迄今还没有采用在二次侧降低有害物质措施的电站或锅炉，可以比较容易重新装备并适应于越来越高的环保要求和更加严格的法定极限值，例如通过在已存在的加热件上事后施加催化活性涂层，或通过用有涂层的加热面替换无涂层的加热面实现。

下面借助附图详细说明本发明不同的实施例。其中：

图 1 表示按双烟道结构形式燃烧矿物燃料的锅炉示意侧视图；

图 2 表示有卧式锅炉的废气锅炉示意侧视图；以及

图 3 表示锅炉由锅炉管构成的加热面俯视图。

在所有的图中相同的部分采用同一附图标记。

按图 1 设计为直流式锅炉的锅炉 2 包括一些矿物燃料燃烧器 4。燃烧器 4 装在由第一垂直烟道 10 围墙 8 的下面部分构成的燃烧室 6 内。围墙 8 在由

它构成的第一垂直烟道 10 下端，过渡为一个漏斗形的底部 12。此锅炉 2 设计为双烟道结构形式。为此，在用于燃烧矿物燃料形成的燃气的第二垂直烟道 10 下游连接第二垂直烟道 16，在第一垂直烟道 10 和第二垂直烟道 16 之间连接有一水平烟道 14。在第二垂直烟道 16 上连接另一个水平延伸的烟道 18，后者最后汇入在这里没有表示的烟囱或烟道中。烟道 10、14、16、18 它们的总体构成燃气通道 20。整个结构除烟囱外设在支承结构 22 内部并借助穿过它的支柱支持。

第一垂直烟道 10 的围墙 8 由没有详细表示的锅炉管构成，它们在其纵侧通过连接板或所谓的鳍板互相气密焊接，以及它们基本上螺旋状绕圆柱形内腔 24 卷绕。在这里，分别由多个彼此相邻并行加入作为流动介质的水的锅炉管，组合成一个构成一段围墙 8 的蒸发加热面 26。构成蒸发加热面 26 的锅炉管进口端通过一个(没有表示)公共进口集箱加入由省煤器 28 预热的水。在蒸发加热面 26 的锅炉管内由于通过燃烧器的加热产生的水蒸汽，在出口侧通过一个(没有表示)公共出口集箱流出，以及接着供给过热器。

此外在第一垂直烟道 10 的蒸发加热面 26 就流动介质而言的下游，连接一些设计为屏形加热面的过热加热面 30，它们尤其设在水平烟道 14 的区域内。每个主要通过对流加热的过热加热面 30，包括一些用于流过流动介质并联的锅炉管。过热加热面 30 的锅炉管互相连接成一个膜板壁 (Membranwand)。为此，所述过热加热面 30 的每个锅炉管分别借助连接板与同一个过热加热面 30 中与它相邻的那个锅炉管焊接。在这里，为一个过热加热面 30 配设的锅炉管互相紧密并列地布置在一个平面内，并由此构成板状加热面作为所谓的屏形加热面。如此构成的板状过热加热面 30 悬挂在水平烟道 14 内部。从过热加热面 30 的锅炉管流出的高于汽化温度的过热蒸汽，可例如使用于驱动在这里没有表示的汽轮机。

一部分过热加热面 30 也可以用于中间过热从汽轮机第一透平级流出已部分膨胀的流动介质，此流动介质接着被重新加热后可以供给下一级汽轮机。

基于向流过蒸发加热面 26 和过热加热面 30 的流动介质传热，在燃气通道 20 中流动的燃气温度随流动路径的延伸连续下降。在进入第二垂直烟道 16 时，燃气温度还有约 300°C 至 400°C。通过也称为给水预热器的省煤器 28 的管内流动的仍是冷的和液态的流动介质，在其进入就流动介质而言连接在

省煤器下游的蒸发加热面 26 锅炉管之前，借助此剩余热值被预热。通过燃气废热的这种利用，可以提高锅炉总效率几个百分点。省煤器 28 包括多个分别由就流动介质而言并联的管 32 构成的管束加热面，亦即伸入燃气通道 20 内的省煤器加热面 34。板状省煤器加热面 34 的基本面，在这里平行于燃气流动方向定向，所以可以实现对管道的两侧绕流。按图 1 所示实施形式，各管 32 本身垂直于燃气流动方向排列。

在通过省煤器加热面 34 后，燃气的温度典型地还有约 250°C 至 400°C，然而这对于对流加热装在燃气通道端部区的空气预热器 36 已经足够了。类似于省煤器 28，空气预热器 36 有管束构成的加热面 38，但通过它们流动的不是要汽化的流动介质，而是供给锅炉 2 燃烧器 4 的燃烧用空气，由此燃烧用空气在进入燃烧区之前被预热。

在保持紧凑和简单的结构形式的同时，锅炉 2 针对从燃气通道 20 作为废气流出的燃气的有效净化和除氮来设计。为此目的，如由图 3 所示的侧视图可看出的那样，省煤器 28 的加热面 34，亦即导引流动介质的管 40，在其面朝燃气的外侧，施加作为催化剂用于有效引发和维持 SCR 除氮反应的涂层 44。作为涂层物质在这里例如使用氧化钛或沸石材料，它可以通过专业人员熟悉的适用的涂层方法，在锅炉 2 装配前施涂在管 40 的基本材料上和/或必要时连接它们的连接板上。借助催化物质，减少了为 SCR 还原所需要的有效能量，此时燃气内随同流动的氮氧化物通过一种喷入燃气流内的氨溶液还原为元素氮和水。

如图 1 所示，氨的喷入借助设在燃气通道 20 内省煤器加热面 34 上游的喷入装置 46 来实现，后者本身借助(没有表示的)压缩空气装置从氨-水储罐被供给氨。喷入装置 46 的喷嘴调整和定位为，能实现含氨的液雾与燃气尽可能好的混合，以及有形成的混物流来的带有催化涂层的省煤器加热面 34 实现尽可能均匀的润湿。

按另一种在这里没有表示的实施形式，取代省煤器加热面 34 采用带有催化涂层的空气预热器 36 加热面 38。在这种情况下，喷入装置 46 设在燃气通道 20 处于省煤器 28 与空气预热器 36 之间的区段内。根据催化物质的工作范围和受加热条件限制所规定的沿燃气流动路径的温度剖面，也可以相宜地取代省煤器 28 或空气预热器 36，转而在水平烟道 14 管内配备带有催化涂层的过热加热面 30。

图 2 表示作为另一种实施形式设计为废热锅炉的锅炉 2'，它包括连接在这里没有表示的燃气轮机下游并在这里被从燃气轮机流出的废气加热的卧式水管锅炉。燃气轮机的废气沿着用方向箭头 50 表示的方向流过被气密的围墙 8'包围的水平烟道 48。在这里烟气将大部分它所含有的热量通过对流传热，输送给构成围墙 8'的壁加热面，或输送给设在燃气通道 20'内部的管束加热面，由此预热、蒸发并接着过热在加热面内导引的流动介质。为此相应地就流动介质而言设串联的省煤器加热面 34'、蒸发加热面 26'和过热加热面 30'，此时，在图 2 所示的实施例中蒸发加热面 26'还分为中压锅炉 52 加热面和高压锅炉 54 加热面。在将热量输送给流动介质后基本上已冷却的燃气，通过一个设计为垂直烟道的烟囱 56 离开锅炉 2'。当然，专业人员熟悉有关加热面构型和就流动介质而言的连接方面多种多样的变型方案，但在这里不具体涉及它们。

确切地说起决定性的，一些加热面在其面朝燃气那一侧至少部分施加表面催化涂层 44，它引起或促进在燃气内携带的有害物质的净化。在选出要涂层的加热面时，在这里根据催化反应要遵守的温度极限，燃气温度的局部变化过程(在稳态额定负荷运行时)仍是一个重要的设计准则。尤其中压锅炉 52 和高压锅炉 54 的加热面 26'以及省煤器加热面 34'考虑采用图 2 所示的加热面构型，其中，在图 2 中举例选择省煤器加热面 34'用于涂层。图 2 中通过阴影线示意表示催化涂层 44。与按图 1 的实施例类似，在按图 2 的锅炉 2'中也仍然可以在燃气通道 20'内设喷入装置，用于一种要在涂层的加热面上游喷入燃气中的化学反应物。不过为了视图清晰在图 2 中没有画上。

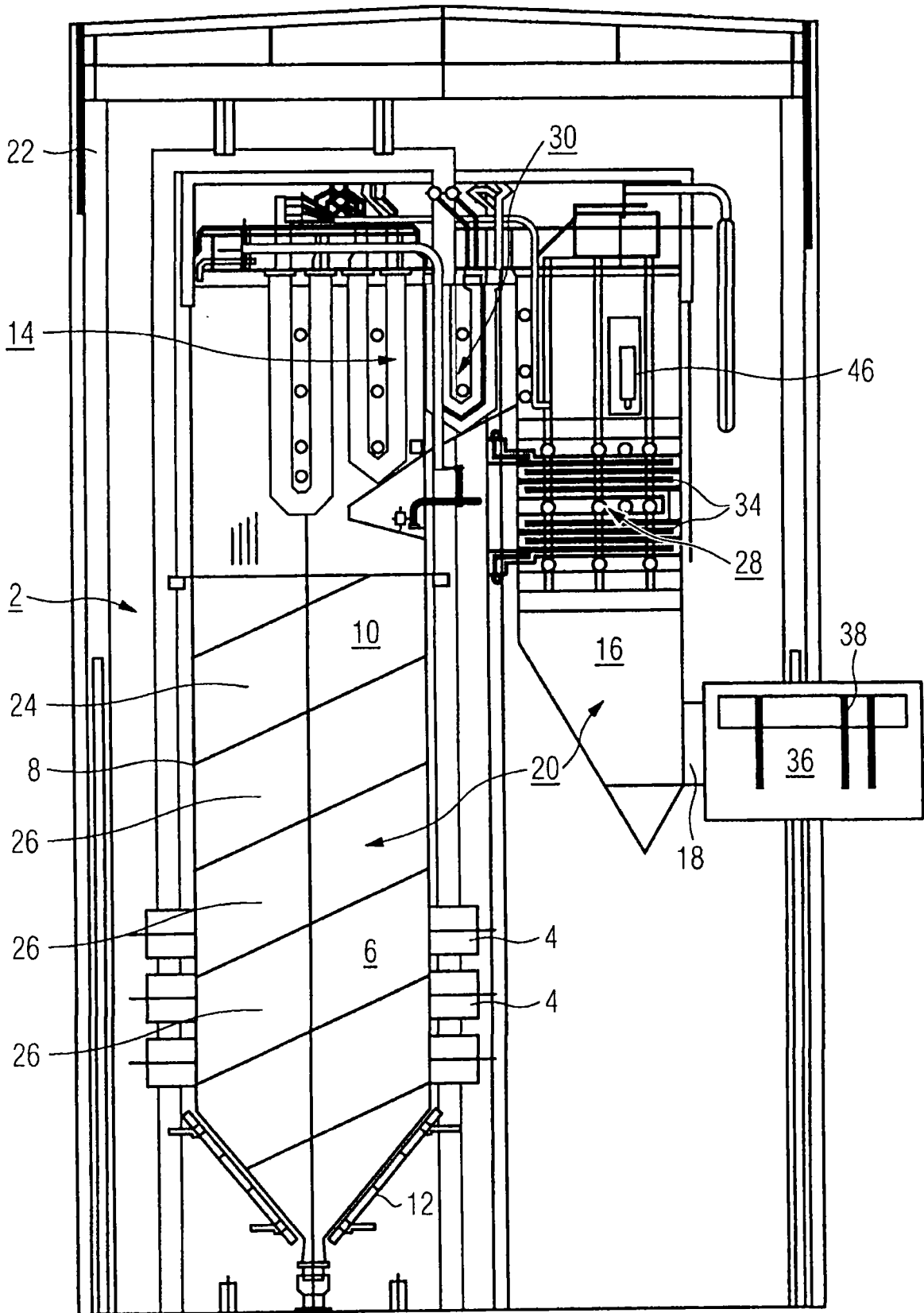


图 1

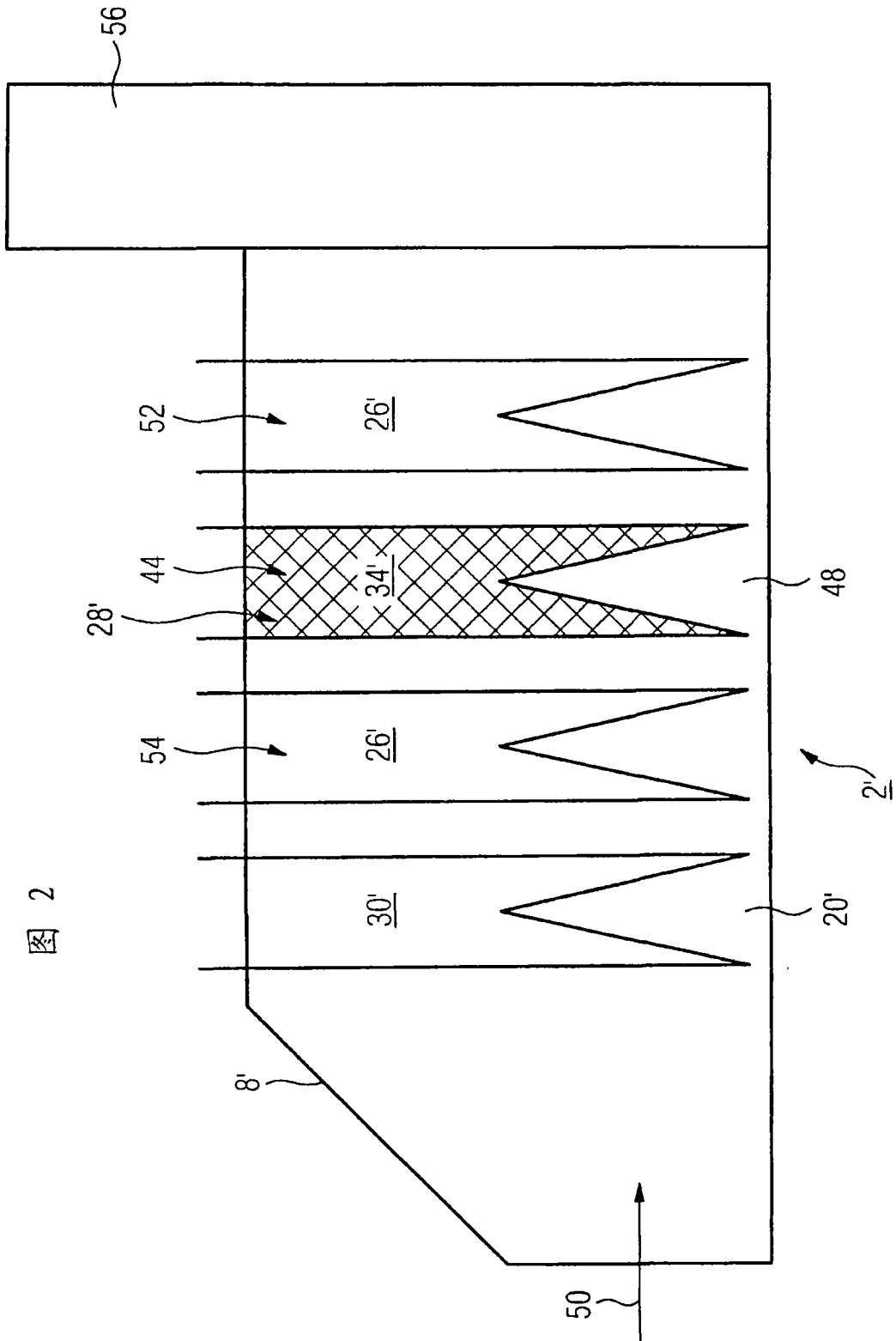


图 2

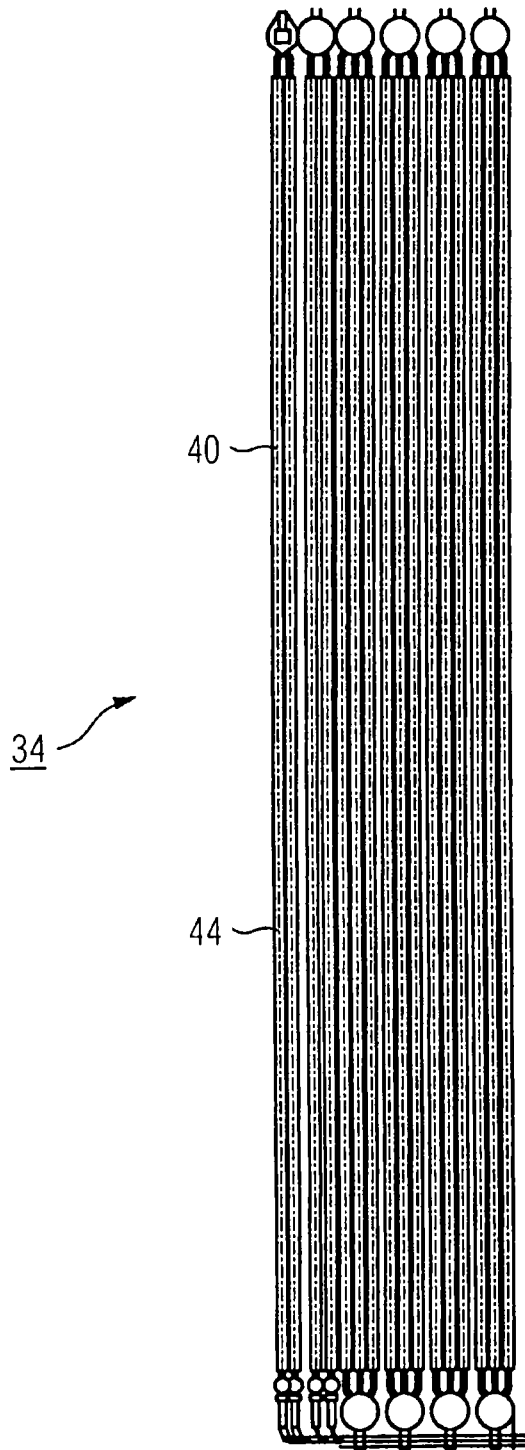


图 3